



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS



THIAGO PIRES SAMPAIO

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE CUSTO MÉDIO PONDERADO DE
CAPITAL E RESERVA**

OURO PRETO

2020

THIAGO PIRES SAMPAIO

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE CUSTO MÉDIO PONDERADO DE
CAPITAL E RESERVA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro de Minas.

Orientador (a): Prof. Felipe Ribeiro Souza

OURO PRETO
2020

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

S192a Sampaio, Thiago Pires.

Análise comparativa entre custo médio ponderado de capital e reserva. [manuscrito] / Thiago Pires Sampaio. - 2020.
64 f.: il.: color., gráf., tab..

Orientador: Prof. Dr. Felipe Ribeiro Souza.

Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto.
Escola de Minas. Graduação em Engenharia de Minas .

1. Economia mineral. 2. Capital de risco. 3. Modelo de precificação de ativos. 4. Commodities. I. Souza, Felipe Ribeiro . II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 622.013

Bibliotecário(a) Responsável: Sione Galvão Rodrigues - CRB6 / 2526



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Minas
Departamento de Engenharia de Minas - DEMIN



ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos onze dias do mês de dezembro de 2020, às 09h30min, foi instalada a sessão pública remota para a defesa de Trabalho de Conclusão de Curso do discente Thiago Pires Sampaio, matrícula 12.2.1653, intitulado ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE CUSTO MÉDIO PONDERADO DE CAPITAL E RESERVA, perante comissão avaliadora constituída pelo orientador do trabalho e presidente da comissão, Prof. Dr. Felipe Ribeiro Souza, M. Sc. Guilherme Alzamora e Eng.º de Minas Felipe Diamantino Ferreira. A sessão foi realizada com a participação de todos os membros por meio de videoconferência, com base no regulamento do curso e nas normas que regem as sessões de defesa de TCC. Inicialmente, o presidente da comissão examinadora concedeu ao discente 20 (vinte) minutos para apresentação do seu trabalho. Terminada a exposição, o presidente concedeu, a cada membro, um tempo máximo de 20 (vinte) minutos para perguntas e respostas à discente sobre o conteúdo do trabalho, na seguinte ordem: primeiro M. Sc. Guilherme Alzamora, segundo, Eng.º de Minas Felipe Diamantino Ferreira e em último, o Prof. Dr. Felipe Ribeiro Souza. Dando continuidade, ainda de acordo com as normas que regem a sessão, o presidente solicitou ao discente e aos espectadores que se retirassem da sessão de videoconferência para que a comissão avaliadora procedesse à análise e decisão. Após a reconexão do discente e demais espectadores, anunciou-se, publicamente, que a discente foi aprovada por unanimidade, com a nota: 8.0 (Oito), sob a condição de que a versão definitiva do trabalho incorpore todas as exigências da comissão, devendo o exemplar final ser entregue no prazo máximo de 15 (quinze) dias. Para constar, foi lavrada a presente ata que, após aprovada, foi assinada pelo presidente da comissão. O discente encaminhará uma declaração de concordância com todas as recomendações apresentadas pelos avaliadores. Ouro Preto, 11 de dezembro de 2020.

Felipe Ribeiro Souza

Presidente: Prof. Dr. Felipe Ribeiro Souza

Membro: M. Sc. Guilherme Alzamora

Membro: Eng.º de Minas Felipe Diamantino Ferreira

Discente: Thiago Pires Sampaio

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me dar forças para superar todos os desafios que enfrentei até aqui e me presentear com oportunidades maravilhosas e pessoas mais que especiais em minha vida.

Aos meus familiares, especialmente meus pais, Luciano e Valéria pelos princípios que souberam me passar, pelo exemplo que são para mim e pelo imenso apoio durante todos os momentos de minha vida.

À minha companheira e cúmplice, Alice, agradeço não só pelo amor, mas também pela amizade, cumplicidade e por poder compartilhar com você momentos especiais. O fato de você sempre acreditar em mim me estimula a seguir em frente. Eu não teria conseguido sem você.

Ao professor Felipe Ribeiro Souza, pelos conselhos, e conhecimentos dedicados à elaboração deste trabalho. Esse projeto abriu novos horizontes e me fez querer ainda mais buscar ser um profissional de excelência.

Por fim, a UFOP, a República Quitandinha e Ouro Preto que me ensinaram valores que levarei por toda minha vida e que sonhar é bom e necessário, mas é preciso levantar e ir à luta para que os sonhos se tornem realidade um dia.

*“O sucesso é ir de fracasso em fracasso
sem perder entusiasmo.”*

Winston Churchill

RESUMO

O presente trabalho visa estimar o custo médio de capital dos produtos minerais. Existem alguns modelos que podem determinar o custo citado e definir um parâmetro para determinar a taxa mínima de atratividade no investimento produtivo. Tais modelos levam em consideração o custo de capital de terceiros, determinado com base no estudo das linhas de crédito disponíveis no mercado, bem como o custo do patrimônio líquido, o que requer uma análise detalhada de sua composição. A pesquisa fez uso da análise na avaliação de investimentos e tomada de decisão. O método de avaliação complementou a flexibilidade inexistente em outras técnicas de tomada de decisão, especialmente aquela referente ao desconto do fluxo de caixa. Para tal, além de esboçar o fluxo de caixa do projeto e fazê-lo atingir o valor atual, o estudo também utilizou o modelo CAPM em ações selecionadas, onde foi comparado com todo o mercado de ações representado pelo IBOVESPA, no mercado brasileiro, e a S&P500 no mercado estrangeiro. Doravante, foi estabelecida uma combinação teórica de produtos para uma análise individual de cada produto selecionado e comparou-se com empreendimentos, na intenção de expandir, contrair ou abandonar o projeto com base no seu desenvolvimento. Com base nisso, tem-se como objetivo testar cientificamente um modelo que possa considerar o custo médio do modelo, analisar a viabilidade de projetos no setor mineral, determinar a menor taxa atrativa que reflita os riscos e retornos do setor, utilizar o CAPM e o capital de terceiros, sem basear-se apenas nas taxas de juros praticadas no mercado.

Palavras-chave: Retorno; Risco; Modelo CAPM; Produtos minerais; Commodities.

ABSTRACT

The paper aims to estimate the average cost of capital of mineral products. There are some models that can determine the mentioned cost and define a parameter to ascertain the minimum acceptable rate of return in the productive investment. Such a model takes the cost of capital of third parties into account based on the study of lines of credit available in the market, as well as on the cost of the net equity, which requires a detailed analysis of its composition. This research used the evaluation of investments and decision making analysis. The evaluation method proved the non-existent flexibility in other decision making techniques, especially that related to the cash-flow discount. To do so, in addition to sketching the cash-flow of the project and making it reach the current value, the study also used the CAPM model in selected stocks, comparing it with the whole stock market represented by IBOVESPA (São Paulo Stock Exchange Index) in the Brazilian market, and by S&P500 in the foreign market. Henceforth, a theoretical combination of products was established for an individual analysis of each selected product. It was set against enterprises, with the aim of expanding, contracting or abandoning the project based on its development. Therefore, the purpose of this paper is to scientifically test a model that is able to consider its average cost, examine the viability of projects in the mineral sector, determine the minimum acceptable rate of return which reflects the risks and returns of the sector, and use the CAPM and the capital of third parties with not only considering the interest rates used in the market.

Key-words: Return, Risk; CAPM model; Mineral products; Commodities.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Segundo Noble (1993), o desenvolvimento típico dos recursos geológicos do depósito mineral.	14
Figura 2: Determinação dos recursos geológicos in situ (A) e das reservas minerais lavráveis (B).	15
Figura 3: Segundo Noble (1993), os recursos geológicos de um corpo de minério típico variam com o número de furos.	16
Figura 4: A geometria do corpo de minério, representada pelo bloco utilizado por Lerchs e Grossmann em 1965.	17
Figura 5: O modelo inicial de blocos economicamente valioso usado por Lerchs e Grossmann em 1965.	18
Figura 6: O modelo de bloco final com valor econômico usado por Lerchs e Grossmann em 1965.	18
Figura 7: Soma acumulada de todas as Colunas.	19
Figura 8: O processo de soma realizado por cada parte.	19
Figura 9: Delimitação do limite da cava final.	20
Figura 10: O limite da cava final otimizado sobreposto no modelo de bloco.	20
Figura 11: Risco Brasil - esses valores são apresentados em pontos base.	33
Grafico 1: Selic x Índice de preços de todas as commodities.	29
Grafico 2: Selic x Índice de preços de commodities de metais.	29

Lista de Tabelas

Tabela 1: Empresas com os dados levantados para o cálculo de Beta desalavancado ...	46
Tabela 2: Médias de D/E, (T), beta desalavancado e cálculo do Beta realavancado	46
Tabela 3: Empresas com os dados levantados para o cálculo de Beta desalavancado ...	49
Tabela 4: Médias de D/E, (T), beta desalavancado e cálculo do Beta realavancado	49
Tabela 5: Cálculos de CAPM, levando em consideração as inflações americana e brasileira	50
Tabela 6: Retorno mensal das ações dos Índice de preços de todas as commodities.....	51
Tabela 7: Retorno mensal da IBOVESPA em (%).....	52
Tabela 8: Retorno médio da taxa Selic em %	53
Tabela 9: Resultados em excesso da ação e do mercado.....	54
Tabela 10: Cálculo do retorno do capital próprio: preços de commodities de metais utilizando a taxa livre de risco brasileira.	56
Tabela 11: Cálculo do retorno do capital próprio: preços de commodities de metais utilizando a taxa livre de risco estrangeira.	56
Tabela 12: Cálculo do retorno do capital próprio: preços de todas as commodities utilizando a taxa livre de risco estrangeira.	56
Tabela 13: Lucro esperado CP, α , $1-\alpha$, CT, CMPC.....	57
Tabela 14: Planilha com o método de escolha do investimento, o custo médio resultante de cada análise, o VPL e a variação que acarreta ao utilizar cada taxa.	58

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVO.....	13
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
3.1. Conceito de Reserva	14
3.2. Lerchs E Grossmann.....	17
3.3. Sequenciamento De Cava	20
3.4. Software NPV Scheduler	22
3.5. Valor Presente Liquido	23
3.6. Custo do capital próprio e custo do capital de terceiros	25
3.7. Coeficiente Beta.....	26
3.8. Coeficiente Beta em Commodities	28
3.9. Taxa Livre de Risco.....	29
3.10. Taxa Livre de Risco Brasil.....	32
3.11. Custo de capital próprio no Brasil.....	32
3.12. Custo de Capital em Moeda Real ou Nominal	34
3.13. Taxa Livre de Risco Estrangeira	34
3.14. Custo Médio Ponderado De Capital.....	35
3.15. Custo Médio Ponderado De Capital Aplicado as Commodities	37
4. METODOLOGIA	42
5. RESULTADOS.....	45
5.1. Taxa Livre de Risco Brasil	45
5.2. Calculo do custo de Capital Próprio no Brasil.....	47
5.3. Calculo do Custo de Capital em Moeda Real ou Nominal	47
5.4. Custo de Capital de Terceiros (Kd)	48
5.5. Cálculo do WACC.....	49
5.6. Cálculo da Taxa Livre de Risco Estrangeira.....	49
5.7. Cálculo Do WACC Para O Índice De Preços De Todas As Commodities	51
5.8. Cálculo Do WACC Para O Índice De Preços De Commodities De Metais	55
5.9. Análise Comparativa Entre Custo Médio Ponderado de Capital E Reserva ...	58
6. CONCLUSÃO	60
7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	62

1. INTRODUÇÃO

Considerando o ambiente de incerteza, que é o sistema de investimentos, ao tomar decisões financeiras em uma organização. As decisões atuais terão um impacto positivo ou negativo no futuro das empresas produtivas, indicando que os riscos são minimizados e o retorno sobre o capital de investimento é buscado. Esta é uma análise de risco e retorno.

A precificação dos retornos requer a pesquisa e definição do modelo, para que os investidores possam medir o nível de risco assumido e em que condições o retorno esperado pode ser alcançado. Este trabalho usa essas considerações aplicadas a um empreendimento mineral na fase inicial de projeto.

Como primeiro passo, nesse tipo de investimento determina-se a quantidade de minério disponível. O segundo define-se a parte economicamente viável do depósito. O limite de extração que é definido pelas cavas. O tamanho e formato de uma mina a céu aberto que são definidos pelos limites da mina ao final de sua vida útil, usa-se esses limites para buscar maximizar o valor econômico do bloco. A última cava vai representar o limite extremo em que não é mais economicamente viável a extração de uma determinada jazida, determinando assim a quantidade de minério e estéril que é movimentada (Guimarães, 2007).

Veremos que as restrições de entrada com base na maximização dos retornos financeiros do bloco não são a única maneira de resolver o problema. O limite da cava pode ser determinado pela razão de estéril por minério na seção, conforme mostrado no livro "*Open Pit Mines*" (Hustrulid & Kuchta, 2013).

A cava final também pode ser afetada por alguns parâmetros geotécnicos, geológicos, ambientais, econômicos e técnicos, portanto, a cava que agora é considerada ideal pode se tornar defasada após alguns anos, portanto, o estudo de delimitação da cava não é absoluto. É dinâmico (Candido, 2012).

Ao longo do tempo, a empresa opera em um ambiente inconstante, afetado pelos seguintes fatores: globalização do mercado, aumento das flutuações das taxas de câmbio, mudanças tecnológicas, etc. Vemos que executivos e pesquisadores estão constantemente trabalhando para entender e gerenciar a volatilidade a fim de reduzir o risco de afetar os retornos esperados, os custos de capital e a viabilidade do projeto.

Em resposta a este ambiente volátil e à necessidade de avaliação e seleção de múltiplos projetos, Monteiro (2003, p.7) destacou que a disciplina financeira fornece diversos métodos de cálculo do valor do investimento ao longo do seu desenvolvimento. No entanto, não existe uma fórmula exata.

A fim de auxiliar os executivos na tomada de decisões, diversos métodos de avaliação de investimentos surgiram no último século, entre os quais podemos destacar: lucro contábil (ROSS et al., 2002), período de payback do investimento (GITMAN, 2002), taxa interna de retorno. Renda (CASAROTTO FILHO; KOPTIKE, 2000), valor presente líquido (MOTTA; CALÔBA, 2002), índice de lucratividade (ASSAF NETO, 2003), modelo de fluxo de caixa descontado (ROSS et al., 2002), método da taxa de desconto ajustada (TRIGEORGIS, 1996), custo médio ponderado de decisão de capital (MOTTA; CALÔBA, 2002), modelo de precificação de ativos de capital (GITMAN, 2002), modelo de desconto de dividendos (GITMAN, 2002), teoria de arbitragem de preços (ROSS, 2002), taxa de retorno do investimento (GITMAN, 2002), valor econômico agregado (YOUNG ; Q'BYRNE, 2003), análise de sensibilidade (BREALEY e MYERS, 1998); análise de cenário (ASSAF NETO, 2003), simulação (BREALEY e MYERS, 1998) e análise de árvore de decisão (MOTTA; CALÔBA, 2002). Todos esses métodos têm suas vantagens e desvantagens.

Assaf Neto (2003, p. 371) acredita que o padrão de análise de investimento comumente utilizado é a utilização de taxas de desconto específicas para diferentes tipos de riscos que podem ser identificados no fluxo de caixa. Ross (1995) utilizou a taxa de desconto baseada no Capital Asset Pricing Model (CAPM) para propor o conceito de NPV de fluxo de caixa de risco, que foi fortalecido.

Ao contrário do acima proposto, muitas empresas procuram simplificar o processo de orçamento de capital categorizando os projetos com base nas características de risco e associando taxas de desconto para cada categoria. Obviamente, essas classificações aumentam a probabilidade de falha porque não levam em consideração diferenças de risco importantes entre investimentos pertencentes à mesma categoria.

Isso acarreta em erros na avaliação de projetos minerais como: otimismo excessivo, uso incorreto de moedas nominais e reais, erros de revisão técnica e geológica, erros de avaliação econômica, erros de seleção de avaliação de risco de taxa de desconto e avaliações inconsistentes.

Portanto existem vários motivos para o trabalho atual:

Como muitos projetos que são analisados apenas por modelos de fluxo de caixa descontado sem flexibilidade podem ser abandonados apenas porque seu valor presente líquido é negativo. Por outro lado, o uso de métodos de opções reais costuma alterar muito o valor da empresa. Portanto, dados os muitos fatores de incerteza que toda organização enfrenta hoje, ela tenta compreender a importância da flexibilidade.

Isso prova que a tecnologia tradicional de avaliação de investimentos baseada no fluxo de caixa descontado não é suficiente para quantificar o momento correto do investimento quando há incertezas na variável e no comportamento futuro crítico inerente aos projetos de investimento em ativos reais.

Embora tenha sido aceita academicamente como uma ferramenta para ganhar flexibilidade de gestão, a teoria das opções reais no Brasil foi testada empiricamente em alguns casos práticos, e há poucos artigos sobre o assunto.

Existem alguns modelos de mercado de capitais baseados em pesquisas científicas, que consideram o peso entre o custo de capital próprio e o custo de capital de terceiros. Ao calcular os pesos, leva-se em consideração a participação relativa de cada fonte de financiamento no investimento produtivo.

De acordo com a situação econômica, usando as opções de mercado e ferramentas que os investidores têm, determina-se o valor de diferentes custos de capital, e provando a referida análise, usando diferentes taxas de juros livres de risco, risco país e medindo as mudanças nos ativos ao longo do tempo. O modelo CAPM irá considerar essas taxas de juros para garantir que os investidores possam medir a taxa de retorno e o nível de risco, estabelecendo assim um indicador de taxa de juros que reflita as seguintes combinações de risco para ter capital próprio suficiente.

2. OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo encontrar respostas sobre a aplicabilidade de um modelo específico (*CAPM-Capital Asset Pricing Model*), de forma a determinar o retorno esperado dos investidores sobre os produtos minerais, commodities e a saída do mercado. O capital é utilizado como referência para a tomada de decisão dos investidores neste importante mercado econômico primário. Demonstrar que métodos intuitivos podem ser usados para complementar os métodos tradicionais de avaliação de projetos de mineração. Como objetivos secundários podemos destacar:

- Comprovar a aplicabilidade do modelo CAPM no setor mineral;
- Construir um modelo que pondere o custo de capital próprio (CAPM) e de terceiros (pesquisa de mercado);
- Considerar a participação relativa de cada fonte de financiamento para determinar o peso do custo médio de capital e a taxa mínima de atratividade.

A taxa de câmbio apurada servirá de base para a tomada de decisão dos investidores e referência para a determinação da viabilidade econômico-financeira de investimentos no setor.

Na segunda fase do trabalho, a atenção estará voltada para a coleção de ativos financeiros, a fim de usar a premissa do Capital Asset Pricing Model (CAPM) introduzido anteriormente neste trabalho para provar ou refutar a relação hipotética entre o retorno sobre os ativos e o risco. E verificar sua aplicabilidade no mercado de produtos minerais. Utilizando inicialmente o primeiro cenário onde usa-se o Índice de preços de todas as commodities e o Índice de preços de commodities de metais, fazendo uma série de análises e cálculos de forma que poderá chegar a custos médios ponderados de capital diferentes.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Conceito de Reserva

O termo reserva mineral significa que alguma medição física do conteúdo mineral foi realizada. Além disso, hoje ou no futuro próximo, a mineração é tecnicamente viável e lucrativa (ZWARTENDYK 1972 APUD MACHADO 1989). Esta definição de reservas minerais mudou pela primeira vez nos termos atuais, porque as reservas devem ser econômica e tecnicamente viáveis, caso contrário, devem ser mantidas como recursos geológicos. Como apresentado na Figura 1:

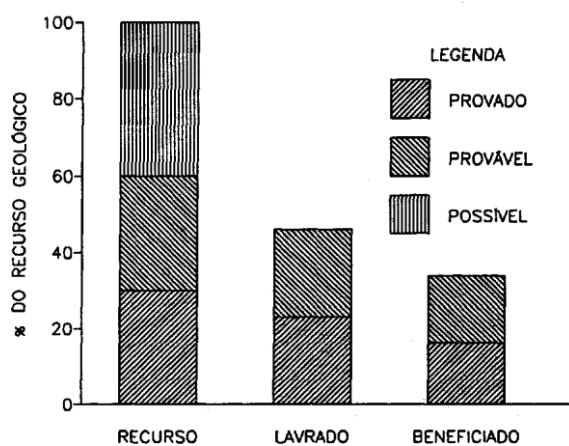


Figura 1: Segundo Noble (1993), o desenvolvimento típico dos recursos geológicos do depósito mineral.

É importante distinguir os recursos geológicos das reservas minerais que, de acordo com o estágio da pesquisa mineral, segundo Noble (1993), representam apenas uma pequena parte (1/5 a 1/3) das primeiras reservas. A Figura 1 mostra o processo de desenvolvimento típico de recursos minerais e recursos geológicos (NOBLE, 1993).

A Figura 2 ilustra os procedimentos técnicos para determinar a reserva mineral lavrável com base em pesquisas técnicas e econômicas destinadas a utilizar os recursos geológicos in situ. Parte dos recursos geológicos permanecerá no local porque isso não é viável na determinação das reservas minerais lavráveis.

Segundo Noble (1993), o erro mais comum nas estimativas de reservas minerais é a inclusão de "minério provável" na estimativa. Ainda segundo o mesmo autor, existem dois bons motivos para excluir possíveis materiais da estimativa de reserva:

De acordo com os regulamentos da *U.S. Securities and Exchange Commission*, recursos possíveis não podem ser incluídos nas reservas minerais;

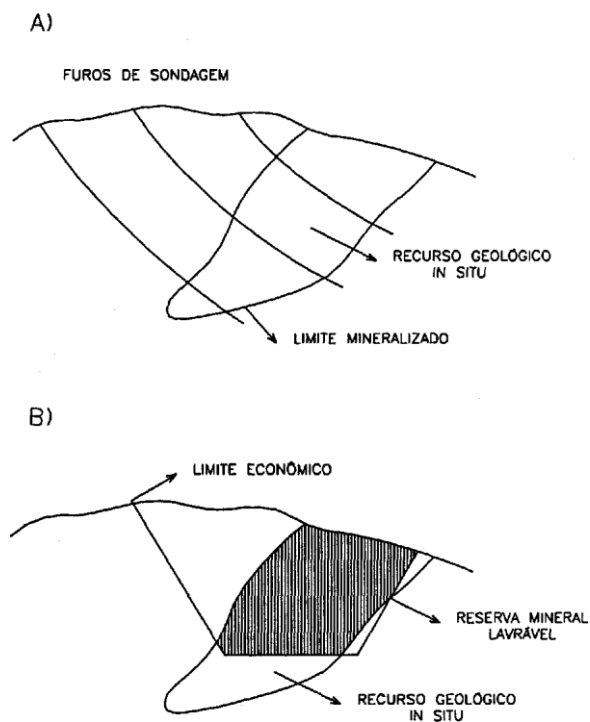


Figura 2: Determinação dos recursos geológicos in situ (A) e das reservas minerais lavráveis (B).

As estimativas de recursos possíveis tendem a superestimar a quantidade de minério a ser comprovada. Conforme mostrado na Figura 3, uma estimativa típica de recursos de corpo de minério aumenta com a perfuração adicional porque o contato do corpo de minério é conhecido até que o limite lateral seja definido. Após determinar o limite lateral do recurso, a sondagem no corpo de minério vai delinear o contorno do mesmo e definir a continuidade da mineralização. Durante o período de delineamento, estima-se que os recursos geralmente diminuirão e então se estabilizarão em um nível constante.

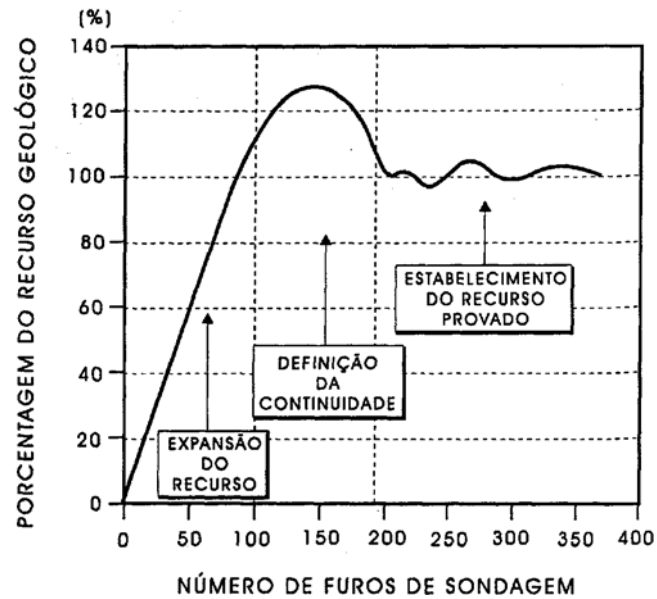


Figura 3: Segundo Noble (1993), os recursos geológicos de um corpo de minério típico variam com o número de furos.

A principal classificação de reservas utilizada no mundo é baseada basicamente na confiança geológica e na viabilidade econômica. Esta classificação usa o grau de certeza da reserva como fator de distinção entre as várias categorias, mas nenhum desses esquemas mostra claramente como calcular o erro associado a uma determinada estimativa. Uma vez que é difícil quantificar o erro de estimativa, os geólogos usarão a área de influência subjetiva (distância) ao redor dos furos de sondagem como um critério para distinguir reservas provadas e reservas possíveis (FROIDEVAUX 1982).

Os recursos podem ser divididos em duas categorias: econômicos e subeconômicos. As reservas são parte dos recursos econômicos, que podem ser explorados e processadas com fins lucrativos, mas nas condições econômicas atuais, os recursos sub-econômicos não podem ser explorados com lucro.

Os recursos podem ser considerados sub-econômicos por uma variedade de razões (DIATCHKOV 1994):

- Recursos insuficientes;
- A espessura do corpo de minério é insuficiente;
- Baixo teor de minério;
- Alta concentração de elementos estéreis;
- Altos custos de processamento; e

- Ambiente geográfico desfavorável.

Segundo Jeffrey (1987), a indústria mineral reconhece que não apenas o conteúdo e a taxa de recuperação da planta devem ser considerados, mas também os custos de mineração e processamento e os preços atuais de mercado dos produtos minerais. Portanto, mesmo na visão do autor, a reserva econômica recuperável de um determinado recurso mudará ao longo do tempo, assim como os custos e os preços mudarão de acordo com as atualizações tecnológicas e fatores econômicos.

3.2. Lerchs E Grossmann

O algoritmo foi proposto por Helmut Lerchs e Ingo F. Grossmann em 1965, quando publicaram um artigo intitulado "*Best Design of Open-pit Mine*". O algoritmo possui dois métodos numéricos: o método de ondulação bidimensional usando tecnologia de programação dinâmica e outros métodos tridimensionais derivados da teoria dos grafos (HUSTRULID & KUCHTA, 2013).

Para melhor compreensão do algoritmo, será mostrado o exemplo 2D utilizado no livro *Open Pit Mine Planning & Design* (2013) adaptado do livro de Lerchs e Grossmann.

Para este exemplo, considere um corpo de minério onde o valor econômico do bloco de estéril e do bloco de minério é - \$ 4 e \$ 12, respectivamente. Em relação à inclinação, utiliza-se um ângulo de 35,5 graus e uma relação altura / comprimento de 5/7. Veja exemplos nas figuras 4,5 e 6:

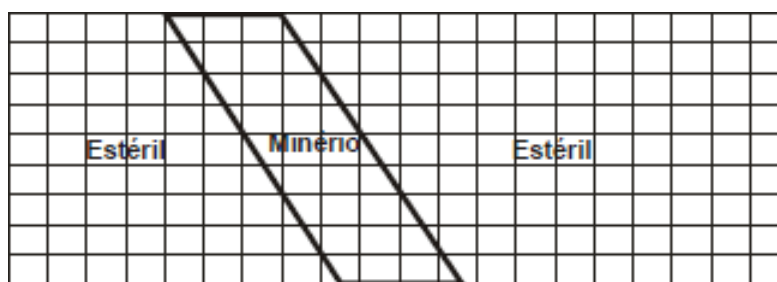


Figura 4: A geometria do corpo de minério, representada pelo bloco utilizado por Lerchs e Grossmann em 1965.

A próxima etapa é substituir cada bloco com seu respectivo valor econômico. Conforme mostrado na Figura 5, o bloco que limita o corpo de minério é composto por minério e estéril.

-4	-4	-4	-4	-4	-4	12	12	12	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
	-4	-4	-4	-4	-4	12	12	12	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
		-4	-4	-4	-4	12	12	12	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
			-4	-4	-4	12	12	12	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
				-4	-4	12	12	12	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
					-4	12	12	12	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
						-4	12	12	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
							-4	12	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
								-4	12	12	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
									-4	12	12	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4

Figura 5: O modelo inicial de blocos economicamente valioso usado por Lerchs e Grossmann em 1965.

O procedimento de média ponderada é utilizado para blocos contendo minério e estéril, conforme a Figura 6. A posição de cada bloco é representada pelo sistema de numeração i, j . De acordo com Lerchs e Grossmann, i significa linha e j significa coluna.

I \ J	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
①	-4	-4	-4	-4	-4	8	12	12	0	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
②		-4	-4	-4	-4	0	12	12	8	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
③			-4	-4	-4	-4	8	12	12	0	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
④				-4	-4	-4	0	12	12	8	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
⑤					-4	-4	-4	8	12	12	0	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
⑥						-4	-4	0	12	12	8	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
⑦							-4	-4	8	12	12	0	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
⑧								-4	0	12	12	8	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
⑨									-4	12	12	12	0	-4	-4	-4	-4	-4	-4

Figura 6: O modelo de bloco final com valor econômico usado por Lerchs e Grossmann em 1965

Para ser capaz de lavar um bloco, todos os blocos superiores da mesma coluna devem ser lavrados. Nesta base, de acordo com a seguinte equação, calcule o retorno cumulativo (M_{ij}) do modelo econômico para cada coluna de blocos de cima para baixo. Segue a Equação (1):

$$M_{i,j} = \sum_{k=1}^i M_{k,j} \quad (1)$$

O resultado da soma cumulativa de cada bloco será derivado da soma do valor do próprio bloco e de todos os blocos acima. Depois que todas as colunas foram somadas, a próxima etapa é adicionar uma linha de valores zero no topo do modelo. A Figura 7 representa os resultados dessas duas ações.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	-4	-4	-4	-4	-4	8	12	12	0	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
2	-8	-8	-8	-8	-8	-8	24	24	8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8
3	-12	-12	-12	-12	-12	4	32	36	20	-8	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-12
4				-16	-16	0	32	48	32	0	-16	-16	-16	-16	-16	-16	-16	-16	-16
5					-20	-4	28	56	44	12	-16	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20
6						-8	24	56	56	24	-8	-24	-24	-24	-24	-24	-24	-24	-24
7							20	52	64	36	4	-24	-28	-28	-28	-28	-28	-28	-28
8								48	64	48	16	-16	-32	-32	-32	-32	-32	-32	-32
9									60	56	28	-4	-32	-32	-32	-32	-32	-32	-32

Figura 7: Soma acumulada de todas as Colunas.

A próxima etapa é fazer uma soma cumulativa total de blocos que representam o contorno da cava. Este processo começa a partir do primeiro bloco à esquerda e avança lateralmente da esquerda para a direita, onde três blocos são analisados:

- Um na linha superior e coluna esquerda;
- Na mesma linha e coluna esquerda;
- Um na linha inferior e na coluna esquerda.

Este processo é executado em todas as colunas do modelo de bloco. Dentre os três valores analisados para cada bloco, o maior será adicionado ao bloco original, e uma seta será desenhada em sua direção para indicar qual bloco está selecionado, obtendo-se assim P_{ij} . Este valor é dado pela equação:

$$P_{i,j} = M_{i,j} \begin{cases} P_{i-j,j-1} \\ P_{i,j-1} \\ P_{i+1,j-1} \end{cases} \quad (2)$$

A Figura 8 mostra o processo de soma acima para todos os blocos

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	-4	-4	-4	-4	-4	8	20	44	60	76	92	96	104	108	104	104	100	96	92
2	-8	-12	-12	-12	-12	4	32	60	80	96	100	108	112	108	108	100	96	92	88
3	-12		-24	-24	-24	-8	36	72	104	108	116	120	116	116	104	96	88	88	88
4				-40	-40	-24	24	84	116	128	132	128	128	116	104	88	88	88	88
5					-60	-44	4	80	128	148	144	144	132	120	100	100	100	100	100
6						-68	-20	60	136	160	164	152	140	120	120	120	120	120	120
7							-48	32	124	172	176	164	144	144	144	144	144	144	144
8								0	96	172	188	172	172	172	172	172	172	172	172
9									60	152	200	200	200	200	200	200	200	200	200

Figura 8: O processo de soma realizado por cada parte

pois neste caso, a taxa de desconto para todos os blocos é de 0%. O uso de SDB pode resolver este problema, pois neste método, cada bloco é processado separadamente no sequenciamento de cava.

De acordo com o estudo de Guimarães e Marinho (2014), o sistema pode não só decidir quais blocos lavrar e quando devem ser lavrados, mas também decidir em que momento enviar os blocos para a planta de beneficiamento. Portanto, com este novo método, o nível de teor de corte pode ser otimizado ao definir o sequenciamento. Essa etapa é realizada de forma otimizada, o que economiza tempo e elimina a responsabilidade do engenheiro responsável por possuir conhecimentos avançados na área.

Para determinar o resultado mais próximo da operação real, Almeida (2013) apresentou uma superfície que divide os problemas de programação em subproblemas, e com base nos aspectos relevantes de múltiplos ciclos de programação. Inclua o período de tempo da seguinte maneira, primeiro defina uma solução inicial e, em seguida, com base na mesma fórmula matemática, melhore a solução com base na estratégia de busca local. Essa tecnologia é usada para discretizar a lavra durante as etapas de mineração e, então, considerar a redução da complexidade de otimizar o cronograma anual de produção da lavra (ALMEIDA, 2013).

O método de construção da função de benefício é um fator importante que distingue o sequenciamento direto do módulo dos métodos clássicos. Em SDB, além das variáveis binárias de toda a programação híbrida, pode-se utilizar a programação baseada em métodos heurísticos, meta-heurísticos e relaxação lagrangeada, facilitando a resolução de problemas de programação (SOUZA, 2016).

Segundo Souza (2016), não há um algoritmo que possa resolver todos os modelos usando programação linear. Para poder resolver o problema, esses métodos funcionam em um mecanismo heurístico de troca automática dos blocos de fronteira, dessa forma, assim que uma metodologia que não consegue resolver o problema em questão pode utilizar metodologias heurísticas para resolver.

3.4. Software NPV Scheduler

NPV Scheduler é um software de planejamento de lavra comercializado pela Datamine, que atua em mais de 20 países e atua na área de mineração há mais de 30 anos e é uma empresa reconhecida no mercado (DATAMINE, 2020).

O software é baseado em métodos clássicos e implementado por algoritmo Lerchs e Grossmann, que podem fornecer resultados muito eficazes para o planejamento de lavra. Primeiro, o software determinará a cava final, que contém o maior excedente não descontado entre a receita líquida e os custos operacionais totais, sem considerar restrições ou descontos programados (DATAMINE, 2020).

Usando o algoritmo de Lerchs Grossman (LG) para gerar um conjunto de fases da cava aninhadas que representam vários parâmetros econômicos e gerar uma Sequência de Extração Ótima (OES) para modelar a sequência de lavra ideal. Como alternativa, usa-se as opções para maximizar a vida útil da mina, a análise de cavas aninhadas é então usada para determinar a cava ideal (DATAMINE, 2020).

Com um programador e otimizador de alocação de material - ele determina o tempo de extração do bloco e destinos para todos os tipos de material em um bloco. A programação e a otimização prosseguem período a período, onde o 'período' é definido implicitamente pelas metas de produção; por exemplo, toneladas mínimas para minerar.

Esta análise é a sequência final da cava e produzida pelo aumento do preço do produto para perto do preço base. Considerando todas as restrições de programação (produtividade da produção e processamento anual), descontos e custos de capital recorrentes, a melhor cava representa o maior valor presente líquido possível (DATAMINE, 2020).

O software encontra uma sequência de lavra que tenta maximizar o valor presente líquido (VPL) do projeto, unificar todas as etapas e otimizar todos os períodos de tempo ao mesmo tempo, de modo a determinar qual bloco lavar, a soma de tempo de cada bloco e o seu destino. A partir de um modelo de bloco pré-determinado (DATAMINE, 2020).

3.5. Valor Presente Líquido

Após explicar os conceitos técnicos onde está inserido o empreendimento, volta-se as atenções para os termos financeiros, o primeiro deles é o valor presente líquido (também conhecido como valor líquido atual) ou NPV, como na abordagem a seguir, é um recurso que envolve o uso da taxa de juros mínima como taxa de desconto. Zerando todos os fluxos de caixa no plano de investimento e, em seguida, adicionando-os ao valor do investimento inicial, à atratividade da empresa ou projeto (TMA) (CAMARGO, 2017).

Ao analisar a possibilidade de planos de aplicações, o NPV é um dos métodos mais famosos. Ao calcular o valor presente líquido, os ajustes podem ser feitos para descontar a taxa de juros para obter um conceito verdadeiro do valor futuro da moeda.

Portanto, o NPV não apenas compara a aplicação com os retornos esperados. Além disso, uma vez que o valor presente líquido pondera o aumento do capital ao longo do tempo, a renda real do investimento será calculada.

O NPV traz valor futuro para valor presente. Ele retrata a contraste entre a receita e a despesa do projeto de investimento expressa no valor da moeda corrente (hoje). Antes de ver os ganhos e perdas do valor presente líquido, pode-se examinar seus princípios de cálculo. Para esclarecimento, a fórmula do VPL trata de:

- Determinação do valor da aplicação inicial;
- Determinação do tempo de estudo;
- A definição de entradas de caixa estimadas para cada período;
- Definição da taxa de desconto apropriada;
- Fluxo de caixa descontado;
- Um método de estimar o valor do investimento de uma empresa e dedução da aplicação inicial;
- Determinação da exequibilidade de uma aplicação.

O valor presente líquido dos fluxos de caixa é o valor financeiro de todos as entradas e saídas de recursos financeiros no momento atual ou quando a aplicação é iniciada. Para obter esse valor, o lucro líquido futuro descontado e a taxa de desconto (ou taxa de atratividade mínima) devem ser adicionados ao valor presente.

Como explicado anteriormente a taxa de desconto está relacionada à rentabilidade do planejamento. Em outras palavras, esse é o menor retorno esperado de um plano aceitável. Veja a Equação (3):

$$V_{PL} = \sum_{n=1}^{n=N} \frac{FC_t}{(1+i)^n} \quad (3)$$

Onde:

V_{pl} = valor presente líquido

FC = fluxo de caixa

t = o tempo em que ocorre o fluxo de caixa

i = taxa de desconto (ou taxa de atratividade mínima)

n = intervalo de tempo

Na metodologia apresentada, há um exemplo de aplicação de VPL em um empreendimento de mineração onde interpreta-se melhor os resultados.

Um dos maiores benefícios de usar o método NPV é ver se o projeto ampliará o valor do empreendimento. Atividades com valor presente líquido negativo reduzirão a lucratividade da empresa.

Além disso, os ativos líquidos levam em consideração o valor do dinheiro ao longo do tempo. Sempre que uma organização usa o dinheiro de hoje para obter benefícios futuros, o método NPV parece ser uma boa escolha para analisar a efetividade do investimento.

O NPV também considera quando o planejamento começará a dar frutos. Por exemplo, embora alguns projetos sejam lucrativos no ano inicial, outros projetos exigem pelo menos três anos para ter fluxo do dinheiro no caixa da empresa positivo.

Então, nos benefícios, podemos adicionar o VPL para revelar quanto tempo o empreendimento irá gerar e seu valor. Desta forma, é possível analisar se a aplicação ampliará o valor do negócio. Isso porque permite que a empresa considere o valor da moeda no dia em que ela sai da caixa e no dia em que será devolvida.

Como o VPL nos fornece o valor refletido atualmente, uma previsão desfavorável significa que o projeto nem deve ser iniciado. Isso economiza o tempo de todos e evita a frustração que pode ser causada por planos financeiramente inconsistentes.

Um dos principais problemas no cálculo do valor presente líquido é comparar dois projetos de tamanhos diferentes (tal como, o valor presente líquido de um

empreendimento com um gasto de R \$ 1 milhão será muito maior do que um planejamento com um investimento de R \$ 500.000). Isso porque, como o retorno é um valor financeiro, a saída do VPL depende do tamanho da entrada.

Por exemplo, mesmo que o tamanho do projeto seja diferente, o investimento é diferente e a comparação será baseada na produção. Para comparar projetos de diferentes tamanhos e escopos, a situação ideal é usar o VPLa (VPLa representa o valor presente anualizado. Como o VPL, também representa o retorno esperado da aplicação. A diferença é que quando estamos engajados em projetos com períodos extensos, VPL Pode não haver uma análise fácil de comparar).

Quando se trata de problemas do recurso valor presente líquido, a maior dificuldade é a obrigação de considerar o custo de capital da empresa. Por outra forma: assumindo que o custo de capital seja baixo, o investimento também será baixo. Caso contrário, presumir que o custo de capital é muito alto resultará em não aproveitar um bom investimento (CAMARGO, 2017).

Outra dificuldade do NPV é que sua precisão depende das informações de entrada. Isso significa que o gerente deve entender com precisão a taxa de desconto, o fluxo de caixa e quando o fluxo de caixa gira. Na maioria dos casos, essas informações não podem ser obtidas com exatidão.

Imagine que sua empresa desenvolverá novos produtos. Como exposto, o valor presente líquido é baseado nas estimativas de custo e receita. O custo de desenvolvimento do produto é desconhecido e os benefícios da venda de produtos não são tão fáceis de estimar, especialmente por um longo período de tempo.

Finalmente, o método NPV sozinho não pode fornecer os benefícios e perdas do projeto. Para verificar a efetividade do investimento, são empregados outros indicativos adicionais, como a taxa interna de retorno (TIR).

3.6. Custo do capital próprio e custo do capital de terceiros

O custo de capital da empresa é o retorno mínimo exigido pelos credores e acionistas (ou seja, contribuintes de capital) para determinar a viabilidade de um investimento empresarial. O capital próprio está relacionado ao patrimônio líquido (PL), ou seja, como o nome sugere, o capital próprio tem origem na própria atividade econômica, por

exemplo, pode ser avaliado pelo lucro. Em outras palavras: é um recurso do proprietário (ou sócios e acionistas) (CAMARGO, 2017).

A maioria das empresas começa com capital próprio. Dessa forma, o fluxo de caixa é excedente e representado pelo pagamento de dividendos. O capital de terceiros está relacionado com passivos que podem ser exigidos (obrigações da empresa para com terceiros) e, como o nome indica, representa todos os investimentos realizados com recursos de entidades externas (CAMARGO, 2017). Nesse caso, um dos exemplos mais comuns são os financiamentos e empréstimos de curto e médio prazo. Nesse caso, o fluxo de caixa é contratual, expresso em termos de obrigação de pagamento de taxas contratuais.

O custo de capital de terceiros de longo prazo é considerado inferior ao custo de capital próprio. Por outro lado, o patrimônio líquido é incerto e pode proporcionar aos investidores retornos maiores do que o custo do capital de terceiros.

Portanto, assume-se que existe uma relação inversa entre o custo da fonte de recursos de uma empresa e o risco da fonte de recursos para a sua gestão financeira. Portanto, quanto menor a participação relativa de fontes próprias, menor é o risco da empresa. Por outro lado, quanto maior a participação relativa do patrimônio, maior o retorno esperado.

Geralmente, ao selecionar recursos de terceiros, os recursos de longo prazo são buscados porque os princípios que orientam a tomada de decisão financeira consideram que recursos de longo prazo devem ser fornecidos para benefícios de longo prazo. Por outro lado, a equidade requer uma análise do modelo, que deve considerar a remuneração compatível com a remuneração fornecida por alternativas com riscos iguais ou semelhantes (CAMARGO, 2017).

3.7. Coeficiente Beta

O fator β (parâmetro do ângulo) é responsável pela inclinação da reta do gráfico de dispersão entre Índice de preços das ações selecionada e a taxa livre de risco. No modelo CAPM, é um indicador do risco sistêmico do ativo em relação ao mercado, conforme Ross, Westerfield e Jaffe (2002, p. 228): “O beta mede a sensibilidade dos títulos às mudanças nas carteiras de mercado”. Como um portfólio de mercado, completamente descentralizado, não há risco não sistemático, sendo beta igual a 1, enquanto o beta das

demais carteiras podem ser maior que 1 (representando uma carteira agressiva) ou menor que 1 (representando uma carteira mais conservadora).

O Beta usado na equação abaixo, merece maiores explicações. Como discutido, o Beta representa o risco sistémico da empresa e reflete as características do departamento em que a empresa atua. A relação entre a dívida da empresa (D) e o capital próprio (E) também afeta o Beta, pois quanto maior a relação D / E, maior o risco e, portanto, maior o Beta.

No entanto, deve-se considerar que o índice D / E da empresa nos últimos anos pode ser diferente do índice D / E esperado da empresa nos próximos anos, portanto, deve-se isolar o Beta calculado com base no comportamento das ações nos últimos anos. Razão D / E anterior (beta desalavancado) usando as respectivas taxas de alavancagem e impostos. Portanto, obtém-se o β relacionado ao risco do negócio, expresso pela seguinte fórmula e, em seguida, combinado com a razão D / E futura esperada (beta alavancado) em outras palavras, o beta de uma empresa considerando a estrutura de capital existente representa os riscos de negócios e financeiros da empresa.

No contexto do CAPM, utiliza-se as fórmulas de cálculo para encontrar beta. Observe as Equações (4/5):

$$\beta_d = \frac{\beta_a}{[1 + (D/E) \times (1 - T)]} \quad (4)$$

Onde:

β_d = Beta desalavancado

β_a = Beta alavancado

D (Debt) = Endividamento

E (Equity) = Valor de Mercado / Patrimônio Líquido

T = Alíquota de imposto sobre a renda

A última etapa é "alavancar novamente" o beta médio desalavancado de que é preciso para definir a estrutura de capital ideal da empresa. De fato, no setor analisado, a alavancagem média das empresas locais (brasileiras) é utilizada como proxy da melhor estrutura de capital.

Temos a equação:

$$\beta_r = \beta_d \times [1 + (D/E) \times (1 - T)] \quad (5)$$

Onde:

β_r = Beta realavancado

β_d = Beta desalavancado

D (Debt) = Endividamento

E (Equity) = Valor de Mercado / Patrimônio Líquido

T = Alíquota de imposto sobre a renda

3.8. Coeficiente Beta em Commodities

O coeficiente Beta, para o segundo modelo de aplicação será determinando, assim, através do parâmetro de ângulo da reta de regressão linear. A fórmula estatística usada para calcular a inclinação (β) da linha de regressão é, segue equação (6):

$$\beta = \left(\frac{COV_{R_j, R_m}}{VAR_{R_m}} \right) \quad (6)$$

Na avaliação de risco de uma carteira, beta é entendido como a média ponderada de cada ativo contido na carteira, que é determinada pela seguinte expressão, segue equação:

$$\beta_p = \sum \beta W_j \quad (7)$$

Entre eles: β e W representam o coeficiente β (risco sistemático) e A participação relativa de cada ativo incluído na carteira, β_p é o beta da carteira.

Utilizando dessas formulas é possível avaliar a volatilidade das commodities em relação a taxa livre de risco (SELIC) na visão do investidor brasileiro e (T-Bond) do investidor estrangeiro, inserindo uma linha de tendência, estipula-se o Beta, como apresentado nos gráficos 1 e 2 a seguir:



Gráfico 1: Selic x Índice de preços de todas as commodities

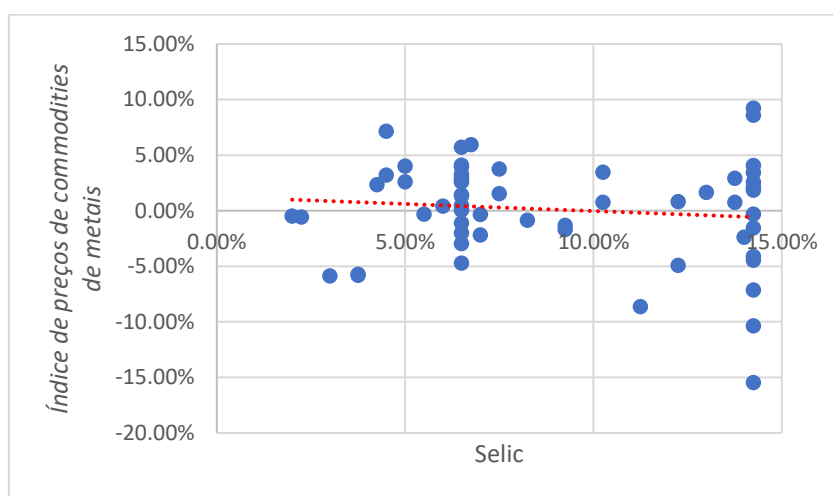


Gráfico 2: Selic x Índice de preços de commodities de metais

De acordo com os gráficos quando ocorrer uma grande variação nas commodities a taxa livre de risco vai ter uma variação pequena, pois como podemos observar que as commodities são mais voláteis.

3.9. Taxa Livre de Risco

A taxa de juros livre de risco representa o menor nível de lucratividade. Este indicador geralmente é expresso pela taxa de juros de um país. Também pode ser classificado como valor monetário ao longo do tempo (Caricati, 2020). Os investimentos relacionados a esse índice são de baixo risco, geralmente de renda fixa, como poupança e títulos do governo vendidos pelo Tesouro Direto.

Nessas aplicações, quem investe garante que receberá o dinheiro investido e os juros estipulados no contrato, o que difere de outros produtos financeiros (como ações, fundos de investimento e títulos privados), que não podem garantir rentabilidade.

Tobin (1958) propôs que a existência de taxas de juros livres de risco deveria ser incluída na formação de carteiras de investimento efetivas. A carteira de investimentos dos investidores combina ativos livres de risco com fundos de ativos de risco.

Para Assaf Neto, Lima e Araújo (2007, p. 76), a taxa de juros livre de risco deve ser baseada nos encargos de pagamento do devedor, do principal e dos compromissos financeiros, em acordo com suas obrigações de pagamento.

Geralmente, a taxa de juros livre de risco pode ser determinada pela média das taxas de juros históricas de títulos do governo. Esse procedimento de cálculo no Brasil é prejudicado pelo seguinte entendimento: a emissão de títulos públicos deve incluir um prêmio de risco e as taxas de juros Selic são extremamente voláteis. Portanto, o resultado de Assaf Neto, Lima e Araújo (2007) é que a taxa de juros livre de risco é utilizada para calcular o custo de oportunidade do capital.

Entre os melhores títulos de dívida do mundo, destacam-se os papéis emitidos pelo Departamento do Tesouro dos Estados Unidos, considerados livres de risco. Nesse caso, o autor propôs um modelo CAPM adequado para o mercado brasileiro inclui o risco do país (a diferença entre os juros pagos sobre títulos pelos governos do Brasil e dos EUA) e a turbulência no mercado brasileiro. Estudos anteriores sobre o tema também sugeriram incluir o risco-país no modelo CAPM do mercado brasileiro (DAMODARAN, 1999; SANVICENTE, 1999; PEREIRO, 2006).

(SILVEIRA, BARROS E FAMÁ, 2003) realizaram um estudo para discutir a adequação de certos métodos de determinação da taxa de juros livre de risco no Brasil. Ao analisar a possível aproximação da taxa de juros livre de risco no Brasil, comprovou-se que o valor do título C-Bond é insuficiente, pois possui correlação estatisticamente significativa com outros ativos da economia. Parte do risco sistêmico é capturado no retorno do ativo, por isso é caracterizado como livre de risco.

No entanto, os fatos comprovam que as receitas da caderneta de poupança e as receitas do certificado de depósito interbancário (CDI) são consistentes com o conceito teórico de taxa de juros líquida e que a correlação com o mercado é pequena, podendo ser ignorado o desvio padrão da receita devido à baixa flutuação.

Silveira (2010) com base nas premissas do modelo CAPM, que é o retorno mínimo exigido pelos credores e acionistas, onde utiliza-se o valor do capital próprio, o valor do capital de terceiros, as taxas de custos de capitais, a taxa de imposto e do mercado eficiente, eles confirmaram que as imprecisões no uso do modelo podem ser minimizadas encontrando o valor aproximado da variável com a menor diferença possível entre o conceito teórico e o comportamento efetivo.

Portanto, o autor para discutir uma dessas variáveis (no caso, a taxa de juros livre de risco no mercado brasileiro), foi realizado um trabalho em termos de relevância para o mercado, os títulos do Tesouro norte-americano são contrários ao conceito teórico de taxa de juros livre de risco, pois segundo Copeland, Koller e Murrin (1995), os ativos livres de risco devem ter pouca relevância para o mercado.

Ao comparar os rendimentos dos títulos do Tesouro dos EUA com o Índice S&P 500, ambos têm menor volatilidade do que empresas semelhantes no Brasil, e há pouca correlação entre os ativos livres de risco dos EUA e outros ativos da economia Copeland, Koller e Murrin (1995). No que se refere ao rendimento da poupança, a relevância do ativo para os demais ativos existentes na economia baseia-se na definição teórica de taxas de juros livres de risco (SILVEIRA, 2010). Finalmente, o CDI mostra uma abordagem teórica apropriada para taxas de juros livres de risco. De acordo com Silveira (2010) há uma complicação na definição da taxa de juros livre de risco do Brasil é o mecanismo do governo para determiná-lo.

Ao analisar sua possível taxa de juros livre de risco, verifica-se que outra disfunção do mercado brasileiro é a existência de duas taxas de juros (CDI e caderneta de poupança), que apresentam características semelhantes em termos de risco, mas retornos médios distintos.

O conceito de que a taxa de juros livre de risco deve ser quase zero em relação ao mercado, defendido por Copeland, Koller e Murrin (1995) pode não refletir as realidades existentes nos mercados emergentes. Isso porque em tempos de crise, devido ao fenômeno da aversão ao risco, o capital flui desses mercados para ativos de menor risco, e os títulos do governo dos EUA se destacam entre esses ativos e são considerados os mais seguros do mundo. Como resultado, o declínio do índice de mercado dessas economias é a alta nos preços desses ativos mostra a correlação entre os dois.

Ora, de acordo com o conceito de Copeland, Koller e Murrin (1995), a existência desta correlação fará com que tais títulos sejam rejeitados na parametrização das taxas de juros livres de risco. Na verdade, essa correlação reflete apenas a escolha das instituições financeiras que escolhem quais são os títulos com menor risco. Portanto, na perspectiva da aversão ao risco durante a crise financeira, os ativos considerados pelo mercado como de menor risco serão os que receberão o maior aporte de capital.

3.10. Taxa Livre de Risco Brasil

Para medir o risco do sistema de forma prática, a taxa de retorno anual, será levantado o excesso das ações da empresa selecionada, nesse caso, as ações ON (ordinárias) das Commodities são listadas na Bolsa de Valores de São Paulo (BM & FBOVESPA) e em todo o mercado, portanto, neste exemplo, é o Índice da Bolsa de Valores de São Paulo (IBOVESPA). Esse índice reflete o comportamento das principais ações compradas e vendidas na BM & FBOVESPA e, por ter sido criado em 1968 e sua metodologia não mudou desde então, é o principal e mais importante indicador de desempenho das cotações do mercado de ações brasileiro.

3.11. Custo de capital próprio no Brasil

As taxas de juros no Brasil estão entre as mais altas do mundo e têm oscilado muito ao longo dos anos. Para se adaptar ao método CAPM do Brasil, usa-se o indicador do mercado dos EUA da mesma forma, mas adicionando a parte do risco-país à fórmula da seguinte forma, onde:

$$K_e = R_f + \beta(R_m - R_f) + R_s \quad (8)$$

Onde:

K_e = Retorno esperado da empresa (retorno sobre o patrimônio)

R_f = Retorno livre de risco

R_m = O retorno esperado da carteira do mercado de ações

β = A sensibilidade do preço das ações da empresa em relação ao mercado de ações

R_s = Risco país ou risco soberano

Desta forma, pode-se utilizar os indicadores do mercado dos EUA e adicionar o componente de risco país. Comparado com os retornos sem risco dos Estados Unidos, o risco-país do Brasil é o retorno livre de risco americano.

O indicador mais utilizado como risco país no Brasil é o EMBI+, que representa a diferença entre o retorno médio de títulos da dívida Brasileira e o retorno oferecido por títulos do tesouro americano. Em outras palavras, considera-se o indicador EMBI+ como o prêmio de risco sobre os títulos livres de risco americanos.

Os valores do risco país medidos pelo EMBI+ podem ser encontrados no IPEADATA.

Veja o gráfico a seguir (Figura 11), os valores de risco Brasil:

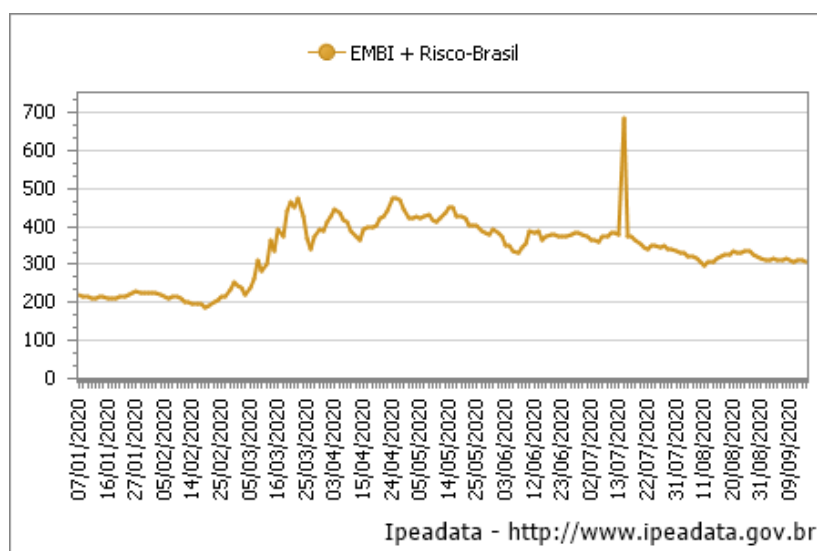


Figura 11: Risco Brasil - esses valores são apresentados em pontos base.

Para usá-los na fórmula CAPM, devemos convertê-los em porcentagens. Por exemplo, em 15/09/2020, o EMBI + Risco-Brasil é de 307 pontos base, o que equivale a 3,07%. Além do risco soberano relatado, geralmente depende da empresa que está sendo avaliada para adicionar outros componentes de risco à fórmula CAPM. Por exemplo, se o profissional estiver avaliando empresas de pequeno e médio porte, pode incluir um prêmio de risco para o tamanho da empresa.

Companhias de menor porte oferecem maiores riscos que grandes corporações, então devemos incluir este risco na taxa de retorno esperada.

Portanto, a fórmula do CAPM é a seguinte:

$$K_e = R_f + \beta(R_m - R_f) + R_s + R_p \quad (9)$$

Onde:

R_p = Risco devido ao porte da companhia

3.12. Custo de Capital em Moeda Real ou Nominal

A previsão dos fluxos de caixa futuros pode ser feita em moeda real ou nominal, ou seja, com ou sem considerar o impacto da inflação. Se a previsão for construída com dinheiro real, a taxa de desconto usada também deve ser real. Da mesma forma, se a previsão for expressa em moeda nominal, a taxa de desconto deve levar em consideração o impacto da inflação durante o período de previsão. O componente CAPM na fórmula mostrada acima (9) inclui o componente nominal em dólar. Para obter a taxa CAPM real, devemos usar a deflação dos EUA K_e de acordo com a seguinte fórmula:

$$1 + r = \frac{1 + i}{1 + j} \quad (10)$$

Onde:

r = taxa real

i = taxa nominal

j = inflação

3.13. Taxa Livre de Risco Estrangeira

Analogamente será necessário repetir os cálculos das equações (4/5), para obter um novo custo médio ponderado de capital, dessa vez utilizando a Taxa Livre de Risco Americana (T-Bond) e o respectivo risco país, como já foi falado. Os títulos do Tesouro são um dos títulos que rendem juros no vencimento aos investidores que neles investem recursos. A Bolsa de Valores do Brasil negocia títulos do Tesouro dos EUA por meio de um contrato futuro de títulos do Tesouro dos EUA de 10 anos, onde a liquidação é apenas uma transação financeira, ou seja, de acordo com a divulgação do banco central, os ajustes diários e o valor dos títulos são convertidos em reais no dia do cálculo.

3.14. Custo Médio Ponderado De Capital

Custo médio ponderado de capital, ou CAPM, ou taxa de desconto é um modelo adotado pelo mercado de capitais, modelo de precificação de ativos de capital, Segundo Gitman e Madura (2003, p. 77), o CAPM pode ser entendido como “um modelo que descreve a relação entre o risco e o retorno esperado dos ativos negociáveis”.

Este modelo foi desenvolvido pelos americanos Willian Sharpe e John Lintner no início dos anos 1960. O autor do modelo conseguiu provar matematicamente que, em uma situação de equilíbrio, há uma relação linear entre o excesso de retorno do investimento e o excesso de retorno de todo o mercado. Essa relação, que foi explicada anteriormente, é chamada de Beta. Seja um acadêmico ou um profissional financeiro, o CAPM é um dos modelos de avaliação de ativos mais comumente usados para analisar a relação entre retornos e riscos conjuntos.

Quando usada como taxa de desconto para fluxos de caixa futuros, a primeira função será usada para calcular o valor da empresa. A segunda é analisar a viabilidade de um novo projeto do ponto de vista financeiro, e trabalhar a um ritmo superior ao índice mínimo que justifica o investimento. Portanto, o custo médio ponderado de capital explica o custo monetário de financiamento da empresa (STUMPF, 2019).

Descobrir a porcentagem do patrimônio líquido e do patrimônio de terceiros no total de ativos (que pode ser facilmente calculada por meio da análise do balanço patrimonial).

Descobrir a taxa de custo do empréstimo obtida nas demonstrações financeiras, ou a taxa de empréstimo obtida através dos dados de cada tipo de financiamento e de cada tipo de taxa de empréstimo (calcular o custo médio do capital de terceiros).

Encontrar a taxa de custo de capital próprio. É possível também encontrar a taxa efetiva de imposto através de demonstrações financeiras.

Enquanto é calculado o custo, permite-se que os investidores decidam quais investimentos e empresas devem ser escolhidos. No entanto, é importante estar ciente disso, porque muitas vezes pode ser mais gratificante do que a empresa. Em outras palavras, isso mostra que está perdendo o valor dos parceiros.

Portanto, geralmente vale a pena para os investidores. No entanto, além disso, outras ferramentas de precificação também devem ser usadas para analisar investimentos eficazes ou ineficazes.

A taxa de desconto é um cálculo aplicado ao valor futuro para determinar seu equivalente atual. Este método é usado para analisar o retorno do investimento. Essa ponderação é necessária porque em finanças dois valores só são comparáveis quando considerados no mesmo período de tempo.

Portanto, este método é usado para avaliar se o retorno dado por um determinado plano atende às expectativas. Para a empresa, pode ser o custo associado a fontes de financiamento externas e internas. O primeiro grupo inclui empréstimos e emissões de títulos, e o segundo grupo envolve fundos de parceiros do projeto. Dessa forma, a taxa de desconto é utilizada para estimar o custo de capital envolvido no empreendimento. Para o caso de estimativa de fluxo de caixa, essa análise é possível.

A taxa de desconto é uma das ferramentas utilizadas no planejamento financeiro da empresa. Isso acontece avaliando a relação entre custos e benefícios do projeto (REIS, 2019). Portanto, o retorno esperado pode ser comparado com o retorno fornecido pelo índice do mercado financeiro ou usado em correções de valor, como a taxa de juros de referência. Portanto, a taxa de desconto é usada para determinar o impacto de futuros investimentos, projetos ou fluxos econômicos de transações financeiras.

A fórmula de taxa de desconto mais popular é o WACC ou custo médio ponderado de capital. Por meio do WACC, você pode analisar a atratividade do investimento. Isso significa calcular o retorno esperado do investimento e, em seguida, compará-lo com outras aplicações.

Após a comparação, o valor do WACC deve ser menos arriscado e mais atraente do que outras opções. Caso contrário, elas se tornam mais interessantes do que correr riscos. O cálculo de WACC pode ser feito através da equação:

$$WACC = Ke \times \left(\frac{E}{D + E} \right) + Kd \times \left(\frac{D}{D + E} \right) \quad (11)$$

Onde,

WACC = Weighted Average Cost of Capital

Ke = Custo de capital aos acionistas

Kd = Custo da dívida

E = Total de patrimônio líquido (equity)

D = Total da dívida (debt)

Para Tomazoni e Menezes (2002), o CAPM parte do pressuposto de que os investidores são racionais, portanto espera-se que eles formem uma carteira por meio do elo entre a taxa de juros livre de risco e a carteira de mercado. O grau de aversão ao risco do investidor determinará a forma como os recursos são alocados. O risco individual dos ativos é o risco associado à carteira de mercado, que se adequará à carteira do investidor.

No entanto, embora o modelo CAPM seja amplamente utilizado, ainda existem alguns problemas. Um fato é o portfólio de mercado usado para calcular o beta de mercado, é uma aproximação do portfólio teórico de mercado porque não inclui todos os ativos podem ser negociados no mercado, de arte a imóveis, de bolsa de valores a títulos renda fixa privada, etc. (ROLL, ROSS; 1994). Outro problema do CAPM é a teoria da eficiência do mercado, que é restrita.

3.15. Custo Médio Ponderado De Capital Aplicado as Commodities

O modelo pondera que os dados históricos nos permitem fazer previsões futuras. Nesse sentido, pressupõe-se que fatos ocorridos na economia no passado podem se repetir no futuro. Em seguida, usando os dados que serão apresentados nos resultados, é possível traçar a linha de regressão do resultado esperado em consideração, que mostrará que o retorno das ações da empresa selecionada é uma função linear do comportamento do mercado. No contexto dos modelos de precificação de ativos, as linhas características permitem que o comportamento dos títulos (ou mesmo uma determinada carteira de títulos) seja associado a carteiras de mercado. Tenta descrever, por exemplo, como as ações se movem em resposta às mudanças em todo o mercado.

A linha característica é obtida por regressão linear, que é um método de estimar a condição (valor esperado) e a variável Y dado o valor de alguma outra variável X . Nessa regressão, dois indicadores financeiros são determinados: coeficiente β e coeficiente α , sendo o primeiro a inclinação e o segundo o parâmetro linear da linha de regressão. Equação de linha característica começando da equação de linha $Y = \alpha + bx$ é expresso da seguinte forma, observe equação (12):

$$RJ - RF = \alpha + \beta (RM - RF) \quad (12)$$

Onde:

RJ = retorno proporcionado pelas ações das commodities selecionadas no retorno mensal durante o período do estudo

RF = taxa de juros dos títulos livres de risco

RM = renda do portfólio de mercado RJ-RF;

RM-RF = indicam respectivamente o retorno adicional das ações da empresa selecionada e do mercado em relação ao retorno sobre títulos de risco (prêmio de risco)

β = coeficiente β . O parâmetro de ângulo da linha de regressão, usado para determinar o risco do sistema do ativo em relação ao mercado

α = coeficiente α . Parâmetros lineares da linha de regressão

A relação entre o resultado do ativo e a carteira de mercado depende do excesso de retorno da taxa de juros livre de risco, ou seja, do prêmio de risco. Nesse caso, RM-RF é o prêmio de risco de mercado; RJ-RF investe no prêmio de risco de ações selecionadas da empresa.

O parâmetro linear da linha de regressão é chamado de alfa. Se o retorno for nulo, significa que o retorno excede o ativo.

Conforme mencionado anteriormente, no modelo CAPM, o coeficiente β representa o risco do ativo e representa o parâmetro de ângulo na linha de regressão linear. Por outro lado, como a diversificação elimina riscos não sistemáticos, o beta de todo o mercado é igual a 1,0, o que representa apenas riscos sistêmicos.

Dado o valor de alguma outra variável X, a regressão linear é um método de estimar a condição (valor esperado) e a variável Y. Para estimar o valor esperado, é usada uma equação que determina a relação entre duas variáveis. Equação 13:

$$Y_i = \alpha + \beta X_i \quad (13)$$

Interpretação da variável Y_i (subordinada); é o valor que o (profissional) deseja alcançar

α -É uma constante, que representa a intersecção de uma linha reta e um eixo vertical

β -Esta é outra constante, representando a inclinação da linha

X_i -variável explicativa (independente), que significa o fator explicativo na equação.

Para efeito de cálculo, a Taxa Selic, que representa o retorno sem risco (RF), é utilizada como ativo de risco. A Taxa Selic hoje está em 2% ao ano. Ela foi definida no dia 5 de agosto de 2020 pelo Copom, que decidiu abaixar a taxa de 2,25% para 2%, portanto, este será o cálculo do Brasil. A receita de mercado (RM) será a média anual da receita do IBOVESPA, conforme será mostrado nos resultados.

Assim, com base na linha de regressão, o retorno esperado sobre o patrimônio líquido (ou seja, participação ON das commodities) deve atingir uma taxa de 6,16% ao ano. A taxa de retorno exigida para as decisões de investimento é determinada com base no retorno dos ativos livres de risco mais o prêmio de risco determinado na decisão avaliada, da seguinte forma:

$$RJ \text{ (Retorno Exigido)} = RF \text{ (Taxa de Juro Livre de Risco)} + \text{Prêmio de Risco} \quad (14)$$

Dessa forma, foi traçado a inferência da equação do modelo CAPM proposta neste trabalho, ou seja, assumindo que o prêmio de risco de mercado (RM-RF) é adequado para decisões de investimento, utiliza-se a seguinte expressão:

$$RJ = RF + (RM - RF) \quad (15)$$

Uma vez que o modelo acima assume que o risco do ativo considerado é igual ao risco de todo o mercado, isso não acontecerá na prática, pois o risco de um ativo específico é maior do que o risco assumido pelo mercado, portanto é necessário adicionar o seguinte coeficiente beta: estabelecer um ativo de mercado determinável A medida de risco é, portanto, expressa como:

$$RJ = RF + \beta (RM - RF) \quad (16)$$

Associando a expressão do modelo CAPM com a equação da linha de regressão linear, obtém-se:

Linha de regressão: $RJ = \alpha + b RM$

CAPM: $RJ = RF + \beta (RM - RF)$

A interceptação da equação do CAPM é obtida:

$RJ = RF + \beta RM - \beta RF$

$RJ = RF (1-\beta) + \beta RM$

Para recalcular o retorno esperado sobre as ações das empresas selecionadas com base no modelo CAPM, temos:

$RJ = RF + \beta (RM - RF)$

$RJ = 0,02 + 0,8945 (0,0295 - 0,02)$

$RJ=0,0195$ ou 1,95% ao ano

Portanto, pode-se concluir que o mercado exige que as ações das commodities obtenham um retorno de 6,16% ao ano, mas a taxa de retorno exigida pelos investidores, ou seja, o retorno mínimo ou taxa mínima de atratividade é de 1,95% ao ano.

Uma vez conhecido o retorno sobre o patrimônio, a taxa mínima de atratividade pode ser determinada pelo custo médio ponderado de capital (CMPC), a fórmula é a seguinte:

$$CMPC = \alpha \cdot CP + (1 - \alpha) \cdot CT \quad (17)$$

Onde:

CMPC: Custo médio ponderado de capital

α : Participação patrimonial relativa

$(1-\alpha)$: participação relativa do capital de terceiros

CP: custo do patrimônio líquido

CT: Custo de Capital de Terceiros

Determinar a quantidade de recursos que virão de fontes próprias e de terceiros. Realizar pesquisas de mercado sobre capital de terceiros e ajustar os termos e condições de acordo com o prazo do projeto.

Para ilustrar os cálculos aqui realizados, o custo médio ponderado de capital será simulado considerando o retorno sobre o patrimônio líquido calculado e o custo

monetário do mercado de recursos de longo prazo. No longo prazo, a taxa de juros de referência é a TJLP (taxa de juros de longo prazo) mais os spreads bancários. A TLP (taxa de juros de longo prazo) no contrato de financiamento assinado em 1º de janeiro de 2018 substituiu a TJLP foi fixada em 4,91% ao ano. O spread médio das diversas modalidades de financiamento disponíveis é de 7,6% ao ano, portanto o custo do capital de terceiros é de 12,51% ao ano, que é a TJLP mais o spread médio.

O custo médio ponderado de capital (CMPC) é obtido multiplicando-se a tarifa que representa o custo do capital próprio pela tarifa da sua participação nos recursos totais disponíveis para o investimento proposto, e somando este resultado ao produto taxa de juro do capital. Capital de terceiros e sua participação no capital total de investimento.

Na quarta etapa do trabalho, serão coletados os parâmetros relativos as commodities, que servirão de base para a aplicação do modelo CAPM, e, posteriormente, determinar o custo médio ponderado de capital (CMPC) para o mercado de commodities. Para tanto, são definidos os parâmetros que permitem a aplicação do modelo proposto.

A partir da definição da expressão do retorno esperado sobre o patrimônio líquido do modelo CAPM Equação (), são definidos os parâmetros necessários para a construção do modelo a ser aplicado as commodities.

A taxa livre de risco RF será a mesma utilizada no modelo aplicado ao mercado de capitais, ou seja, títulos públicos negociados no Brasil no Sistema Especial de Liquidação e Custódia (SELIC) pelos motivos já mencionados no presente trabalho.

O coeficiente beta (β) representativo do risco sistêmico é determinado com base na taxa de retorno anual superior as commodities selecionadas e a todo o mercado. Neste caso, serão considerados outros 3 cenários representativos do mercado de produtos minerais, que constituem uma diversificação Portfólio para apoiar a análise proposta.

Conforme já mencionado neste trabalho, por não haver um índice que reflita o comportamento geral das commodities (fato que ocorre na bolsa de valores por meio do IBOVESPA), é necessário estabelecer esse modelo.

O índice selecionado foi o de preços de commodities de metais que será utilizado, assim como o índice de preço de todas as commodities, inicialmente mantendo a mesma taxa livre de risco e depois variando a mesma para o mercado estrangeiro, assim como o mercado de ações para analisar os diferentes custos ponderados de capital.

Portanto, adquirindo as variáveis que definem o modelo CAPM, permite rastrear a relação entre o ativo selecionado e a carteira de mercado. Para comparar e comprovar a aplicabilidade do modelo, foram realizados cálculos em todos os ativos.

Calculando o retorno esperado do mercado para os ativos selecionados, refletindo assim a equação de regressão linear e, a seguir, calculando o retorno esperado dos investidores, obtendo o modelo CAPM, que é um parâmetro que compensa o retorno do patrimônio.

4. METODOLOGIA

O Valor Presente Líquido (VPL) é um dos números mais importantes que uma empresa divulgará durante um estudo econômico. No entanto, um VPL é baseado em um preço de commodity específico, e os investidores nem sempre são apresentados com o VPL de um projeto em uma faixa de preços de commodities. Por exemplo se o preço do minério de ferro é \$ 150,00 / tonelada quando um estudo econômico é criado, mas cai rapidamente para \$ 100 / tonelada. É preciso recalculá-lo para este preço mais baixo do ferro. Este trabalho examinará o método geral de cálculo de um VPL antes dos impostos. Os processos usados em estudo de escopo econômico real são muito mais rigorosos em termos de etapas, esse trabalho examina o processo geral, e não cada componente por vez.

Primeiro, examina-se um exemplo de como um VPL é calculado, o método é padrão em toda a indústria. Utilizaremos como exemplo a Alvo Mineração (empresa fictícia), uma empresa de exploração de minério de ferro localizada no Brasil, tem 100% do patrimônio, então todas as receitas são devidas exclusivamente para a empresa.

Etapa 1: Determinar a vida útil da mina para o recurso – analisa-se em hipótese que a vida útil seja de 6 anos, ainda no campo da hipótese também, que a empresa tem uma reserva de minério de ferro de 58 milhões de toneladas, das quais 55 milhões podem ser extraídas comercialmente.

Etapa 2: Prever a quantidade de toneladas de minério de ferro produzida em cada ano – Digamos que 55 milhões de toneladas comercialmente extraíveis sejam

produzidas na seguinte ordem: 10200000 de ton no ano 1, depois 10000000 (Ano 2), 10800000 (Ano 3), 8000000 (Ano 4), 9000000 (Ano 5), 7000000 (Ano 6).

Etapa 3: Estimar o preço da commodity a ser usado – Considerando o preço do ferro \$ 100 / ton em toda a projeção do VPL.

Etapa 4: Calcular as receitas totais para cada ano – Pegar a tonelagem de ferro produzidas a cada ano e multiplique-as pelo preço ferro de \$ 100 que “assumimos”. Isso gera as seguintes receitas para cada ano.

Etapa 5: Previsão de custos operacionais para cada ano – Usar um conjunto de números de um estudo econômico existente ou estime uma margem bruta razoável para cada ano. Por exemplo, uma margem bruta de 60% sobre as receitas de \$1.000.000.000 sugeriria custos operacionais de \$400.000.000. Nesta etapa, apenas multiplica-se cada valor de receita total pelos custos operacionais de 40% (100% - margem bruta 60%).

Etapa 6: Previsão de despesas de capital (CAPEX) e contingencia para cada ano – Existem basicamente dois tipos de despesas de capital; inicial e sustentável. Esses são números geralmente fornecidos pela empresa. Aqui também deve-se levar em consideração os custos de contingência, potencialmente em uma taxa fixa ao longo dos seis anos ou ponderada se houver um alto gasto de capital inicial.

Etapa 7: Calcule o fluxo de caixa livre – Para cada ano, é necessário calcular o fluxo de caixa livre. Pegue as receitas totais e subtraia os custos operacionais e o CAPEX total.

Etapa 8: Decidir sobre uma taxa de desconto – Deve refletir o estágio do projeto em termos de maturidade. Para projetos onde os recursos são apenas inferidos ou indicados, e para estudos de escopo é aconselhável aplicar uma taxa de desconto de 7,5% (ou potencialmente 10%). Se o projeto for mais desenvolvido em termos de base de recursos ou estudos econômicos, pode-se aplicar uma taxa de desconto de 5%. Essa etapa é o ponto fundamental do trabalho, para não subestimar ou superestimar a reserva, mais adiante calcula-se essa taxa com maior embasamento teórico e parâmetros do mercado financeiro específicos, que pode ajudar a chegar nessa taxa com maior propriedade, por ora para o depósito desse exemplo será aplicada a taxa de 7,5%.

Etapa 9 – Calcular o valor presente líquido – Com os números necessários expostos acima, calcula-se o valor presente líquido do projeto usando um preço de ferro 100 / ton. A fórmula a ser usada é a seguinte, onde

FCL = Fluxo de caixa livre e T_D = Taxa de desconto

$$\text{Valor Presente Líquido} = \frac{FCL(A1)}{(1+T_D)^1} + \frac{FCL(A2)}{(1+T_D)^2} + \frac{FCL(A3)}{(1+T_D)^3} + \frac{FCFL(A4)}{(1+T_D)^4} + \frac{FCF(A5)}{(1+T_D)^5} + \frac{FCF(A6)}{(1+T_D)^6}$$

Substituindo os valores calculados na etapa 7, a equação muda conforme abaixo:

$$VPL_{7,5\%} = \frac{155500000}{(1+0,075)^1} + \frac{213100000}{(1+0,075)^2} + \frac{386900000}{(1+0,075)^3} + \frac{631600000}{(1+0,075)^4} + \frac{463500000}{(1+0,075)^5} + \frac{406500000}{(1+0,075)^6}$$

Colocando esses números em uma calculadora e somando-os, obtém-se um Valor Presente Líquido, a uma taxa de desconto de 7,5% de \$ 2.110.198.439,98. Isso nos diz que os fluxos de caixa descontados do projeto de ferro da Alvo totalizam \$ 2.110.198.439,98 em dinheiro de hoje no nível antes dos impostos, usando um preço do minério de ferro a \$100 / ton. É simples ajustar para um preço do ferro mais alto ou mais baixo; basta recalcular a linha de receitas e conectar esses números de volta ao processo.

Para interpretar os resultados do cálculo do VPL podemos ter:

VPL negativo = o custo é maior que o lucro, ou seja, o projeto não é viável;

VPL positivo = a receita é maior que a despesa, ou seja, o projeto é viável;

VPL zero = custo e ganhos iguais, ou seja, é isenta a escolha de aplicar no empreendimento.

Seguindo nosso exemplo, a pergunta é: Vale a pena o investimento? O resultado é positivo, e o administrador pode defender a ideia. Considerando que a taxa de retorno anual do investimento seja maior que a taxa de desconto ao ano, isso é totalmente razoável.

Na etapa 8 do cálculo do VPL, foi citado a importância da taxa de desconto. Essa taxa de juros acima também é chamada de custo de capital e pode ser explicada de duas maneiras: Com ela você poderá levantar fundos para financiar projetos ou novas taxas de juros de negócios e também a taxa de retorno de um investimento de baixo risco em que você pode investir em vez de investir no projeto.

Os próximos tópicos serão para aprofundar mais nessa fase do cálculo e através de cálculos específicos, formulas e alterando alguns parâmetros do mercado financeiro, serão apresentados resultados de diferentes custos de capitais, que terão extrema relevância para o projeto. Nos próximos cálculos, varia-se inicialmente a taxa livre de risco e explica-se o passo a passo para chegar a esses valores. A taxa de juros livre de

risco é o nível mais baixo de lucro considerado garantido. Com ele, o investidor pode confirmar com alto grau de certeza que receberá o aporte de capital aplicado e os juros relativos à taxa de juros livre de risco.

Na última fase do trabalho com posse de todos os custos médios de capital devidamente calculados, será feita uma análise utilizando o software “NPV Scheduler 4”, um sistema de planejamento estratégico de mina pode otimizar esses dois elementos ao buscar o VPL máximo, onde é possível por meio dessas taxas anuais, calcular estimativas importantes que podem viabilizar ou não um empreendimento e o investimento em determinada empresa, como o VPL, quantidade de minério, estéril, receita, custo de processamento, entre outras. De forma que se pode subestimar ou superestimar uma cava, onde investidor, que possui diversas ferramentas e opções possa avaliar.

Uma vez que o NPV é uma comparação onde, inserindo taxas diferentes e montando uma tabela com os valores dessas taxas avalia-se para quais aplicações o investidor pode estar ganhando ou perdendo. Portanto, foi inserido todos os custos médios ponderados de capital no software e retornado com os mais variados valores de VPL para que fosse possível analisar.

5. RESULTADOS

5.1. Taxa Livre de Risco Brasil

No primeiro caso, usamos o método CAPM para calcular o custo médio ponderado de capital que leva em consideração a distribuição do investidor no Brasil, conforme mostrado a seguir, portanto, todos os métodos, serão voltados para o mercado brasileiro.

Começamos com o cálculo do Beta, para calcular o β de uma empresa privada, devemos primeiro levantar uma empresa de capital aberto (com ações em bolsa) equivalente à empresa que está sendo avaliada.

Desta forma, aumenta-se o β de cada empresa comparável para “desalavancar” o β de cada empresa analisada de acordo com sua estrutura de capital.

Para o β desalavancado de cada empresa analisada, utiliza-se sua média ou mediana e, em seguida, realavancar o β de acordo com a No contexto do CAPM, utiliza-

se as fórmulas de cálculo para encontrar beta. Observe as Equações e 5 de acordo com a estrutura de capital da empresa a ser analisada.

Imagine que será avaliada uma empresa chamada Alvo Mineração (empresa fictícia), de capital fechado e que é preciso calcular o beta para esta empresa.

Levanta-se 3 empresas comparáveis no mercado acionário, no caso as três maiores mineradoras de minério de ferro do país que possuem ações na bolsa, com seus respectivos betas abaixo. Observe Tabela 1:

Tabela 1: Empresas com os dados levantados para o cálculo de Beta desalavancado

Empresa	(Beta alavancado)	Imp. Renda (T)	Debt/Equity % (D/E)	Beta desalavancado
VALE	0,99	30,6%	53,0%	0,72
CSN	1,30	15,0%	26,8%	1,06
GERDAU	1,27	15,6%	23,5%	1,06

Observa-se então que a média do β desalavancado para as 3 empresas comparáveis é de 0,95.

A próxima etapa é realavancar o Beta com base nas métricas da empresa-alvo que estar em avaliação.

Observa-se também que o índice β resultante para a empresa Alvo Mineração é de 1,22.

A Tabela 2 a seguir, mostra os indicadores de (D/E) e alíquota de IR da empresa Alvo o Beta realavancado para a empresa que está sendo avaliado é demonstrado na tabela a seguir:

Tabela 2: Medias de D/E, (T), beta desalavancado e cálculo do Beta realavancado

Empresa	Debt/Equity % (D/E)	Imp. Renda (T)	Beta desalavancado	Beta realavancado
Alvo	44,2%	34,0%	0,95	1,22

5.2. Cálculo do custo de Capital Próprio no Brasil

Até o momento, o cálculo verificado é um cálculo que considera o custo de capital na perspectiva dos países desenvolvidos (principalmente os EUA). Como se estivesse avaliando a empresa sob a ótica dos investidores americanos. Todos os indicadores são usados como taxas de juros sem risco, prêmios de mercado, etc. Falando do mercado no Brasil, como já mencionado, devido à alta volatilidade da moeda e às mudanças nas últimas décadas, é difícil fazer uma análise confiável dos períodos históricos de retorno de ações e rendimento de títulos do governo.

Analisando hipoteticamente que uma empresa com um faturamento anual de R\$ 100 milhões, por causa de sua escala, é possível arcar com o risco 5%. Desta forma, apenas somando os 5% de risco que será adicionado ao cálculo do CAPM na fórmula. Perceba que, entre outros riscos, o valor utilizado para risco em empresas de menor porte é subjetivo e dependerá do avaliador. Avaliadores podem considerar riscos adicionais de 1 a 15% para o cálculo do CAPM de empresas no Brasil.

O componente de risco também deve considerar o risco de liquidez. Em comparação com empresas com atividades de M&A incomuns (como software, educação, etc.), as empresas com atividades de M&A comuns oferecem maior risco de liquidez.

O risco de liquidez é um risco que o investidor assume porque ele não consegue encontrar um comprador para a empresa, caso o negócio precise ser vendido.

Desta forma, em termos de liquidez, as empresas com ações negociadas em bolsa apresentam automaticamente riscos menores do que as empresas de capital fechado.

Neste caso com os estudos estipulados pelo profissional, foi utilizado 3%, utilizando a equação (8) chegando a um valor de custo médio de capital de 14,22%.

5.3. Cálculo do Custo de Capital em Moeda Real ou Nominal

Após calcular o CAPM para a empresa estudada, foi possível chegar no valor de 11,87% em moeda americana, considerando a inflação nos EUA de 2,1%, dessa forma o custo de capital real em dólares, ao aplicar a fórmula a seguir (10), observa-se:

$$1 + r = \frac{1 + 14,22\%}{1 + 2,1\%}$$

$r = 11,87\%$ (custo de capital em moeda real)

Caso estas projeções estejam em moeda nominal para o Brasil, deve-se inflacionar o custo de capital real considerando os efeitos da inflação Brasileira conforme a fórmula a seguir:

$$K_n = (1 + r) \times (1 + inf.br) - 1 \quad (18)$$

Onde:

K_n = Custo de capital nominal para o Brasil

r = Custo de capital real

$inf.br$ = Taxa de inflação no Brasil

Assumindo uma inflação média no Brasil de 3% e utilizando o custo de capital calculado acima de 11,87%, o custo de capital nominal para o Brasil (K_n) ficaria:

$$K_n = (1 + 11,87\%) \times (1 + 3\%) - 1$$

$$K_n = 15,22\%$$

5.4. Custo de Capital de Terceiros (K_d)

Para calcular o valor do custo da dívida (K_d), deve-se considerar o valor do benefício fiscal da dívida.

Considerando que as empresas brasileiras seguem o regime de “lucro real”, o cálculo do imposto sobre o lucro (T) é baseado na LAIR (juros e lucro antes dos impostos) apurada no DRE (Demonstração do Resultado do Exercício) da empresa.

Se a empresa tiver dívidas, ela pagará juros sobre essa dívida. O valor dos juros é registrado como despesa financeira na demonstração do resultado.

As despesas financeiras reduzem os lucros da empresa e, portanto, reduzem a base para o cálculo do imposto sobre o lucro (T).

Neste caso, se a taxa de imposto (T) é de 34%, o custo efetivo da dívida K_d é o seguinte, observe equação ((19):

$$K_d \times (1 - T) \quad (19)$$

Aplicando a formula o custo ficaria em 9,24%

5.5. Cálculo do WACC

O custo médio ponderado de capital (WACC) é a taxa de retorno esperada do projeto ou empresa. Para calcular o WACC, usa-se a média ponderada entre o custo de capital próprio e o custo de capital de terceiros, conforme mostrado na Equação ((11)).

O WACC é uma média ponderada do seu K_e em função do percentual de Capital Próprio (E) com o K_d em função do percentual de Capital de Terceiros (D). Chegando ao valor de 13,39%.

5.6. Cálculo da Taxa Livre de Risco Estrangeira

Aplicando a mesma metodologia, porém agora a base de dados são empresas com aplicações na bolsa americana S&P 500, foram levantados os dados das três maiores produtoras de minério de ferro do mundo, como podemos ver na Tabela 3:

Tabela 3: Empresas com os dados levantados para o cálculo de Beta desalavancado

Empresa	(Beta alavancado)	Imp. Renda (T)	Debt/Equity % (D/E)	Beta desalavancado
BHP	1,19	35,3%	42,0%	0,94
RIO TINTO	1,02	33,2%	31,0%	0,84
VALE	1,36	30,6%	53,0%	0,99

Assim efetuando os cálculos do passo anterior 5.2 de realavancamento do Beta, chegamos na Tabela 4 a seguir:

Chegando ao índice β resultante para a empresa Alvo Mineração é de 1,19

Tabela 4: Medias de D/E, (T), beta desalavancado e cálculo do Beta realavancado

Empresa	Debt/Equity % (D/E)	Imp. Renda (T)	Beta desalavancado	Beta realavancado
Alvo	44,2%	34,0%	0,93	1,19

Seguindo o cálculo de capital próprio agora para os Estados Unidos, utiliza-se os dados referente ao mercado americano, que inclui o risco país (1,18%), a taxa livre de risco (T-bond) (1,43%), o prêmio de risco de mercado foi mantido (5,9%), assim como o risco relacionado ao seu porte, uma vez que será necessário avaliar quais são os impactos

do mesmo investimento ser feito mudando apenas a ótica do investidor, e como essa mudança interfere no valor final do custo médio ponderado de capital. Após avaliar os valores desses parâmetros e aplicar nas formulas subsequentes, chega-se aos seguintes valores de CAPM. Segue tabela 5:

Tabela 5: Cálculos de CAPM, levando em consideração as inflações americana e brasileira

CAPM [Alvo] - nominal USD	12,63%
CPI (Inflação projetada nos EUA)	2,10%
CAPM [Alvo] - real USD	10,31%
IPCA (Inflação projetada em BRL)	3,00%
CAPM [Alvo] - BRL nominal	13,62%

Após os cálculos de custo de capital de terceiros, é aplicada na formula já demonstrada de WACC e chega-se ao custo médio ponderado de capital visando o mercado estrangeiro de 12,28%.

5.7. Cálculo Do WACC Para O Índice De Preços De Todas As Commodities

Conforme demonstrado na tabela 6, foi apurada a receita mensal dos Índice de preços de todas as commodities (Rj), e o período considerado na amostra foi de agosto de 2015 a julho de 2020 (Tabela 6).

Tabela 6: Retorno mensal das ações dos Índice de preços de todas as commodities

Mês	Preço	Variação	Mês	Preço	Variação
Aug 2015	103,25	-0,49%	Feb 2018	127	-0,33%
Sep 2015	102,74	-0,55%	Mar/18	126,58	1,55%
Oct 2015	102,17	-5,88%	Apr 2018	128,54	3,74%
Nov/15	96,16	-5,73%	May 2018	133,35	-0,85%
Dec 2015	90,65	-5,80%	Jun/18	132,22	-1,32%
Jan/16	85,39	2,34%	Jul/18	130,47	-1,69%
Feb 2016	87,39	7,16%	Aug 2018	128,26	3,46%
Mar/16	93,65	3,21%	Sep 2018	132,7	0,76%
Apr 2016	96,66	4,01%	Oct 2018	133,71	-8,64%
May 2016	100,54	2,60%	Nov/18	122,16	-4,92%
Jun/16	103,15	-0,32%	Dec 2018	116,15	0,80%
Jul/16	102,82	0,42%	Jan/19	117,08	1,65%
Aug 2016	103,25	0,07%	Feb 2019	119,01	0,76%
Sep 2016	103,32	3,30%	Mar/19	119,91	2,93%
Oct 2016	106,73	-1,12%	Apr 2019	123,42	-2,38%
Nov/16	105,53	5,71%	May 2019	120,48	-4,11%
Dec 2016	111,56	3,95%	Jun/19	115,53	2,11%
Jan/17	115,97	0,47%	Jul/19	117,97	-4,46%
Feb 2017	116,51	-4,73%	Aug 2019	112,71	1,86%
Mar/17	111	0,09%	Sep 2019	114,81	-1,56%
Apr 2017	111,1	-2,00%	Oct 2019	113,02	3,44%
May 2017	108,88	-2,95%	Nov/19	116,91	2,57%
Jun/17	105,67	2,63%	Dec 2019	119,91	-0,30%
Jul/17	108,45	2,61%	Jan/20	119,55	-7,14%
Aug 2017	111,28	2,93%	Feb 2020	111,02	-15,45%
Sep 2017	114,54	1,34%	Mar/20	93,87	-10,35%
Oct 2017	116,08	4,09%	Apr 2020	84,15	8,58%
Nov/17	120,83	1,42%	May 2020	91,37	9,22%
Dec 2017	122,54	5,95%	Jun/20	99,79	4,06%
Jan/18	129,83	-2,18%	Jul/20	103,84	

Em seguida foi levantado o retorno mensal do IBOVESPA (Rm) no mesmo período selecionado (Tabela 7).

Tabela 7: Retorno mensal da IBOVESPA em (%)

Mês	Variação	Mês	Variação
Aug 2015	2,75%	Jan/18	-1,76%
Sep 2015	2,88%	Feb 2018	4,20%
Oct 2015	1,20%	Mar/18	-4,85%
Nov/15	-2,17%	Apr 2018	-13,94%
Dec 2015	-5,76%	May 2018	-5,02%
Jan/16	13,18%	Jun/18	16,31%
Feb 2016	32,39%	Jul/18	-8,52%
Mar/16	11,73%	Aug 2018	8,37%
Apr 2016	-6,79%	Sep 2018	13,40%
May 2016	13,05%	Oct 2018	6,27%
Jun/16	6,01%	Nov/18	-4,20%
Jul/16	-5,50%	Dec 2018	17,39%
Aug 2016	-6,19%	Jan/19	4,19%
Sep 2016	11,89%	Feb 2019	-1,48%
Oct 2016	-11,21%	Mar/19	7,28%
Nov/16	0,65%	Apr 2019	6,14%
Dec 2016	12,02%	May 2019	2,95%
Jan/17	2,89%	Jun/19	12,93%
Feb 2017	1,40%	Jul/19	6,19%
Mar/17	-1,44%	Aug 2019	-2,61%
Apr 2017	-2,75%	Sep 2019	10,89%
May 2017	7,21%	Oct 2019	-1,36%
Jun/17	3,77%	Nov/19	-9,95%
Jul/17	8,14%	Dec 2019	12,17%
Aug 2017	8,30%	Jan/20	-0,41%
Sep 2017	-0,22%	Feb 2020	-25,21%
Oct 2017	-2,44%	Mar/20	7,02%
Nov/17	-0,77%	Apr 2020	18,56%
Dec 2017	14,44%	May 2020	20,94%
		Jun/20	15,16%
		Jul/20	

Para apuração do resultado das ações e do mercado, será considerada a taxa Selic (Rf) durante o período de análise (Tabela 8).

Tabela 8: Retorno médio da taxa Selic em %

Data	Taxa Selic (ao ano)	Data	Taxa Selic (ao ano)
Ago-20	2,00%	Dez-17	14,00%
Jun-20	2,25%	Nov-17	14,25%
Mai-20	3,00%	Out-17	14,25%
Abr-20	3,75%	Set-17	14,25%
Mar-20	4,25%	Ago-17	14,25%
Fev-20	4,50%	Jul-17	14,25%
Jan-20	5,00%	Jun-17	14,25%
Dez-19	5,50%	Mai-17	14,25%
Nov-19	6,00%	Abr-17	14,25%
Out-19	6,50%	Mar-17	14,25%
Set-19	6,50%	Fev-17	14,25%
Jul-19	6,50%	Jan-17	13,75%
Jun-19	6,50%	Dez-16	13,25%
Mai-19	6,50%	Nov-16	12,75%
Abr-19	6,50%	Out-16	12,25%
Mar-19	6,50%	Set-16	11,75%
Fev-19	6,50%	Ago-16	11,25%
Jan-19	6,50%	Jul-16	11,00%
Dez-18	6,50%	Jun-16	11,00%
Nov-18	6,50%	Mai-16	11,00%
Out-18	6,75%	Abr-16	11,00%
Set-18	7,00%	Mar-16	10,75%
Ago-18	7,50%	Fev-16	10,50%
Jul-18	8,25%	Jan-16	10,00%
Jun-18	9,25%	Dez-15	9,50%
Mai-18	10,25%	Nov-15	9,00%
Abr-18	11,25%	Out-15	8,50%
Mar-18	12,25%	Set-15	8,00%
Fev-18	13,00%	Ago-15	7,50%
Jan-18	13,75%	Jul-15	7,25%

Após a pesquisa, determina-se os resultados de excesso de títulos e mercado de acordo com a Tabela 9.

Tabela 9: Resultados em excesso da ação e do mercado

Data	RETORNO DE AÇÃO DA COM. SELECIONADA (Rj – RF)	RETORNO DA CARTEIRA DE MERCADO (RM – RF)	Data	RETORNO DE AÇÃO DA COM. SELECIONADA (Rj – RF)	RETORNO DA CARTEIRA DE MERCADO (RM – RF)
Ago-20	-2,49%	0,75%	Dez-17	-14,33%	-9,80%
Jun-20	-2,80%	0,63%	Nov-17	-12,70%	-19,10%
Mai-20	-8,88%	-1,80%	Out-17	-10,51%	-28,19%
Abr-20	-9,48%	-5,92%	Set-17	-15,10%	-19,27%
Mar-20	-10,05%	-10,01%	Ago-17	-15,57%	2,06%
Fev-20	-2,16%	8,68%	Jul-17	-15,94%	-22,77%
Jan-20	2,16%	27,39%	Jun-17	-10,79%	-5,88%
Dez-19	-2,29%	6,23%	Mai-17	-13,49%	-0,85%
Nov-19	-1,99%	-12,79%	Abr-17	-22,89%	-7,98%
Out-19	-3,90%	6,55%	Mar-17	-19,17%	-18,45%
Set-19	-6,82%	-0,49%	Fev-17	-13,45%	3,14%
Jul-19	-6,08%	-12,00%	Jan-17	-12,10%	-9,56%
Jun-19	-6,43%	-12,69%	Dez-16	-12,49%	-14,73%
Mai-19	-3,20%	5,39%	Nov-16	-9,82%	-5,47%
Abr-19	-7,62%	-17,71%	Out-16	-14,63%	-6,11%
Mar-19	-0,79%	-5,85%	Set-16	-15,86%	-8,80%
Fev-19	-2,55%	5,52%	Ago-16	-9,14%	1,68%
Jan-19	-6,03%	-3,61%	Jul-16	-15,46%	-4,81%
Dez-18	-11,23%	-5,10%	Jun-16	-9,14%	-13,61%
Nov-18	-6,41%	-7,94%	Mai-16	-12,56%	-0,11%
Out-18	-8,75%	-9,50%	Abr-16	-7,56%	-12,36%
Set-18	-9,95%	0,21%	Mar-16	-8,18%	-20,70%
Ago-18	-4,87%	-3,73%	Fev-16	-10,80%	1,67%
Jul-18	-5,64%	-0,11%	Jan-16	-17,14%	-10,41%
Jun-18	-6,32%	-0,95%	Dez-15	-24,95%	-34,71%
Mai-18	-8,91%	-10,47%	Nov-15	-19,35%	-1,98%
Abr-18	-7,16%	-13,69%	Out-15	0,08%	10,06%
Mar-18	-10,83%	-13,02%	Set-15	1,22%	12,94%
Fev-18	-7,05%	1,44%	Ago-15	-3,44%	7,66%
Jan-18	-15,93%	-15,51%	Jul-15	-7,25%	-7,25%

Com os dados obtidos utilizando a (13), obtem-se

Resultados:	<i>Coeficientes</i>
α	0,026142363
β	0,894513763

O parâmetro Beta define o risco do sistema da operação selecionada. Neste caso, o resultado é menor que 1,0, portanto é um comportamento defensivo, indicando um

baixo risco. O parâmetro Alpha representa a interseção da linha reta e do eixo vertical. De acordo com a pesquisa, pode-se definir as variáveis utilizadas para definir o retorno anual das ações das Commodities (ativos selecionados) com base no modelo de regressão estabelecido.

Como demonstrado na revisão utilizado a taxa Selic como o retorno sem risco (R_F) e utilizando os dados da Tabela 7. Assim o retorno do capital próprio esperado é:

$$R_J - R_F = \alpha + \beta (R_M - R_F)$$

$$R_J - 0,02 = 0,0261 + 0,8945 (0,0261 - 0,02)$$

$$R_J = 3,54 \%$$

O custo médio ponderado de capital é a menor atratividade que determina a viabilidade do investimento proposto, que leva em consideração o retorno esperado do investidor de 3,54% e seu peso com recursos de terceiros, o custo anual deste último é de 12,51%. Se o investidor optar por usar 100% do capital de terceiros.

Por outro lado, se o patrimônio líquido corresponder a 100% o valor mínimo esperado ao ano será de 12,51%, caso contrário, será de 3,54% ao ano.

Portanto, pode-se observar que vale mais a pena investir em commodities em relação a taxa livre de risco, desde que seja com o patrimônio próprio, sem capital de investidores.

5.8. Cálculo Do WACC Para O Índice De Preços De Commodities De Metais

Equação de regressão linear, como foi utilizada antes no trabalho Equação (12) e será aplicada novamente agora com as variáveis explicadas:

$$R_J = R_F + \beta (R_M - R_F)$$

As variáveis envolvidas possuem seus próprios valores, a seguir:

RJ: Variável a ser calculada

RF: 2% ao ano (taxa de juros de setembro 2020)

β : Calculado para cada commodity selecionada (consulte a própria tabela)

RM: 2,95% ao ano (taxa média anual de retorno de ações)

Cálculo do retorno esperado do mercado e investidores, demonstrados nas tabelas

Tabela 10 Tabela 11 Tabela 12:

Tabela 10: Cálculo do retorno do capital próprio: preços de commodities de metais utilizando a taxa livre de risco brasileira.

Preços de commodities de metais	
β	0,770641526
RJ esperado pelo investidor (CAPM)	1,98%
Custo do Capital Próprio	3,33%

Tabela 11: Cálculo do retorno do capital próprio: preços de commodities de metais utilizando a taxa livre de risco estrangeira.

Preço de todas as commodities	
β	-2,47879
RJ esperado pelo investidor (CAPM)	3,95%
Custo do Capital Próprio	3,95%

Tabela 12: Cálculo do retorno do capital próprio: preços de todas as commodities utilizando a taxa livre de risco estrangeira.

Preços de commodities de metais	
β	-1,50444
RJ esperado pelo investidor (CAPM)	1,36%
Custo do Capital Próprio	2,96%

Conhecendo o retorno sobre o patrimônio líquido determinado a partir da aplicação do modelo CAPM, a taxa mínima de atratividade pode ser determinada pelo custo médio ponderado de capital (CMPC), cuja a fórmula já é conhecida na Equação (17):

Nas normas adotadas neste trabalho, é definido o montante de recursos que virão de recursos próprios e de terceiros. Conforme já mencionado, para definir o índice relativo ao capital de terceiros, foi realizada uma pesquisa de mercado.

No cálculo serão reservados os parâmetros de cálculo do CPMC relativos ao mercado de capitais, nomeadamente a TJLP (taxa de juro de longo prazo) mais os spreads bancários. Conforme já mencionado neste trabalho, a TJLP em setembro de 2020 era de 4,91% ao ano. O spread médio das diversas modalidades de financiamento disponíveis é de 7,6% ao ano, portanto o custo do capital de terceiros é de 12,51% ao ano, que é a TJLP mais o spread médio.

Conforme mencionado anteriormente, a escala de patrimônio líquido e de participação de terceiros foi estabelecida apenas para fins de aplicação do custo médio ponderado, que foi apresentada no primeiro estudo como sendo 70% de patrimônio líquido.

Portanto, no geral, obtemos na tabela 13:

Tabela 13: Lucro esperado CP, α , $1-\alpha$, CT, CMPC

	Lucro esperado (% ao ano)	Participação de capital particular (%)	Custo de capital de terceiros (% ao ano)	Participação de capital de terceiros (%)	Custo médio ponderado (% ao ano)
1	2,85%	70%	12,51%	30%	6,23 %
2	2,73%	70%	12,51%	30%	6,08%
3	2,96%	70%	6,02%	30%	3,92%
4	3,95%	70%	6,02%	30%	4,61%

- 1 - Todas As Commodities Utilizando A Taxa Livre De Risco Brasileira
- 2 - Commodities De Metais Utilizando A Taxa Livre De Risco Brasileira
- 3 - Todas As Commodities Utilizando A Taxa Livre De Risco Estrangeira
- 4 - Commodities De Metais Utilizando A Taxa Livre De Risco Estrangeira

Desta forma, considerando o modelo proposto, a taxa mínima de atratividade para os investidores será determinada pelo peso entre o capital próprio e o capital de terceiros, tendo em conta cada tipo de participação, que é representado pelo custo médio ponderado de capital. A escala de participação definida para cada fonte de capital indica a menor atratividade do método aqui desenvolvido.

Portanto, de acordo com o modelo desenvolvido, o retorno mínimo exigido pelos investidores são os ativos de commodities de metais utilizando a taxa livre de risco estrangeira, e o maior retorno exigido são os ativos de todas as commodities utilizando a taxa livre de risco brasileira.

Logo, essas são as taxas de juros de referência para o retorno sobre o patrimônio líquido de cada ativo selecionado, e seu valor é determinado com base na adaptabilidade do modelo CAPM proposto no trabalho atual para o mercado de commodities.

Vale ressaltar que, assim como o IBOVESPA é uma referência no mercado de capitais, ele se estabelece a partir de uma amostra representativa do mercado de capitais de produtos minerais também pode ser considerado uma referência.

Para qualquer análise de ativos minerais, não há necessidade de fazer parte de seus ativos. Ele também pode expandir sua meta e aumentar seu escopo.

5.9. Análise Comparativa Entre Custo Médio Ponderado de Capital E Reserva

Como apresentado, nos cálculos as taxas mudam drasticamente, e no mercado é bastante comum em projetos de viabilidade dessa natureza, utilizarem uma taxa padrão para que possam analisar o capital, então essa etapa é dedicada para avaliar em que interfere essas taxas na reserva.

Obteve-se 8 taxas anuais diferentes, ao longo do trabalho e seus respectivos valores de VPL, depois foi calculada a variação em percentual entre eles. Primeiro entre empresas com as taxas livre de risco brasileira e estrangeira, depois entre todas as commodities e as commodities de metais com as taxas de juros brasileiras, mais abaixo o mesmo raciocínio utilizando as taxas estrangeiras, em seguida foi utilizada a taxa anual padrão de 10% para analisar o VPL, bem como uma taxa anual mais elevada, para obter um valor de VPL negativo, de forma que possibilitou avaliar o impacto na reserva, como observado na tabela 14 abaixo:

Tabela 14: Planilha com o método de escolha do investimento, o custo médio resultante de cada análise, o VPL e a variação que acarreta ao utilizar cada taxa.

	TAXA ANUAL	NPV	VARIAÇÃO	RECEITA (\$)	
EMPRESAS	TLR BR	13,39%	\$ 63.923.992,81	-16,25%	5.417.479.753
	TLR EST	12,28%	\$ 76.331.654,57		5.417.479.753
COMMODITIES	CPI BR	6,23%	\$ 241.138.027,74	-3,54%	5.417.479.753
	CMP BR	6,08%	\$ 249.986.036,00		5.417.479.753
	CPI EST	3,92%	\$ 458.748.896,26	24,04%	5.417.479.753
	CMP EST	4,61%	\$ 369.851.587,46		5.417.479.753
	PADRÃO	10,00%	\$ 147.803.352,43		5.417.479.753
	NEGATIVO	31,00%	\$ -985.749,74		5.417.479.753

Onde:

TLR BR – Empresas utilizando a Taxa Livre de Risco Brasileira

TLR EST – Empresas utilizando a Taxa Livre de Risco Estrangeira

CPI BR - Todas As Commodities Utilizando A Taxa Livre De Risco Brasileira

CMP BR - Commodities De Metais Utilizando A Taxa Livre De Risco Brasileira

CPI EST - Todas As Commodities Utilizando A Taxa Livre De Risco Estrangeira

CMP EST - Commodities De Metais Utilizando A Taxa Livre De Risco Estrangeira

Com essa tabela, pode-se tirar diversas observações, como o quanto a taxa anual interfere no Valor Presente Líquido, chegando a variar de 2% a quase 30% nesse estudo,

o que permite comprovar que o VPL é uma comparação de retorno através dessa taxa, não podemos subestimar-la ou superestimá-la. Como apresentado na tabela, caso fosse utilizado o valor padrão para esse tipo de empreendimento o valor da reserva aumentaria em até 56% isso representaria \$83.879.359,62 o que supervalorizaria o empreendimento, talvez até o deixando viável dependendo de outras análises de custos.

É possível verificar a associação direta entre risco e retorno, quanto maior o risco maior o retorno, isso fica exemplificado na tabela onde a menor taxa de desconto de (3,92%) obtida com todas as commodities utilizando a taxa livre de risco brasileira gera o maior retorno, a taxa baixa implica em um desconto baixo, e um maior valor de VPL.

Outra observação importante é que a receita é independente do VPL, nos casos analisados ela não se altera, até mesmo quando a taxa utilizada deixou o VPL negativo, isso explica que mesmo com VPL negativo ainda seria possível obter receita, porém ocorre perdas em relação a outros empreendimentos.

6. CONCLUSÃO

A proposta inicial de adaptação do modelo CAPM (referência no mercado de capitais) ao mercado de empresas e commodities foi bem-sucedida.

Dados os riscos assumidos na lavra, tanto o mercado quanto os investidores têm expectativas de retorno. O histórico de restituições nem sempre pode ser usado como base para preços de entregas futuras.

Como apresentado, de acordo com o cenário econômico, com o que o investidor tem de opções de mercado e de ferramentas, foi possível determinar diferentes valores de custo de capital, isso ficou comprovado ao utilizar diferentes taxas livre de riscos, risco país, e o coeficiente beta que mede a variação dos ativos ao longo do tempo. O modelo CAPM leva em consideração essas taxas, para que possa garantir assim que os investidores meçam o nível de retorno e risco, estabelecendo assim um indicador de taxa de juros refletindo as seguintes combinações de risco, de modo que tenha capital próprio suficiente.

Dessa forma, neste trabalho fornece uma referência para analistas de investimento que estabeleceram modelos para precificar investimentos nesse setor da economia, onde é possível observar que o aumento dos valores de CAPM pode tornar um empreendimento viável ou inviável dependendo da ótica onde o investidor está inserido.

O CAPM é aplicado ao mercado de capitais, ele pode isolar um determinado número de ações e compará-lo com todo o mercado (no caso, o IBOVESPA ou S&P 500). No modelo aqui desenvolvido, os ativos podem ser isolados e comparados com o mercado. O modelo demonstra a diferença das penalidades entre os cenários brasileiro e estrangeiro, foi possível evidenciar com os resultados obtidos onde o custo ponderado do mercado brasileiro de 13,39% é bem mais elevado em relação ao custo visando o mercado estrangeiro, que é 12,28%, que gerou uma diferença de 16,25% na análise da reserva. Essa diferença se repetiu nas comparações de estudos das commodities.

O que leva a crer que é mais atrativo esses investimentos em mercado estrangeiro, isso reflete ao atual cenário em que estamos inseridos, onde não há tantos empreendimentos no nosso mercado.

Nas pesquisas realizadas, foi possível observar movimentos de órgãos responsáveis, que estão estudando formas para diminuir essas taxas, e conseqüentemente reduzir o risco país para haver menor discrepância nesses dados.

Ao estabelecer uma carteira teórica de investimento representativa do mercado de empresas e commodities, ficou estabelecido o benchmark para determinar o retorno de todo o mercado e medir a volatilidade dos ativos analisados a partir desse benchmark. O modelo pode ser usado para analisar quaisquer ativos e pode ser expandido de acordo com as necessidades dos investidores. No trabalho foi demonstrado as diferenças que acarretam nas escolhas de trabalhar com carteira visando os dois tipos de empreendimentos.

Ao apresentar os resultados finais (Cap. 5.12) ficou comprovado o grau de influência da taxa de juros anual sobre o valor presente líquido onde foi possível chegar a valores expressivos, o que permite o (profissional) provar que o VPL é uma comparação dos retornos obtidos por meio desse índice. Foi possível indicar também no caso do investimento em empresas, que a receita é um valor bruto da somatória de tudo o que a mina pode gerar, portanto, não se altera com as mudanças das taxas de desconto.

O custo médio ponderado de capital (CMPC) aqui definido, ou seja, a taxa mínima de atratividade do investidor, pode ser usado para orientar os investidores na tomada de decisões na aplicação de técnicas de análise de investimento, como valor presente líquido e taxas de juros internas. Restituições, termos de retorno com desconto, etc.

Conforme já mencionado, por se tratar de um método construído especificamente para o presente trabalho, pode ser aprimorado para ampliar sua amostra e prazo a ser considerado para adequação às necessidades dos analistas de investimentos.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ASSAF NETO, A.; LIMA, F. G.; ARAÚJO, A. M. P. DE. **Uma proposta metodológica para o cálculo do custo de capital no Brasil**. R. Adm., São Paulo, v.43, n.1, p.72-83, Acesso em: 20 out. 2020.
- CAFEO, Reinaldo. **Estimativa Do Custo Médio Ponderado De Capital Em Produtos Agrícolas**. 2011. Monografia (Doutorado em Agronomia) - UNESP, [S. l.], 2011. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/101927>. Acesso em: 18 set. 2020
- CAMARGO, Renata. Veja como o Valor Presente Líquido (VPL) ajuda na análise de viabilidade de um investimento. **Treasy**, [S. l.], p. 2-5, 29 jan. 2017. Disponível em: <https://www.treasy.com.br/blog/valor-presente-liquido-vpl/>. Acesso em: 12 nov. 2020.
- DAMODARAN, A. **Estimating Equity Risk Premiuns. Stern School of Business**. New York, 1999. Acesso em: 18 out. 2020.
- Determinando A Taxa Livre De Risco Para A Aplicação Do Capm No Mercado Brasileiro**. Revista científica do alto vale do Itajaí, [s. l.], 18 out. 2020. Disponível em: <https://www.periodicos.udesc.br/index.php/reavi/article/view/4091>. Acesso em: 20 out. 2020.
- DICK, Leandro. Custo de Capital. In: DICK, Leandro. **AVALIAÇÃO DE INVESTIMENTO NO SETOR DE MINERAÇÃO UTILIZANDO ANÁLISE POR OPÇÕES REAIS**. 2007. Monografia (Bacharel em Administração) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, [S. l.], 2007.
- Economática Treinamento Disponível em: <https://economática.com/support/manual/portugues/DCF/Introducao.html>. Acesso em: 28 set. 2020
- Estados Unidos - Prêmio de risco disponível em: <https://pt.countryeconomy.com/mercados/premio-risco/estados-unidos> Acesso em: 18 set. 2020.
- Hustrulid, W. A., & Kuchta, M. (2013). **Open Pit Mine Planning and Design**. (2° ed., IPEADATA disponível em: <http://www.ipeadata.gov.br/ExibeSerie.aspx?serid=40940&module=M>. Acesso em: 18 set. 2020.
- LEITE, Tiago. **COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE CÁLCULO DE CAVA FINAL: LERCHS GROSSMANN VS. SEQUENCIAMENTO DIRETO DE BLOCOS**. 2017. Monografia (Engenharia de Minas) - CEFET/MG, [S. l.], 2017. Disponível em: http://www.eng-minas.araxa.cefetmg.br/wp-content/uploads/sites/170/2018/05/Tiago_Mozart_FINAL1.pdf. Acesso em: 10 nov. 2020.

Mining Companies: Net Present Value Calculation Disponível em:
<http://www.thee11trader.com/2014/03/mining-companies-net-present-value.html>.
 Acesso em: 21 set. 2020

NPV Scheduler: Pit Optimisation & Strategic Scheduling. [S. l.], 17 out. 2018.
 Disponível em: https://www.dataminesoftware.com/solutions/npv-scheduler-open-pit-scheduling/#pll_switcher. Acesso em: 16 nov. 2020.

PAGLIUSO, Fabio. **Custo de Capital de Empresas Brasileiras: Como Calcular**.
 LinkedIn, [S. l.], p. 2-11, 7 abr. 2020. Disponível em:
<https://www.linkedin.com/pulse/custo-de-capital-empresas-brasileiras-como-calcular-fabio-pagliuso/?originalSubdomain=pt>. Acesso em: 18 set. 2020.

PESSOA, Gerisval. **AValiação de Projetos de Mineração Utilizando a Teoria das Opções Reais em Tempo Discreto - Um Estudo de Caso em Mineração de Ferro**. 2006. Dissertação (Administração Pública E De Empresas Mestre) - Fundação Getulio Vargas, [S. L.], 2006.

Projeção de alta do crédito bancário em 2020 passa de 4,8% para 7,6%, diz BC.
 SeuDinheiro, [S. l.], p. 2, 4 jun. 2020. Disponível em:
<https://www.seudinheiro.com/2020/economia/projecao-de-alta-do-credito-bancario-em-2020-passa-de-48-para-76-diz-bc/>. Acesso em: 21 set. 2020.

REIS, Tiago. Taxa de desconto: entenda como funciona esse tipo de cálculo. *In: Taxa de desconto: entenda como funciona esse tipo de cálculo*. [S. l.], 10 set. 2019.
 Disponível em: <https://www.sunoresearch.com.br/artigos/taxa-de-desconto/>. Acesso em: 7 out. 2020.

SHARPE, W. F. **Capital Asset Market Prices: A Theory of Market Equilibrium Under Conditions of Risk**. The Journal of Finance, v. 19, n. 3, 1964. Acesso em: 18 out. 2020.

SOUZA, F. R. (2016). **Sequenciamento Direto de Blocos: Impactos, Limitações e Benefícios operacionais ao Planejamento de lavra**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Minas- Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

Taxa de Juros de Longo Prazo - TJLP Disponível em:
<https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/guia/custos-financeiros/taxa-juros-longo-prazo-tjlp> Acesso em: 21 set. 2020

TOBIN, J. **Liquidity Preference as Behavior Toward Risk**. *Review of Economics Studies*. Fev, 1958. Acesso em: 18 out. 2020.

Vol. 1). Londres: FUNDAMENTALS.

YAMAMOTO, JORGE; ROCHA, MARCELO. REVISÃO E RECOMENDAÇÕES PARA O CALCULO E CLASSIFICAÇÃO DE RESERVAS MINERAIS. *Revista Brasileira de Geociências*, [s. l.], dez. 1996.

30 Year Treasury Rate disponível em:
https://ycharts.com/indicators/30_year_treasury_rate. Acesso em: 18 set. 2020.

