



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

TIAGO ALVES COIMBRA

Decisões de investimentos em empresas mineradoras: um estudo de caso

Belo Horizonte
2019



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

TIAGO ALVES COIMBRA

Decisões de investimentos em empresas mineradoras: um estudo de caso

Monografia apresentada ao curso de pós-graduação em Gestão Estratégica e Finanças Empresariais da Universidade Federal de Minas Gerais.

Orientador: Prof. Ewerton Alex Avelar

Belo Horizonte
2019



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS



Universidade Federal de Minas Gerais
Faculdade de Ciências Econômicas
Departamento de Ciências Administrativas
Centro de Pós-Graduação e Pesquisas em Administração
Curso de Especialização em Gestão Estratégica

ATA DA DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO do Senhor **TIAGO ALVES COIMBRA**, REGISTRO Nº **2018705240**. No dia 16/12/2019 às 15:30 horas, reuniu-se na Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, a Comissão Examinadora de Trabalho de Conclusão de Curso - TCC, indicada pela Coordenação do Curso de Especialização em Gestão Estratégica - CEGE, para julgar o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado "**DECISÕES DE INVESTIMENTOS EM EMPRESAS MINERADORAS: UM ESTUDO DE CASO**", requisito para a obtenção do **Título de Especialista**. Abrindo a sessão, o orientador e Presidente da Comissão, Professor Ewerton Alex Avelar, após dar conhecimento aos presentes do teor das Normas Regulamentares de apresentação do TCC, passou a palavra ao aluno para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos examinadores, seguido das respostas do aluno. Logo após, a Comissão se reuniu sem a presença do aluno e do público, para avaliação do TCC, que foi considerado:

() APROVADO

APROVAÇÃO CONDICIONADA A SATISFAÇÃO DAS EXIGÊNCIAS CONSTANTES NO VERSO DESTA FOLHA, NO PRAZO FIXADO PELA BANCA EXAMINADORA - PRAZO MÁXIMO DE 60 (SESSENTA) DIAS

() NÃO APROVADO

90 pontos (noventa) trabalhos com nota maior ou igual a 60 serão considerados aprovados.

O resultado final foi comunicado publicamente ao aluno pelo orientador e Presidente da Comissão. Nada mais havendo a tratar, o Senhor Presidente encerrou a reunião e lavrou a presente ATA, que será assinada por todos os membros participantes da Comissão Examinadora. Belo Horizonte, 16/12/2019.

Prof. Ewerton Alex Avelar
(Orientador)

Prof. Antônio Artur de Souza






UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS



Universidade Federal de Minas Gerais
Faculdade de Ciências Econômicas
Departamento de Ciências Administrativas
Centro de Pós-Graduação e Pesquisas em Administração
Curso de Especialização em Gestão Estratégica

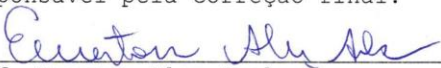
MODIFICAÇÃO EM TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Modificações exigidas no TCC do aluno **TIAGO ALVES COIMBRA**, número de matrícula **2018705240**.

Modificações solicitadas:

- Aprimorar objetivos
- Colocar estimativas de custos não considerados.
- Explicar as tabelas no texto.
- Fazer relação com as equações da análise literária
- Fazer relações entre as fontes de dados e as tabelas

O prazo para entrega do TCC contemplando as alterações determinadas pela comissão é de no máximo 60 dias, sendo o orientador responsável pela correção final.


Prof. Ewerton Alex Avelar
(Orientador)


Assinatura do aluno: **TIAGO ALVES COIMBRA**

Atesto que as alterações exigidas Foram Cumpridas
() Não foram cumpridas

Belo Horizonte, 24 de Janeiro de 2020

Professor Orientador


Assinatura



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

RESUMO

O setor de mineração no cenário nacional apresenta um alto nível de competitividade, no qual as empresas cada vez mais precisam buscar melhorias contínuas. Devido a isso, a análise de investimento é muito importante. Trata-se de um conjunto de técnicas que apoiam na tomada de decisões na implantação de novos projetos. Diante do exposto, este trabalho apresenta um estudo qualitativo que se baseia na comparação entre um acionamento antigo do moinho de bolas por meio de motor de indução (assíncrono) e o acionamento novo do mesmo equipamento com motor síncrono. Trata-se de um projeto de expansão da empresa mineradora vislumbrando o aumento de produção mineral. Dessa forma o objetivo do estudo foi analisar a viabilidade econômico-financeira da implantação de um motor síncrono em uma empresa mineradora, evidenciando os impactos em seus resultados operacionais. Para tanto, utilizaram-se ferramentas de fluxo de caixa e de análise de investimento, analisando payback, valor presente líquido (VPL) e taxa interna de retorno (TIR). Os resultados obtidos por meio do estudo de caso apresentado demonstraram que a tomada de decisão da aquisição de um motor síncrono foi assertiva. Todos os cálculos foram baseados em características de funcionamento dos equipamentos, ciclo operacional da usina de concentração magnética e dados coletado dentro da empresa.

Palavras-chave: Setor de mineração; Decisões de investimento; Motor de acionamento.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

ABSTRACT

The mining sector on the national scene has a high level of competitiveness where companies increasingly need to be looking for continuous improvement. Because of this, investment analysis is very important. It is a set of techniques that support decision making in the implementation of new projects. Given the above, this paper presents a qualitative study based on the comparison between an old induction motor ball mill drive (asynchronous) and the new drive of the same synchronous motor equipment in a mining company expansion project envisaging the increase in mineral production, thus our objective is to analyze the implementation of this project using cash flow and investment analysis tools, showing the final results of Payback, NPV (Net Present Value) and IRR (return) obtained in a clear and objective manner respecting the limitations of the research

Keywords: Company; investment; Triggering.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Moinho de bolas.....	19
Figura 2 - Acionamento com motor síncrono acoplado diretamente	21
Figura 3 – Fluxo de potências com motor de indução instalado.....	23
Figura 4 - Fluxo de potência com motor síncrono instalado	24
Figura 5 - Fluxo das perdas no motor	25
Figura 6 – Fluxo do processo de moagem	28
Figura 7 – Ciclone	30



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Especificação de moinho de bolas	19
Tabela 2 – Moinho de bolas Instalado.....	20
Tabela 3 – Motor Síncrono especificado (Dados de placa do motor).....	22
Tabela 4 - Custo dos ativos.....	37
Tabela 5 – Custo da instalação	37
Tabela 6 - Valores das tarifas.....	39
Tabela 7 - Características do motor síncrono.....	39
Tabela 8 - Cálculo de potência do motor síncrono	40
Tabela 9 - Valor pago pelo consumo de energia anual.....	40
Tabela 10 – Gastos com manutenção.....	41
Tabela 11 – Custos Operacionais	42
Tabela 12 – Produção Moinho Novo	45
Tabela 13 – Produção Moinho Antigo	46
Tabela 14 – Desempenho financeiro Moinho de bolas novo.....	47
Tabela 15 – Desempenho financeiro Moinho de bolas antigo.....	48
Tabela 16 – Fluxo de caixa comparativo	49
Tabela 17 – Retorno Taxa Selic.....	51
Tabela 18 – VPL.....	53
Tabela 19 – TIR.....	54
Tabela 20 – Produção Moinho Novo – Estudo comparativo	54
Tabela 21 – Produção Moinho Antigo – Estudo comparativo.....	55
Tabela 22 – Fluxo de caixa comparativo	56
Tabela 23 – VPL estudo comparativo	57
Tabela 24 – TIR estudo comparativo	57



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

LISTA DE EQUAÇÃO

Equação 1 – Cálculo do Fator de potência	24
Equação 2 – Cálculo do rendimento	25
Equação 3 – Cálculo Potência aparente de entrada (SE)	26
Equação 4 - Cálculo Potência ativa de entrada (PE)	26
Equação 5 - Cálculo Potência reativa de entrada (QE)	26
Equação 6 – Cálculo de Perdas Elétricas internas.....	26
Equação 7 – Cálculo do consumo de energia elétrica	26
Equação 8 – Média amostral.....	43
Equação 9 – Produto Overflow t/h.....	44
Equação 10 – Produto gerado t/h.....	44
Equação 11 – Produto gerado R\$/h	45
Equação 12 – Horas de operação.....	45
Equação 13 – Resultado Bruto.....	45
Equação 14 – Resultado Líquido.....	45
Equação 15 – Resultado Operacional.....	47
Equação 16 – Fluxo de caixa	49
Equação 17 – Cálculo VPL.....	53



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Preço do Minério de Ferro x PIB da China	43
Gráfico 2 – Preço do Minério de Ferro	44
Gráfico 3 – Gráfico de variação da Taxa Selic	51



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVO GERAL	14
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
1.3 JUSTIFICATIVAS	14
2. REVISÃO DA LITERATURA	17
2.1 EQUIPAMENTOS	18
2.1.1 <i>Moinho de bolas</i>	18
2.1.2 <i>Características de operação do motor síncrono</i>	23
2.1.3 <i>Correção do fator de potência</i>	24
2.1.4 <i>Perdas elétricas</i>	25
2.1.5 <i>Potência e manutenção do equipamento</i>	25
2.2 PROCESSO DA MOAGEM	27
2.2.1 <i>Circuito do processo de moagem</i>	27
2.2.2 <i>Perdas por empilhamento</i>	28
2.2.3 <i>Ciclone</i>	29
2.2.4 <i>Taxa de recuperação da concentração magnética</i>	30
2.3 METÓDO DE ANÁLISE DE INVESTIMENTO	31
3. METODOLOGIA	35
4. ESTUDO DE CASO	37
4.1 INVESTIMENTO INICIAL	37
4.2 INSUMOS	38
4.2.1 <i>Consumo de energia</i>	38
4.2.2 <i>Manutenção</i>	41
4.3 PRODUÇÃO	41
4.3.1 <i>Custo operacional</i>	41
4.3.2 <i>Preço do minério de Ferro refinado 62% Fe CFR Futuros</i>	42
4.3.3 <i>Produção moinho novo</i>	44
4.3.4 <i>Produção do moinho antigo</i>	45
4.4 ANÁLISE FINANCEIRA	46
4.4.1 <i>Desempenho financeiro do moinho de bolas novo com acionamento</i>	



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

<i>motor síncrono</i>	46
4.4.2 <i>Desempenho financeiro do moinho de bolas antigo com acionamento motor de indução.</i>	48
4.4.3 <i>Fluxo de caixa comparativo</i>	48
4.4.4 <i>Payback</i>	49
4.4.5 <i>Valor presente líquido (VPL)</i>	50
4.4.6 <i>Taxa interna de retorno</i>	53
4.4.7 <i>Estudo comparativo</i>	54
4.4.8 <i>Fluxo de caixa estudo comparativo</i>	56
4.5 ANÁLISE FINANCEIRA DO ESTUDO COMPARATIVO	56
4.5.1 <i>Payback</i>	56
4.5.2 <i>Valor presente líquido</i>	56
4.5.3 <i>Taxa interna de retorno</i>	57
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	58
REFERÊNCIAS	60
ANEXOS	63
ANEXO A – TABELA DE DEPRECIAÇÃO DA RECEITA FEDERAL	63

1. INTRODUÇÃO

A análise de investimentos é habitualmente referida como um conjunto de técnicas que apoia a tomada de decisões quanto à implementação de um investimento, a partir da determinação da relação de grandeza entre os respectivos custos e benefícios esperados (SOARES et al., 2015). Cada alternativa apresentada possui benefícios e custos, que devem ser comparadas pelo administrador financeiro, que, além do seu envolvimento permanente com análise e planejamento financeiro, tem que ter uma visão sistêmica de todo o processo, buscando sempre a maximização de riqueza para os acionista e redução do risco do investimento (GITMAN, 2005).

Em empresas de mineração, onde a grande maioria das implantações de projetos no setor operacional possuem um alto custo de investimento inicial devido à robustez dos equipamentos da produção (WEG, 2015), a análise de investimento deve ser bem criteriosa. Ela deve levar em consideração algumas variáveis, tais como: vida útil econômica do projeto, valor do desembolso inicial, geração de caixa, retorno esperado, etc (GITMAN, 2005).

Entre os equipamentos de uma usina de beneficiamento de minério de ferro, o moinho de bolas o qual apresenta um alto custo de aquisição e implantação, é responsável por separar o mineral de interesse e diminuir a granulometria do material (CHAVES et al. 2003). A sua implantação tem o objetivo de aumentar a produção. No entanto, é uma máquina que apresenta grande consumo energético dentro da planta de beneficiamento, pois demanda uma alta potência elétrica para realizar o movimento rotacional de quebra das partículas de minério de ferro (CHAVES et al. 2003), além de custos consideráveis com manutenções preventivas e corretivas que influenciam diretamente na produtividade devido às horas de paradas (WEG, 2015).

No que se refere ao acionamento desse tipo de equipamento, em geral, são utilizados motores de indução trifásicos (assíncronos), devido a sua robustez, e simplicidade construtiva e operacional. Porém, em moinhos que demandam elevadas potências para acionamento, o motor síncrono pode se tornar mais viável em longo prazo, devido aos benefícios apresentados pelas suas características construtivas operacionais (WEG, 2015). Todavia, as máquinas síncronas apresentam custos de aquisição e de instalação elevados.

Diante do exposto, o intuito da pesquisa apresentada neste trabalho foi analisar a viabilidade econômico-financeira da implantação de um motor síncrono em uma empresa mineradora, evidenciando os impactos em seus resultados operacionais. Nesse sentido, o problema de pesquisa pode ser enunciado a partir da seguinte questão: “Qual a influência da implementação de um motor síncrono no acionamento do moinho de bolas no resultado operacional de uma empresa do setor de mineração?”.

1.1 OBJETIVO GERAL

Demonstrar o efeito do uso de um motor síncrono sobre o resultado operacional de uma empresa do setor de mineração.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar os valores de investimento na implantação do motor síncrono no acionamento do moinho de bolas da empresa estudada;
- Mensurar os benefícios líquidos operacionais apresentados pela máquina;
- Comparar os indicadores de produtividade do moinho, com a outra máquina que não possui o acionamento por meio de motor síncrono; e
- Estimar o resultado dessa decisão de investimento.

1.3 JUSTIFICATIVAS

A indústria mineral brasileira registrou ao longo da década passada um crescimento vigoroso graças a fatores como as profundas mudanças socioeconômicas e de infraestrutura que o País vivenciou. Muito embora a atividade mineral tenha sofrido redução em suas expectativas em razão da crise internacional (INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO – IBRAM, 2012).

Desde a crise no setor mineral que atingiu o Brasil no início do ano de 2014, o preço do Minério de Ferro refinado 62% Fe CFR Futuros atingiu patamares na casa

dos U\$39,90 dólares por tonelada no final de 2015, devido à grande oferta no mercado e a retração na economia da China com seu produto interno bruto (PIB) anual saindo de 7,4% para 6,8%. Com o crescimento menor que o esperado na China, a demanda por *commodities* (petróleo, minério de ferro, soja, açúcar) no mundo caiu e isso afetou todos os países, especialmente o Brasil, que tem o país asiático como principal destino da sua produção mineral (ALVARENGA; LAPORTA, 2015).

Esses valores vêm se recuperando pós essa recessão, atingindo em 2019 o valor de mais de U\$100,00 dólares por tonelada. O minério de ferro protagonizou uma impressionante recuperação já que as interrupções do fornecimento no Brasil e na Austrália, os principais exportadores, geraram previsões de déficit no mercado transoceânico. Ao mesmo tempo, as siderúrgicas chinesas vêm produzindo quantidades recordes de aço, sustentando as expectativas de uma forte demanda de importação (INFOMONEY, 2019).

O Brasil é o segundo maior produtor de Minério de Ferro do mundial. Levando em consideração o teor do mineral produzido, os três maiores produtores foram a China com 1,33 bilhão de toneladas, a Austrália com 480 milhões de toneladas e o Brasil com 390 milhões de toneladas. No entanto, quando se leva em conta o teor médio do Minério de Ferro chinês, a produção daquele país pode ser considerada de 380 milhões de toneladas, comparativamente com o Minério de Ferro de Austrália e do Brasil (IBRAM, 2012).

Visualizando uma balança comercial interna, o minério de ferro representa valores expressivos dentro do nosso mercado mineral. Com relação à produção comercializada, 71,42% de todo o valor financeiro comercializado e representado pelo minério de Ferro, no qual Minas Gerais representa 42,15%, com relação a produção, em 2017, foram produzidas 453,7 milhões de toneladas de minério de ferros com teor médio de 63,72% Fe. Já o segundo mineral mais produzido foi o Alumínio com 36,3 milhões de toneladas, ou seja, o minério de ferro possui uma representação considerável dentro da economia brasileira (DNPN, 2019).

O setor mineral brasileiro provisionou investimentos aplicados na expansão da produção das minerados de US\$ 75 bilhões no período de 2012/2016, é um dos setores privados que mais investem no país, cerca de US\$15 bilhões por ano. Estes investimentos contemplam um grande número de minérios, sendo o minério de ferro o principal dele, alvo de 63% desse total. O mercado mundial tende a manter uma

dependência das exportações de minério de ferro brasileiros, pois possui um *market share* de 40%, tendo como principal comprador o mercado chinês, que representa 45,78% da nossa exportação, mesmo com essa participação alta no mercado, a mineração apresenta tendência cíclicas oscilando seu preço (IBRAM, 2012).

Pode-se dizer que a indústria mineral possui vários termômetros dentro da economia, baseando-se principalmente na demanda do mercado chinês. É um ambiente com altos investimentos, bastante competitivo e as decisões estratégicas de investimentos na expansão devem cada vez mais ser assertivas, as empresas buscam aumentar a produção com menor custo e alta qualidade. Dessa forma, a análise de investimento criteriosa se faz muito importante, sendo assim o desafio do gestor dentro de uma indústria consiste em tomar decisões no setor operacional, visando a eficiência da produtividade, prevendo suas consequências ao longo do tempo de vida útil do projeto (MENEZES, 2009).

2. REVISÃO DA LITERATURA

No exercício de sua profissão, os engenheiros e técnicos da área econômico-financeira frequentemente deparam com a escolha de alternativas que envolvem estudos econômicos. Não raramente, a escolha é feita sem que o custo do capital empregado seja considerado adequadamente. Salienta-se que somente um estudo econômico pode confirmar a viabilidade de projetos tecnicamente adequados (CASAROTTO; NELSON, 2010).

Quando se trata de projeto de implantação, a tarefa de gerenciar os custos, engloba, além do minucioso processo de planejamento e definições, a escolha de bons orçamentos que tragam valor agregado ao processo, e ainda o controle de tais recursos, de forma a cumprir com aquilo que foi definido inicialmente. Uma vez que os projetos usualmente têm suas entregas a serem realizadas após o período de implantação, deve-se acompanhar indicadores de produtividade do setor (NAKANO, 2012).

Dentro de uma usina de beneficiamento mineral, a operação de moagem, devido ao seu elevado gasto energético, tem sido alvo de grandes estudos e desenvolvimentos, com a finalidade de se otimizar este processo, aumentando sua eficiência, e conseqüentemente, reduzindo os custos operacionais, de implantação e de manutenção. Dentre os moinhos mais utilizados em plantas de beneficiamento mineral atualmente, podemos destacar o moinho de bolas. Desse modo, é de extrema importância o conhecimento de suas características construtivas e operacionais, bem como os métodos de dimensionamento dos moinhos, para a seleção do melhor equipamento a ser utilizado na usina de beneficiamento (OLIVEIRA, 2012).

Partindo do pressuposto de que o moinho de bolas possui um grande consumo energético para realizar a operação de moagem, faz-se necessária a análise de investimento do acionamento a ser implantado nesse tipo de carga, comparando o motor de indução mais comumente utilizado em indústrias devido a sua simplicidade e a robustez de operação com o motor síncrono. No entanto, a aplicação dos motores síncronos na indústria, na maioria das vezes, resulta em vantagens econômicas e operacionais consideráveis ao usuário devido a suas características de funcionamento (WEG, 2015).

Segundo Weg (2015), dentre as vantagens econômicas da utilização dos motores síncronos, as principais são o alto rendimento, a possibilidade de auxiliar na correção do fator de potência da rede assim como características de partida especiais, velocidade constante sob variação de carga e manutenção reduzida. Portanto para a devida avaliação da implantação do projeto descrito neste trabalho, deve-se ter conhecimento das características técnicas dos equipamentos implantados, fluxo operacional da planta de moagem e as ferramentas de análise de investimento consideradas para o estudo.

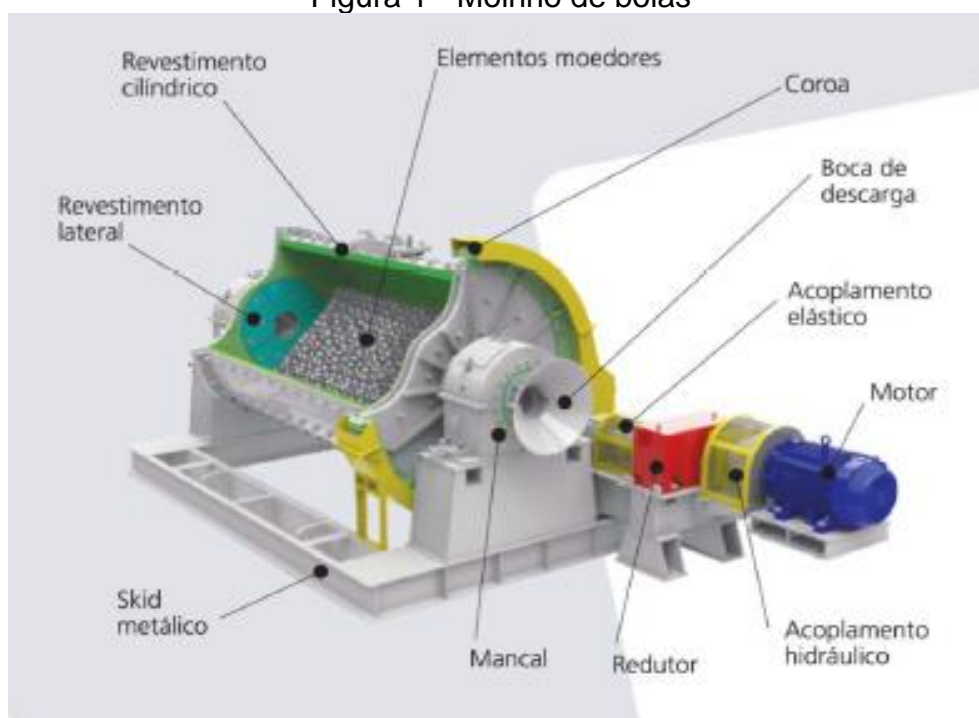
2.1 EQUIPAMENTOS

A especificação e o dimensionamento dos equipamentos necessários à moagem do minério de ferro foram realizados a partir da definição do moinho de bolas existente no processo de mineração da indústria, objeto do estudo de caso. O dimensionamento e a especificação corretos de materiais, equipamentos e dispositivos constituem fatores determinantes de desenvolvimento de uma instalação elétrica industrial (MAMEDE, 2003).

2.1.1 Moinho de bolas

A correta especificação do moinho de bolas é essencial para obter o resultado desejado, aumentando-se a eficiência do processo e reduzindo os custos operacionais. A Figura 1 apresenta as partes construtivas do moinho de bolas, dentre as quais o motor que aciona essa máquina, a qual é o objetivo de estudo deste trabalho.

Figura 1 - Moinho de bolas



Fonte: FURLAN (2012).

O critério utilizado para especificar um tipo de moinho considera a taxa de alimentação e a produtividade desejada com ele. A Tabela 1 apresenta especificação de diversos tipos de modelos de moinhos, aplicáveis de acordo com o processo existente numa usina de beneficiamento. Essa tabela é fornecida pelo fabricante do equipamento com o intuito de facilitar a especificação dos aspectos construtivos do moinho de bolas.

Tabela 1 - Especificação de moinho de bolas

Denominação	Unidade de medida	Modelos		
		6595C	110200	200550
Diâmetro útil do cilindro	mm	600	1085	1910
Comprimento útil do cilindro	mm	900	2008	5370
Número de dentes do pinhão	Nº	25	19	19
Diâmetro externo do pinhão	mm	216	252	378
Número de dentes da coroa	Nº	110	120	144
Diâmetro externo da coroa	mm	896	1464	2592
Rotação do moinho	rpm	41,5	30	22
Potência do motor	cv	7,5	40	400

Fonte: FURLAN (2012).

Conforme o processo de beneficiamento mineral da indústria de mineração objeto do estudo, a especificação do moinho de bolas existente na empresa estudada, é apresentado na Tabela 2, conforme dados extraídos da Tabela 1.

Tabela 2 – Moinho de bolas Instalado

Fabricante	FURLAN
Modelo	200550
Rotação moinho (RPM)	22
Potência do motor (CV)	400
Capacidade produção t/h	150

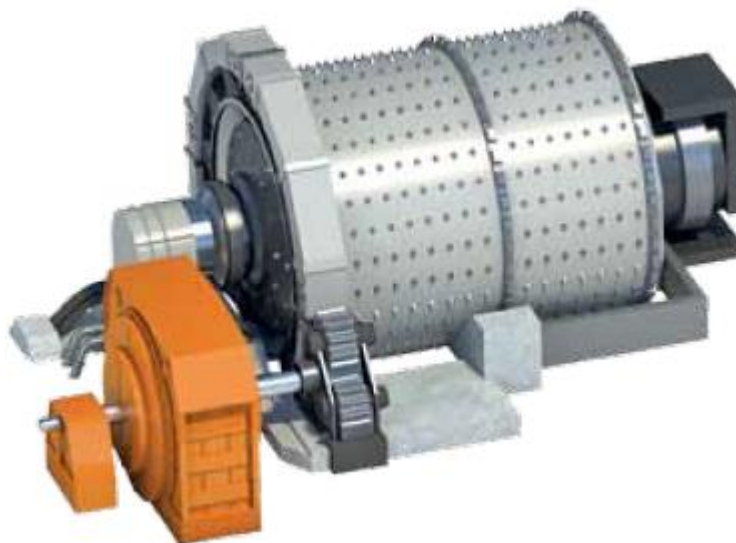
Fonte: FURLAN (2012).

As aplicações dos motores síncronos na indústria, na maioria das vezes, resultam em vantagens econômicas e operacionais consideráveis ao usuário devido as suas características de funcionamento (WEG, 2015), correção do fator de potência, torques elevados na partida e baixa corrente de partida, a velocidade constante na variação de carga e baixos custos operacionais e de manutenção (FITZGERALD, 2006).

Para realizar o acionamento do moinho de bolas, utilizando motor síncrono, faz-se necessário a especificação do motor com baixa rotação nominal, uma vez que o mesmo pode ser acoplado diretamente na coroa do moinho diminuindo as perdas mecânicas. Além disso, não há a necessidade da instalação de unidades capacitivas para realizar correção do fator de potência, já que ele poderá operar sobrecitado e realizar a correção do fator de potência do barramento principal da empresa.

A Figura 2, demonstra um acionamento do moinho de bolas com o motor síncrono acoplado diretamente no pinhão que, por sua vez, acopla com a coroa do moinho, reduzindo assim as perdas proporcionadas por um redutor de velocidade. Esse fato representa um ganho financeiro para a indústria.

Figura 2 - Acionamento com motor síncrono acoplado diretamente



Fonte: WEG. Soluções para mineração (2015).

2.1.1.1 Motor síncrono trifásico.

Em certas aplicações, devido a algumas características particulares do processo produtivo, os motores síncronos estão sendo utilizados com maior frequência pelas indústrias. Torque e velocidade constante em diversas condições de variação de carga, alto rendimento, baixo custo de manutenção e o fato de operarem como compensadores síncronos, auxiliando na correção do fator de potência da rede, podem ser citados como os principais benefícios da escolha dos motores síncronos para acionamento de diversos tipos de cargas (GE-GEVISA, 2010)

O princípio de funcionamento da máquina síncrona baseia-se na interação dos campos magnéticos de armadura e campo, ou seja, o campo magnético girante produzido no estator (em corrente alternada) interage com o campo fixo rotacional produzido no enrolamento do rotor (em corrente contínua). Os dois campos giram à mesma velocidade angular, razão pela qual esse motor possui essa denominação (WEG, 2015).

A sua especificação foi feita observando a potência necessária para acionar o moinho de bolas e a velocidade nominal de rotação, uma vez que os motores síncronos podem ser projetados com grandes números de polos salientes e diminuem a sua velocidade de rotação, com objetivo de se eliminar a aplicação do

moto-reductor e as perdas elétricas do sistema. A Tabela 3, demonstra a especificação do motor síncrono conforme a necessidade de acionamento do moinho e seus dados foram coletados da placa do motor.

Tabela 3 – Motor Síncrono especificado (Dados de placa do motor)

Fabricante		WEG
Tensão nominal V		440
Corrente nominal (A)		468
Polos		40
Potência	HP (cv)	400
Rotação nominal (RPM)		180
Rendimento		0,959
Excitação		Brushless

Fonte: WEG, (2015).

2.1.1.2 Equipamentos auxiliares para o acionamento do motor

Para realizar a partida do motor é necessário equipamentos auxiliares instalados dentro de um Centro de Controle de Motores (CCM). Um circuito elétrico só está adequadamente protegido contra as sobrecargas quando todos os seus elementos, tais como condutores, chaves e outros, estiverem com as suas capacidades térmicas e dinâmicas iguais ou inferiores aos valores limitados pelos dispositivos de proteção correspondentes (MAMEDE, 2003).

No motor síncrono, devido à sua especificação construtiva com enrolamento amortecedor, não se faz necessário, equipamentos que suavizem a corrente de partida do motor, uma vez que, o enrolamento amortecedor é dimensionado para que a corrente de partida seja de três vezes a corrente nominal do motor (WEG, 2015).

Porém, devido ao valor aquisitivo do motor ser alto em relação ao valor de aquisição da proteção, utiliza-se uma chave de partida estática. A chave estática (*soft starter*) geralmente empregada para proporcionar partida suave do motor, também possibilita enumeras proteções para a máquina acionada, dentre elas, proteção contra falta de fase no motor, sobrecarga e subcorrente (MAMEDE, 2003).

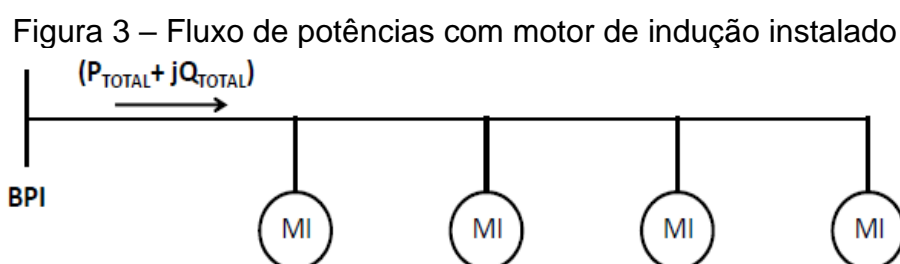
Completando o acionamento com a chave de partida estática, instala-se em paralelo uma chave magnética trifásica, que mantém o motor funcionando durante o

seu período de regime e também possibilita a injeção de potência reativa no barramento principal da instalação elétrica da usina.

Para auxiliar na proteção e manobra do circuito, instala-se um relé de proteção de sobrecarga na saída da chave magnética trifásica, que realiza a proteção elétrica da máquina no período de regime e como chave de manobra e proteção de curto circuito se faz necessário a implantação da chave seccionadora rotativa porta fusível trifásica

2.1.2 Características de operação do motor síncrono

O motor elétrico é uma máquina que transforma energia elétrica em energia mecânica de utilização (MAMEDE, 2003). Motores trifásicos são alimentados por um sistema elétrico trifásicos, em que as tensões de alimentação estão defasadas de 120° graus entre si para geração do campo magnético girante no estator. Adicionalmente, o motor síncrono possui alimentação do enrolamento de campo em corrente contínua. Para o seu funcionamento, o motor necessita absorver da rede potência ativa e potência reativa, conforme mostrado na Figura 3, onde BPI significa barramento de potência infinita, ou seja, o barramento principal.



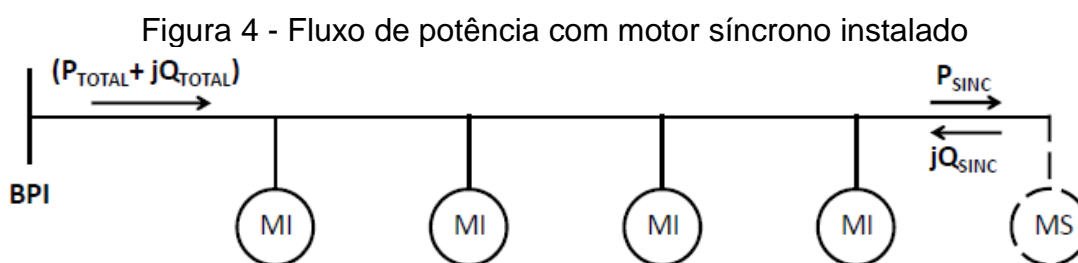
Fonte: Werneck (2011).

A potência ativa é a qual realiza trabalho útil, e a potência reativa é absorvida para manutenção do fluxo magnético no interior da máquina. Os equipamentos utilizados em uma instalação industrial, por exemplo, motores, são consumidores parciais de potência reativa indutiva e que não produzem nenhum trabalho útil. A energia reativa indutiva apenas é responsável pela formação de campo magnético dos referidos equipamentos (MAMEDE, 2003).

Entretanto, o motor síncrono apresenta como característica de operação tendo a possibilidade de injetar potência reativa na rede, devido ao controle da

corrente de excitação do rotor. Quando o motor opera injetando potência reativa na rede, ele está com característica de operação sobreexcitada, que corresponde à condição de que todas as suas necessidades de reativos internos estão sendo supridas por meio da regulação da corrente de campo e o excesso está sendo transferido para a rede (FITZGERALD, 2006).

A Figura 4 mostra um motor síncrono implantado dentro de uma indústria em paralelo a outros motores de indução funcionando com características de sobreexcitação, onde P_{total} significa a potência ativa e jQ_{total} a potência reativa indutiva.



Fonte: Werneck (2011).

2.1.3 Correção do fator de potência

A demanda contratada e ou a registrada remunera a demanda ativa, então falta identificar a potência reativa, para que ela também possa ser faturada. Utiliza-se o fator de potência (FP), índice que indica a relação entre a potência ativa ou útil e a potência aparente, conforme Equação 1.

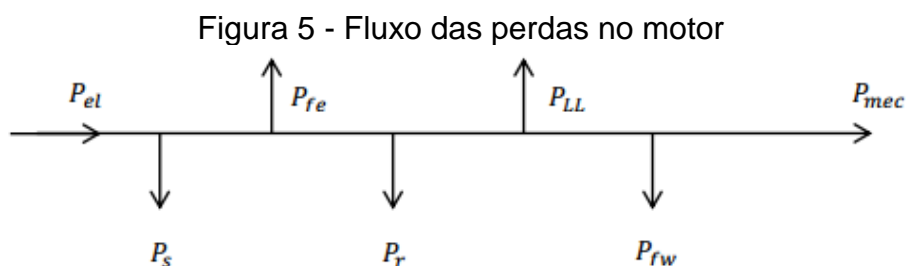
Equação 1 – Cálculo do Fator de potência

$$FP = \frac{\text{Potência Ativa (W)}}{\text{Potência Aparente (VA)}}$$

Assim, por exemplo, se em uma instalação, em uma determinada hora, registrou-se um fator de potência de 0,80, isso indica que 80% da potência recebida foi ativa e 20% foi reativa. O FP de referência é regulamentado por legislação específica e atualmente é permitido o limite mínimo de 0,92, isto quer dizer o até 8% da potência aparente total fornecida pela concessionária pode ser utilizada pela empresa como suprimento das suas necessidades de reativo sem ser multado (CEMIG, 2016).

2.1.4 Perdas elétricas

Todas as máquinas elétricas possuem perdas elétricas internas, ou seja, o motor absorve da rede mais potência do que está na ponta do eixo para ser transformada em potência mecânica (WERNECK, 2011). Conforme demonstrado na Figura 5, parte da potência absorvida do sistema elétrico é dissipada nas perdas existentes no interior da máquina, que resulta numa potência mecânica final sendo aplicada na carga. Na referida figura, podem ser destacadas as seguintes perdas: (a) Perdas por atrito e ventilação (P_{fw}); (b) Perdas ôhmicas nos enrolamentos (P_s e P_r); (c) Perdas no ferro (P_{fe}); e Perdas adicionais (P_{LL}). Essa relação se dá pelo rendimento da máquina, definida pela Equação 2.



Fonte: Werneck (2011).

Equação 2 – Cálculo do rendimento

$$\text{Rend. (\%)} = \frac{\text{Potência de entrada} - \text{Perdas elétricas}}{\text{Potência de entrada}}$$

2.1.5 Potência e manutenção do equipamento.

A estimativa de consumo de energia elétrica é baseada na operação do motor com 100% de carregamento acoplado ao eixo e levando em consideração o fator de disponibilidade da usina de concentração magnética. Todo projeto de uma instalação elétrica deve buscar a eficiência operacional. No entanto, essa eficiência deve ser medida de forma a se encontrar justificativas econômicas para a sua implementação (MAMEDE, 2003).

As Equação 3, Equação 4 e Equação 5 são utilizadas para a estimativa do consumo de potência aparente, ativa e reativa respectivamente. E nesses cálculos são abordadas as perdas de potência interna na máquina através da Equação 6.

A Equação 7 representa o cálculo da energia consumida durante o funcionamento do motor, essa equação leva em consideração a potência aparente de entrada (SE), o tempo que o equipamento está funcionando e o valor do Kw/h pago para a concessionária de energia considerando os horário de ponto (HP) e horário fora de ponta (HFP).

$$\text{Equação 3 – Cálculo Potência aparente de entrada (SE)} \\ \text{Potência aparente entrada (SE)} = \frac{\text{Potência ativa entrada (PE)}}{\text{Fator de potência (FP)}}$$

$$\text{Equação 4 - Cálculo Potência ativa de entrada (PE)} \\ \text{Potência ativa entrada (PE)} = \frac{\text{Potência saída (PS)}}{\text{Rend.}}$$

$$\text{Equação 5 - Cálculo Potência reativa de entrada (QE)} \\ \text{Potência Reativa de entrada QE} = \sqrt{\text{SE}^2 - \text{PE}^2}$$

$$\text{Equação 6 – Cálculo de Perdas Elétricas internas} \\ \text{Perdas elétrica internas} = \text{Potência de entrada (PE)} - \text{Potência de saída (PS)}$$

$$\text{Equação 7 – Cálculo do consumo de energia elétrica} \\ \text{Consumo de energia elétrica (R\$)} = \text{Potência (SE)} * \text{Tempo (horas)} * \text{Tarifa (R\$)}$$

Segundo Viana (2002), os tipos de manutenção são as formas de encaminhar as intervenções nos instrumentos de produção, ou seja, nos equipamentos que compõem uma determinada planta. O levantamento dos custos com manutenção é locado valor de homem-hora nas atividades programadas que são as preventivas e preditivas e nas não-programadas, que são as corretivas, observando se há a necessidade de apoio de algum equipamento que deve ser locado.

2.2 PROCESSO DA MOAGEM

Na literatura, várias são as definições para cominuição, ou fragmentação, sendo todas concordantes de que se refere a uma operação unitária, na qual se obtém a redução de tamanho dos minérios a serem tratados. Chaves (2003, p. 563) conceitua a cominuição como sendo “o conjunto de operações de redução de tamanhos de partículas minerais, executado de maneira controlada e de modo a cumprir um objetivo pré-determinado”.

A quebra por impacto leva à formação de uma grande quantidade de partículas com ampla distribuição granulométrica, por meio da aplicação de uma força muito superior à resistência dela (VALADÃO et al., 2007). Esse processo de quebra das partículas acontece devido ao movimento giratório da câmara moedora, que proporciona um choque entre o mineral e a carga moedora, que são esferas de aço com vários diâmetros locados dentro da câmara moedora.

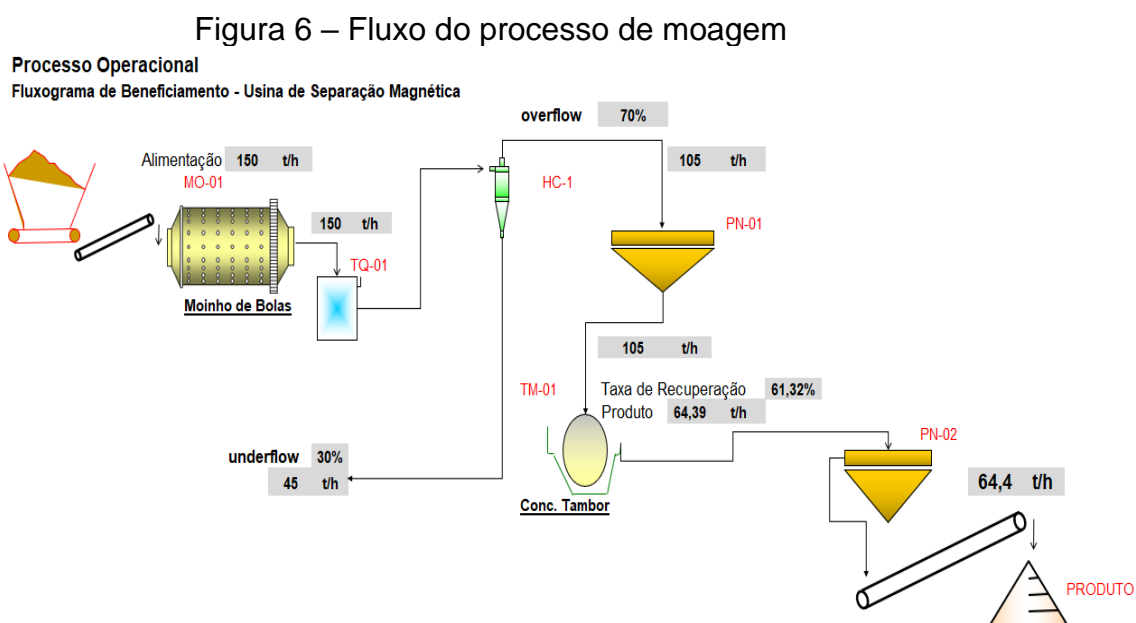
A moagem é a última etapa de cominuição em uma usina de tratamento de minérios, sendo responsável por produzir partículas com tamanhos adequados à liberação do mineral de interesse da ganga, para posterior concentração magnética, e/ou partículas com granulometria adequada para o processo subsequente ou ao mercado consumidor. Além disso, é responsável pelo maior gasto energético do processo (OLIVEIRA, 2012).

2.2.1 Circuito do processo de moagem

A moagem pode ocorrer em circuito aberto ou fechado. No circuito aberto, busca-se a granulometria do produto em uma única etapa sem controle granulométrico exato, a taxa precisa ser baixa o suficiente para garantir que todas as partículas tenham seu tamanho reduzido e o tempo de residência dentro do moinho é maior. A desvantagem desse circuito é que pode ocorrer sobre moagem, geração de ultrafinos e consumo desnecessário de energia. No circuito fechado apenas as partículas maiores do que a granulometria desejadas no produto final alimentam o circuito. Antes de alimentar o moinho, acontece uma classificação, onde o *underflow* ou *oversize*, dependendo do método de classificação utilizado, alimenta o moinho. O circuito fechado pode ser direto, reverso ou misto. No circuito fechado direto, a alimentação é realizada diretamente no moinho juntamente com a carga circulante e

o produto do mesmo alimenta a classificação, o *underflow* ou *oversize* é a carga circulante. Já no circuito fechado reverso a alimentação do moinho é o apenas o *underflow* ou *oversize*. O circuito misto é composto por uma moagem em circuito aberto seguido de uma moagem em circuito fechado direto. No circuito fechado não se busca o produto com granulometria final em uma única moagem (WILLS, 2007).

Na empresa em estudo, o circuito utilizado é em aberto, o moinho possui controle de velocidade, para manter o minério com maior residência na câmara moedora do equipamento sem ocorrer o reprocesso. A Figura 6, mostra o fluxo do processo de moagem existente com as suas devidas características de classificação informado pelos técnicos de processo da empresa através de entrevistas realizadas no local.



Fonte: autor (2019).

2.2.2 Perdas por empilhamento

A segregação granulométrica pode ser promovida por diferentes propriedades do material: tamanho, massa específica, forma, aspereza e resiliência. As partículas de maiores dimensões tendem a rolar sobre a superfície de deposição, enquanto os finos tendem a se mover apenas por escorregamento. Esse movimento das partículas caracteriza a segregação granulométrica que ocorre, principalmente, durante a descarga em transportador de correia e no empilhamento. Devido à

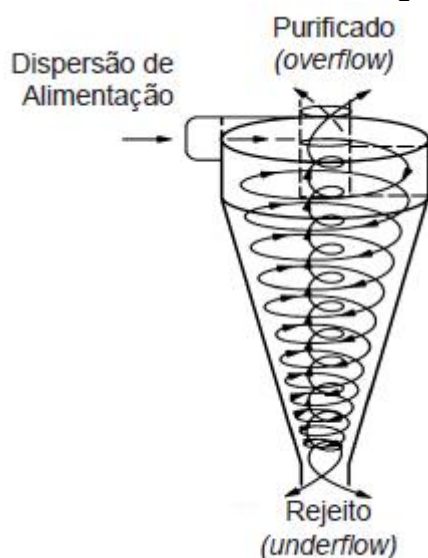
segregação granulométrica, os grossos estarão concentrados junto à base e os finos, no centro de uma pilha. A degradação granulométrica apresenta relação com a resistência que a partícula apresenta.

Chaves (2003) afirma que um material de baixa resistência, quando cai de uma altura muito elevada, pode se fragmentar ao atingir a superfície e também pode ser esmagado pelo peso das camadas posteriores. Além das perdas de material arrastado pelo vento, que podem ser significativas em muitos casos, elas podem ser seletivas, isto é, as frações finas arrastadas podem apresentar características diferentes das da média da população, e a sua perda alterar a composição ou as características do material estocado.

2.2.3Ciclone

O ciclone ou hidrociclone é um equipamento amplamente utilizado como classificador em circuito de moagem, tendo influência significativa no desempenho e na eficiência da operação de moagem (CHAVES, 2003). O equipamento é composto basicamente por um corpo metálico com uma câmara de alimentação seguida de uma seção cilíndrica que se afunila em uma seção cônica. O ciclone é alimentado com polpa (mistura de água e minério) de minério pelo *inlet*, entrada lateral e tangencial ao corpo do equipamento. O material alimentado pode sair por dois pontos: pelo *apex*, que é localizado no final da seção cônica e por onde flui o material grosseiro ou *underflow*, ou pelo *vortex*, que é localizado na parte superior do equipamento e por onde flui o material classificado fino ou *overflow*. A Figura 7 mostra uma imagem do ciclone igual ao que é utilizado no processo da usina em estudo.

Figura 7 – Ciclone



Fonte: Valadão et al. (2007)

O resultado da classificação pode ser avaliado pela curva de partição do sistema para cada tamanho de partícula que alimenta o ciclone, a fração que segue pelo *underflow*. A curva de partição é um recurso útil para quantificar e comparar o desempenho da classificação de ciclones, geralmente mede-se em percentual, quanto segue pelo *underflow* e quando segue pelo *overflow* (VALADÃO et al. 2007).

2.2.4 Taxa de recuperação da concentração magnética

A concentração magnética é um método bastante utilizado na área de processamento de minérios para concentração e purificação de muitas substâncias minerais. Ela pode ser empregada, dependendo das diferentes respostas ao campo magnético associado às espécies mineralógicas, individualmente ou em conjunto a outras técnicas no beneficiamento de minério. A separação magnética está relacionada a duas questões: a primeira se refere ao comportamento de diferentes partículas minerais quando são expostas a um mesmo campo magnético e a segunda refere-se às forças magnéticas que atuam sobre elas.

O processo de separação magnética se baseia nas diferenças de susceptibilidade magnética das várias espécies minerais. A susceptibilidade magnética é uma propriedade de um mineral que determina seu comportamento quando submetido a um campo magnético (LUZ et al. 2010).

Esse processo de concentração magnética, devido à susceptibilidade do material, gera uma taxa de recuperação magnética, ou seja, é o quanto em percentual de minério de ferro fica retido no concentrador virando produto e o quanto é passante seguindo a linha do processo da usina.

Portanto de conhecimento da taxa de recuperação, ou seja, o quando em percentual do total de toneladas de minério de ferro que alimentou o concentrador magnético ficou retido devido está na susceptibilidade magnética desejada tornando produto final do processo, podemos locar valor monetário R\$ / ton e realizar análises financeiras do processo

2.3 METÓDO DE ANÁLISE DE INVESTIMENTO

Uma responsabilidade básica do administrador financeiro é rever e analisar decisões de investimento propostas para garantir que sejam implantadas apenas aquelas que contribuem positivamente para o valor da empresa. Utilizando uma variedade de ferramentas e técnicas, esses profissionais estimam o investimento inicial, o horizonte de planejamento e fluxos de caixa que o projeto proposto poderá gerar e, depois, aplicam as técnicas de análise de investimento apropriadas de decisão, para julgar o impacto do investimento sobre o valor da empresa. O aspecto mais difícil e importante desse processo de orçamento de capital é a elaboração de boas estimativas dos fluxos de caixa relevantes (GITMAN, 2005)

Usualmente, o prazo limite para o qual se consideram válidos as premissas e alternativas para identificar os cenários futuros em que se insere a empresa para efeito de planejamento é o horizonte de planejamento (HIRSCHFELD, 2011). Trata-se do período relativo a um determinado ativo, no qual se espera obter fluxos de benefícios futuros (econômicos ou financeiros) relacionados ao uso ou serviço do mesmo (CHEBERLE, 2013).

Todos os projetos sob a forma de uma série convencional, sejam eles de expansão, substituição, renovação ou outra finalidade, possuem três componentes básicos que são: investimento inicial, entradas operacionais e fluxo de caixa terminal (residual). Alguns projetos carecem do componente final, ou seja, fluxo de caixa terminal, pois no final da vida útil do projeto ele não será substituído (GITMAN, 2005).

Com relação ao investimento inicial dos projetos, este pode ser considerado como a saída inicial de caixa exigida, levando em conta o custo instalado do novo ativo, os recebimentos com venda do antigo ativo depois do imposto de renda e qualquer variação de capital de giro líquido (ROSS et al., 2008). O custo instalado do novo ativo é encontrado somando-se os custos e às despesas de instalação. O cálculo dos recebimentos com a venda do antigo ativo, depois do imposto de renda que reduz o investimento inicial, envolve dados de custo, depreciação e imposto de renda. O valor contábil de um ativo é usado para determinar que impostos serão devidos em decorrência de sua venda (GITMAN, 2005).

Nesse contexto, é relevante destacar o conceito de capital de giro líquido, que é a diferença entre ativos circulante e os passivos circulantes, sendo que é importante observar que a sua variação normalmente acompanha decisões de gasto de capital. Se uma empresa adquirir novas máquinas para elevar o seu nível de operação, acabará tendo aumento dos níveis de caixa, contas a receber, estoque, contas e despesas a pagar. Esses aumentos resultam da necessidade de mais caixa para sustentar o maior volume de operações (GITMAN, 2005).

Segundo Galesne, Fensterseifer e Lamb (1999), também é preciso definir os fluxos de caixa incrementais do investimento, verificar a capacidade produtiva da empresa e posteriormente, avaliar o benefício cujo investimento agregará à companhia. O modelo de fluxos de caixa incrementais proposto considera que somente contenha dados incrementais e exclusivamente operacionais. Devem ser ignorados todos aqueles fluxos financeiros oriundos principalmente das amortizações de empréstimos e respectivos juros. Dessa forma, os fluxos de caixa para decisões de investimentos são apurados pelos valores líquidos (após Imposto de Renda), apurando a agregação de valor para a empresa (ROSS et al., 2008).

A elaboração de estimativas de fluxo de caixa relevantes é simples no caso de decisão de expansão. O investimento inicial, as entradas operacionais e o fluxo terminal são simplesmente as saídas e entradas associadas à própria proposta de gastos de capital. A identificação dos fluxos relevantes em decisões de substituição é mais complexa, porque a empresa precisa identificar as saídas e entradas incrementais que resultariam da substituição proposta. O investimento inicial no caso de substituição, é a diferença entre o investimento inicial necessário para comprar o novo ativo e quaisquer entradas, após o imposto de renda, decorrente da liquidação

do antigo ativo. As entradas operacionais são dadas pela diferença entre os benefícios operacionais com o novo ativo e os do antigo ativo (GITMAN, 2005).

No final da vida útil do projeto, deve-se agregar quando aplicável, o fluxo de caixa residual, que é a entrada de caixa não operacional após o encerramento do projeto, descontado o imposto de renda. Em outras, concluída execução ou liquidação do projeto, o que for apurado com a venda do ativo, deduzido o valor de venda do ativo velho, será o fluxo de caixa residual (ROSS et al., 2008). Salienta-se que o estudo de caso apresentado neste trabalho não possui fluxo de caixa residual no final da sua vida útil.

Posterior a todo o levantamento financeiro e contábil, o administrador deve aplicar as principais técnicas de análise de investimento tais como: *payback*, valor presente líquido (VPL) e taxa interna de retorno (TIR). Essas técnicas possibilitam a tomada de decisão de investimento, pois além de proporcionar uma visão geral de todo o projeto na data atual, também demonstra se a decisão está sendo a melhor possível considerando demais oportunidade de investimento existente (ROSS et al., 2008).

O *payback* é o tempo decorrido entre o investimento inicial e o momento no qual o fluxo de caixa acumulado se iguala ao valor desse investimento. Para Gitman (2005), *payback* é o período necessário para recuperar o capital investido. Qualquer projeto de investimento possui, de início, um período de desembolsos a que se segue um período de recebimentos. O período necessário para que os fluxos de caixa recuperem o investimento inicial é o período de recuperação

Já o VPL de um projeto de investimento, segundo Galesne, Fensterseifer e Lamb (1999), é igual à diferença entre o valor presente das entradas líquidas de caixa associadas ao projeto e o investimento inicial necessário com o desconto dos fluxos de caixas feito a uma taxa k definida pela empresa, como taxa mínima de atratividade (TMA) ou também conhecida como custo de oportunidade ou custo médio ponderado de capital (CMPC). Essa técnica é mais sofisticada se comparada ao *payback*, pois leva em consideração o valor do dinheiro no tempo. O VPL desconta todas as entradas e saídas do fluxo de caixa do projeto pela TMA, trazendo assim os fluxos para o momento atual, dando a possibilidade de avaliar a geração de valor da implantação do projeto para a empresa.

E a TIR é uma taxa de desconto hipotética que, quando aplicada a um fluxo de caixa, faz com que os valores das despesas, trazidos ao valor presente, seja

igual aos valores dos retornos dos investimentos, também trazidos ao valor presente. Casaroto e Kopittke (2010) explicam que a TIR é a taxa que iguala o VPL a zero, ou seja, a TIR indica qual a taxa necessária de desconto a ser utilizada para que o VPL se iguale à zero.

3. METODOLOGIA

A pesquisa apresentada neste trabalho pode ser classificada como um estudo de caso, descritivo que buscou especificar as propriedades e características do processo produtivo. Também tem um enfoque qualitativo, utilizando a coleta de dados junto à empresa analisada para descobrir ou aprimorar perguntas de pesquisa. O estudo de caso foi conduzido em uma empresa mineradora, cujos gestores observaram a necessidade de aumentar a produção de minério de ferro, a partir da implementação de um novo moinho de bolas, com as mesmas dimensões construtivas que o antigo, no circuito operacional da usina de beneficiamento mineral.

Os dados foram coletados a partir de diferentes fontes, quais sejam: entrevistas não estruturadas, pesquisa documental e observação não participante. As entrevistas se deram por meio de conversas informais com o setor de manutenção e o gerente geral de operações, coletando informações sobre o processo produtivo, setor de mineração, avaliação da decisão de investimento.

A empresa estudada disponibilizou documentos com informações financeiras, pois a mesma é uma empresa de capital fechado. Esses documentos apoiaram a pesquisa, embora o relatório financeiro disponibilizado estava muito resumido não proporcionando um aprofundamento com mais detalhe na pesquisa. Entretanto, serviu para se compreender os níveis de faturamento total e o quanto a geração de caixa proveniente da planta de moagem impacta na receita total.

Os dados financeiros e de processo da empresa foram alterados, através da multiplicação por um valor aleatório, com o intuito de não divulgar as informações disponibilizadas pela companhia.

A observação dentro da metodologia aplicada no estudo de caso, implicou em se inteirar do processo de concentração magnética, anotar os dados importantes do processo sem descaracterizar as informações. Assim, após coleta e tratamento dos dados, foram expostas as características técnicas dos equipamentos instalados, capacidade de produção, ciclo operacional dentro da usina de concentração magnética, investimento inicial, custos operacionais e nível de produção.

Para demonstrar o fluxo de caixa relevante de expansão devido à decisão de investimento tomada, foram comparados os resultados com o moinho de bolas existente com as mesmas características técnicas e capacidade de produção.

Ressalta-se que o item que difere os dois equipamentos, o novo e antigo, é o tipo de acionamento utilizado.

No cálculo dos fluxos de caixa do projeto, foram considerado toda a receita gerada pela produção do equipamento, porém não foram subtraídos todos os custos operacionais, devido à dificuldade de aquisição dos dados de custo de produção, esse fato impacta diretamente na análise de investimento realizada, demonstrando valores exorbitantes dos indicadores de tomada de decisão utilizados. Portanto, nesse estudo de caso, será realizado em paralelo com o intuito de complementar o trabalho, uma análise de investimento com estimativa do custo operacional por tonelada de minério de ferro produzida, para obtenção dos indicadores de tomada de decisão.

No final de todo o processo de análise, realizou-se a conclusão da tomada de decisão de investimento no horizonte de planejamento do projeto.

4. ESTUDO DE CASO

4.1 INVESTIMENTO INICIAL

A Tabela 4, demonstra-se o somatório do custo com aquisição do novo ativo obtendo um valor total de R\$248.133,95, esses valores detalhados de cada equipamento foram obtidos com a equipe de planejamento da empresa através de entrevistas informais, que além do custo do motor síncrono, é necessário a instalação de demais equipamentos auxiliares para realizar o seu acionamento, visando a proteção elétrica do motor e a possibilidade de injeção de potência reativa no barramento principal da empresa, possibilitando a correção do fator de potência da empresa.

Tabela 4 - Custo dos ativos

Descrição	Valores	Fonte
Custo dos novos ativos	R\$248.113,95	Empresa
Motor síncrono trifásico 440 V, 400 CV, 60 Hz, 40 polos	R\$217.890,75	Empresa
Chave Seccionadora rotativa porta fusível RFW	R\$2.887,50	Empresa
Chave Magnética linha CWM630-22-30	R\$9.292,50	Empresa
Relé de proteção de sobrecarga linha RW407-D	R\$928,20	Empresa
Chave de partida Estática linha SSW 0512 T 5 SZ	R\$17.115,00	Empresa

Fonte: autor (2019)

Por sua vez, a Tabela 5, demonstra o custo com instalação para compor o acionamento do moinho de bolas, o valor total para realizar a implantação do acionamento foi de R\$84.228,89, esses valores detalhados foi coletado junto a equipe de planejamento da empresa. Nesses custos, consideram-se a mão de obra própria, mão de obra terceira, locação dos equipamentos para auxiliar na montagem, condutores elétricos para possibilitar a energização do motor elétrico e miscelânea.

Tabela 5 – Custo da instalação

Descrição	Valores	Fonte
Custo da instalação	R\$84.228,89	Empresa
Mão de obra - montagem	R\$38.735,52	Empresa
Locação de equipamentos	R\$10.210,80	Empresa
Condutor flexível unipolar 1KV 95mm ²	R\$17.630,65	Empresa
Miscelânea	R\$4.888,42	Empresa
Mão de obra - startup	R\$12.763,50	Empresa

Fonte: autor (2019)

Como é uma análise de expansão, sem haver a substituição de ativo antigo, então não apresenta Receita da venda de ativo velho. Sobre a Variação no CCL que é os impactos causados nas contas dos ativos e passivos circulantes, não foi possível ser coletada na empresa em análise. Sendo assim, considerou-se a Variação no CCL do investimento inicial desse projeto de implantação como zero. Dessa forma, o investimento inicial total do projeto do acionamento do moinho de bolas por meio de motor síncrono assumindo algumas premissas foi de R\$332.342,84.

4.2 INSUMOS

Insumo é um conceito econômico que permite fazer referência a um bem que se utiliza na produção de outros bens. Dependendo do contexto, pode ser sinônimo de matéria-prima ou de fator de produção. Pelas suas próprias características, os insumos tendem a perder as suas propriedades para se transformar e passar a fazer parte do produto final. Pode-se dizer que um insumo é aquilo que se utiliza no processo produtivo para a elaboração de um bem (HIRSCHFELD, 2011). Salienta-se que todos os cálculos realizados estão baseados na disponibilidade da usina que é uma métrica importante usada para avaliar o desempenho de equipamentos reparáveis, representando as propriedades de confiabilidade e manutenção de um componente ou sistema.

4.2.1 Consumo de energia





O moinho de bolas apresenta um regime de operação conforme fator de disponibilidade da usina. O contrato de fornecimento de energia elétrica da empresa com a concessionária de distribuição de energia local prevê a aplicação da modalidade tarifária praticada pela empresa é a VERDE – A4 – 2,3 KV A 25 KV, essa modalidade implica no valor do KW/h pago em horário de ponta e horário fora de ponta.

O horário de ponta (HP) é definido contratualmente entre a empresa e a concessionária, de 17h00min as 20h00min, sendo que as demais horas do dia e considerada horários fora de ponta (HFP). Nos finais de semana, todo período é

considerado HFP. O ano tarifário é dividido em dois períodos, sendo período seco e período úmido. O período seco é composto por parcela de sete meses do ano e o período úmido compõem-se de cinco meses.

No cenário atual brasileiro existem diferentes formas de cobrança da tarifa pela energia consumida. Essas modalidades diferentes de cobranças são divididas em bandeiras, conforme exposto na Tabela 6 extraída do site da CEMIG. O sistema de bandeiras tarifárias funciona, portanto, como um “semáforo”, que indica a diferença de custo de geração de energia para os consumidores. A cor das bandeiras tarifárias é definida pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), de acordo com as condições de geração energética. Porém, para efeito de cálculos de consumo de energia nesse trabalho, consideraram-se as tarifas na bandeira verde.

Tabela 6 - Valores das tarifas

Tarifas						
Modalidade tarifaria: VERDE - A4 - 2,3 KV A 25 KV						
	Demanda R\$ / KW	Consumo R\$ / KW/h 	Consumo R\$ / KW/h 	Consumo R\$ / KW/h  Patamar 1	Consumo R\$ / KW/h  Patamar 2	Consumo R\$ / KVAR/h
Demanda	9,00					
Demanda Ultrap. Fora de Ponta	18,00					
Consumo Ponta - Período Seco		1,17498	1,18998	1,20498	1,21998	0,208321
Consumo Ponta - Período Úmido		1,17498	1,18998	1,20498	1,21998	0,208321
Consumo Fora de Ponta - Período Seco		0,30976	0,32476	0,33976	0,35476	0,208321
Consumo Fora de Ponta - Período Úmido		0,30976	0,32476	0,33976	0,35476	0,208321

Fonte: CEMIG (2016).

Os cálculos de potência do motor síncrono trifásico foram realizados, considerando o motor operando com carregamento máximo no eixo, ressaltando-se que o motor síncrono opera sobrecarregado, com fator de potência de 0,8. A Tabela 7, apresenta os dados necessários para realização dos cálculos referente ao motor síncrono.

Tabela 7 - Características do motor síncrono

Descrição		Fonte
Potência (CV)/KW	400	Dados placa do motor WEG
Tensão (V)	440	Dados placa do motor WEG
Corrente (A)	470	Dados placa do motor WEG
Frequência (HZ)	60	Dados placa do motor WEG

Rendimento (%)	95,90	Equação 2
Fator de potência sobre-excitado	0,8	Dados placa do motor WEG

Fonte: WEG (2010)

De acordo com os dados condensados na Tabela 8 o moinho de bolas demanda uma potência média de 285,57 kW. Adicionado às perdas elétricas internas de 12,21 kW, o motor demanda do sistema elétrico 297,78 kW, conforme a **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

Tabela 8 - Cálculo de potência do motor síncrono

Descrição	Valores	Fonte
Característica de operação	Sobre-excitado	Dados placa do motor WEG
Fator de potência	0,8	Equação 1
Fator de potência regulado	0,8	Equação 1
Rendimento	0,96	Equação 2
Potência de saída PS	285,57 KW	Dados Placa Moinho
Potência ativa de entrada PE	297,78 KW	Equação 4
Potência reativa de entrada QE	223,33 KVAr	Equação 6
Potência aparente de entrada SE	372,22 KVA	Equação 3
Perdas de potência ativa no motor	12,21 KW	Equação 5

Fonte: autor (2019)

Mediante exposto acima, demonstra-se na Tabela 9, que o consumo de energia anual do motor síncrono possui o valor de R\$ 857.640,64, esse cálculo anualizado é realizado conforme Equação 7, que leva em consideração a potência consumida e o período de consumo, ponderando a disponibilidade física da usina de beneficiamento mineral. Apresenta-se também, de forma separada, as suas perdas elétricas, ou seja, energia paga para a concessionária que não realiza trabalho do montante anual o valor de R\$ 35.163,27 que da mesma forma é calculada através da Equação 7. Tratam-se das perdas internas da máquina, ligadas diretamente ao rendimento do motor.

Tabela 9 - Valor pago pelo consumo de energia anual.

Descrição	Valor	Fonte
Valor de consumo anual geral	R\$857.640,64	Equação 7
Consumo de energia KW/h HP	R\$192.959,39	Equação 7
Consumo de energia KW/h HFP	R\$664.681,25	Equação 7
Perdas de potência no motor (R\$)	R\$35.163,27	Equação 7

Fonte: autor (2019)

4.2.2 Manutenção

Os custos com manutenção do equipamento é o somatório de mão de obra própria, mão de obra de terceiros, locação de equipamento e miscelâneas. Na Tabela 10, demonstram-se o valor total de R\$58.418,54,00 que representa o somatório de todos esses gastos. Esses valores foram coletados na empresa em estudo, perante entrevistas informais com o técnico responsável pelo setor de manutenção.

Tabela 10 – Gastos com manutenção

Descrição	Valores	Fonte
Manutenção	R\$58.418,54	Empresa
Mão de obra – própria	R\$27.728,28	Empresa
Mão de obra – terceira	R\$13.614,40	Empresa
Equipamentos – locação	R\$2.127,25	Empresa
Miscelânea	R\$14.948,61	Empresa

Fonte: autor (2019)

4.3 PRODUÇÃO

Para medir as toneladas processadas de minério por hora, em termos monetários, é necessário levantar a capacidade produção do equipamento por hora, o custo operacional, o preço da tonelada dos minérios de ferro e ponderar as perdas.

4.3.1 Custo operacional

Foi considerado como custo operacional do equipamento, o somatório dos gastos com energia e manutenção, considerando a disponibilidade de operação da usina, que é um dos principais indicadores de competitividade da indústria de mineração é a disponibilidade dos equipamentos. Assim, a Caterpillar Global Mining (2008) ressalta que o principal produto para a manutenção de qualquer empresa mineradora são as horas disponíveis que o setor de operações pode utilizar para alcançar suas metas de produção, isto é, o desempenho neste setor é mensurado em termos de disponibilidade.

A mão de obra operacional de processo não está sendo considerada, pois o tempo de residência do operador na planta de moagem é muito pequeno em relação

ao tempo total de funcionamento do moinho, sendo assim, os insumos considerados foram o somatório da energia e a manutenção. A Tabela 11 é apenas uma tabela de consolidação apresenta os valores somados totalizando R\$916.059,18, dos insumos considerados para operação da planta de moagem da usina de beneficiamento mineral,

Tabela 11 – Custos Operacionais

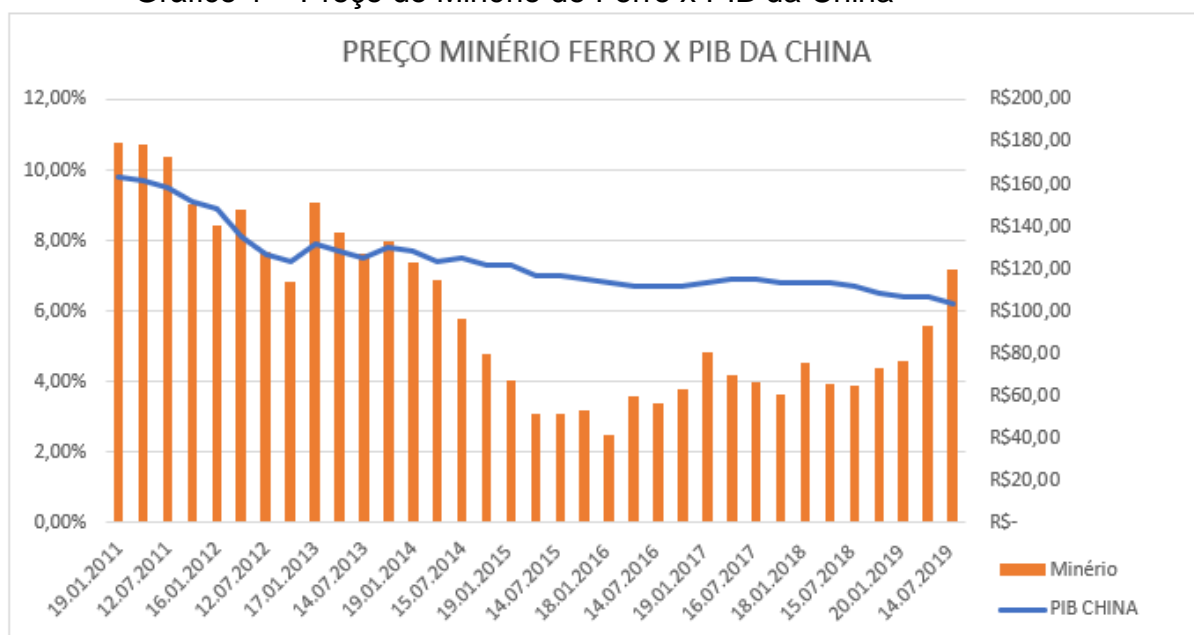
Descrição	Valores	Fonte
Custo operacional total	R\$916.059,18	Energia + Manutenção
Energia	R\$857.640,64	Tabela 9
Manutenção	R\$58.418,54	Tabela 10

Fonte: autor (2019)

4.3.2 Preço do minério de Ferro refinado 62% Fe CFR Futuros.

O Brasil é o segundo maior produtor de minério de ferro do mundo, tendo como o seu principal comprador o mercado chinês que, por sua vez, é o maior importador de minério de ferro (devido aos seus altos índices de crescimento da taxa do PIB do país). Nesse contexto, a oscilação do preço de minério de ferro no mercado mundial tem uma correlação grande com variação da taxa de crescimento do PIB da China, conforme demonstrado no Gráfico 1. Demais fatores também influenciam na variação do preço do minério de Ferro refinado 62% Fe CFR Futuro, como oferta e demanda, caso grandes mineradoras deixem de colocar produto no mercado, políticas de taxaço do preço do aço, pois se a produção de aço diminuir o consumo de minério diminui diretamente etc.

Gráfico 1 – Preço do Minério de Ferro x PIB da China



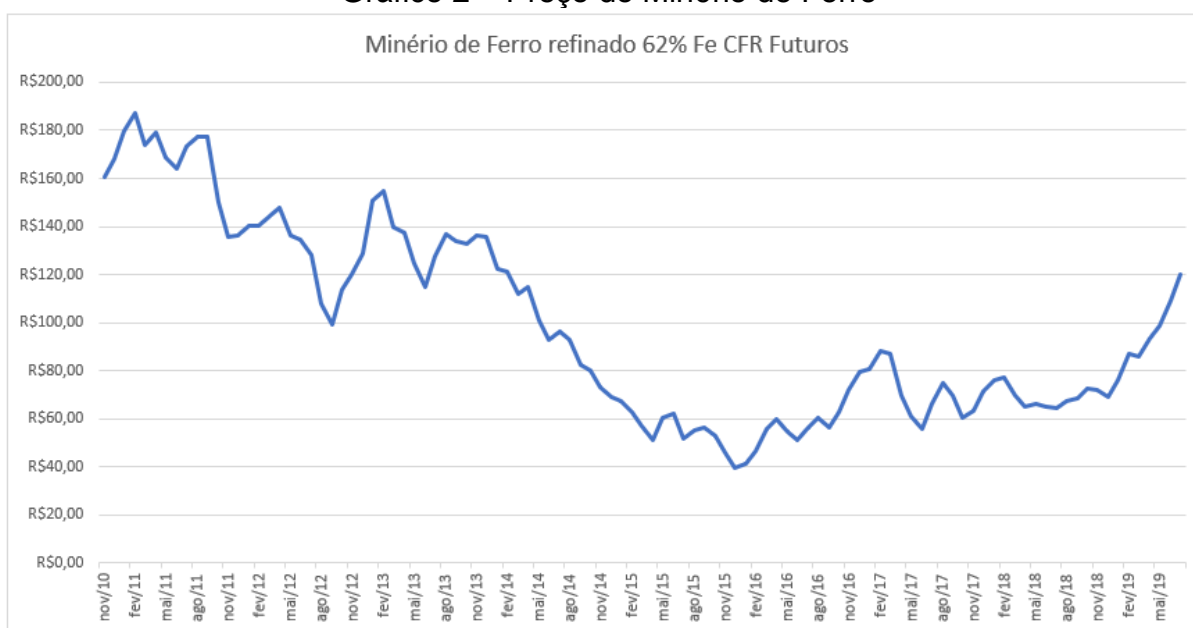
Fonte: Investing (2019)

Verifica-se uma grande quantidade de variáveis que interferem na previsão do preço do minério de Ferro refinado 62% Fe CFR Futuro, devido a sensibilidade dessa commodities com o mercado externo, interferências políticas, catástrofes dentre outros. No estudo de caso, foi observado o preço do minério de Ferro refinado 62% Fe CFR Futuro nos últimos 9 anos, considerando seus ciclos de altas e baixas nos preços devido a todos os acontecimentos no mercado, assim traçando um preço médio. Entende-se que o passado não prevê o futuro, mas, nesse estudo a média amostral utilizada é do período exposto no Gráfico 2, pois esse período demonstra ciclos de alta e baixa no preço do mineral no mercado. Utilizando a Equação 8, o preço médio desse período foi de R\$98,74 por tonelada.

Equação 8 – Média amostral

$$\text{Preço médio Minério de Ferro} = \frac{\sum_{i=1}^N PMF}{N}$$

Gráfico 2 – Preço do Minério de Ferro



Fonte: Investing (2019)

4.3.3 Produção moinho novo

A Tabela 12, apresentam-se os dados de produção do moinho novo com acionamento por meio do motor síncrono, levando em consideração as características operacionais do equipamento, as parametrizações do processo e as horas de disponibilidade operacional da usina, sendo assim o resultado bruto gerado é de R\$42.814.941,49 que é demonstrado pela Equação 13, devido a consideração das perdas por empilhamento, devido o material ser empilhado em pátio, o resultado líquido apresentado é de R\$40.674.194,42 como exposto pela Equação 14, as Equação 9, Equação 10, Equação 11 e Equação 12 apresentam os valores encontrados para Produto Overflow t/h, Produto gerado t/h, Produto gerado R\$/h e Horas de operação demonstrando o caminho seguido para chegar no Resultado Líquido.

Equação 9 – Produto Overflow t/h

$$\text{Produto Overflow } \frac{t}{h} = \text{Capac. de produção} * \text{Taxa overflow}$$

Equação 10 – Produto gerado t/h

$$\text{Produto gerado } \frac{t}{h} = \text{Taxa de recuperação} * \text{Produto Overflow t/h}$$

Equação 11 – Produto gerado R\$/h

$$\text{Produto gerado } \frac{R\$}{h} = \text{Produto gerado } \frac{t}{h} * \text{Valor tonelada minério de ferro}$$

Equação 12 – Horas de operação

$$\text{Horas de operação} = \text{Horas disp. operação} * \text{Disponibilidade física}$$

Equação 13 – Resultado Bruto

$$\text{Resultado Bruto} = \text{Horas de operação} * \text{Produto gerado R$/h}$$

Equação 14 – Resultado Líquido

$$\text{Resultado Líquido} = \text{Resultado Bruto} - \text{Perdas de empilhamento}$$

Tabela 12 – Produção Moinho Novo

Descrição	Valores	Fonte
Valor tonelada minério de ferro 62% FeO - TIOc1	R\$98,74	Equação 8
Capacidade de produção do moinho t/h:	150	Tabela Fornecedor
Taxa do Overflow	70%	Empresa
Taxa do Underflow	30%	Empresa
Produto Overflow t/h	105	Equação 9
Taxa de recuperação da concentração magnética	61,32%	Empresa
Produto gerado t/h	64,386	Equação 10
Produto gerado R\$/h	R\$6.357,47	Equação 11
Horas disponíveis para operação	8760	Empresa
Disponibilidade da usina	76,88%	Empresa
Horas de operação	6734,58	Equação 12
Resultado bruto gerado	R\$42.814.941,49	Equação 13
Perdas de empilhamento	5%	Empresa
Resultado líquido	R\$40.674.194,42	Equação 14

Fonte: autor (2019)

4.3.4 Produção do moinho antigo

Como declarado na metodologia, a análise de fluxo de caixa relevante, será a comparação da produção do moinho antigo que possui como acionamento um motor de indução trifásico assíncrono em relação a produção do moinho novo, que possui com acionamento motor síncrono. Salienta-se novamente que a implantação do moinho novo se fez necessário para um projeto de expansão com o objetivo de aumentar a produção sem substituição de equipamento.

Assim, é necessário o conhecimento da produção do moinho antigo. A Tabela 13, demonstra os valores de produção correspondente a esse equipamento, respeitando da mesma forma as características operacionais, as parametrizações do

processo e as horas de disponibilidade operacional da usina. Nesse caso, o resultado bruto gerado é de R\$41.823.466,98, considerando a perda por empilhamento, devido o material ser empilhado em pátio, o resultado líquido apresentado é de R\$39.732.293,63.

Tabela 13 – Produção Moinho Antigo

Descrição	Valores	Fonte
Valor tonelada minério de ferro 62% FeO - TIOc1	R\$98,74	Equação 8
Capacidade de produção do moinho t/h:	150	Tabela Fornecedor
Taxa do Overflow	70%	Empresa
Taxa do Underflow	30%	Empresa
Produto Overflow t/h	105	Equação 9
Taxa de recuperação da concentração magnética	59,90	Empresa
Produto gerado t/h	62,895	Equação 10
Produto gerado R\$/h	R\$6.210,25	Equação 11
Horas disponíveis para operação	8760	Empresa
Disponibilidade da usina	76,88%	Empresa
Horas de operação	6734,58	Equação 12
Resultado bruto gerado	R\$41.823.466,98	Equação 13
Perdas de empilhamento	5%	Empresa
Resultado líquido	R\$39.732.293,63	Equação 14

Fonte: autor (2019)

4.4 ANÁLISE FINANCEIRA

A diferença do desempenho financeiro entre os dois tipos de acionamento, se dá pela forma construtiva das máquinas elétricas que aciona o moinho de bolas. Essas diferenças proporcionam um melhor cisalhamento do mineral de interesse, sendo assim, ocorre nesse material uma melhor concentração magnética, aumentando a taxa de recuperação no concentrador, proporcionando mais produto final na pilha.

4.4.1 Desempenho financeiro do moinho de bolas novo com acionamento motor síncrono

A Tabela 14 demonstra os resultados financeiro proporcionados pela operação do moinho de bolas por meio do acionamento com motor síncrono, considerando as perdas existentes no processo, como perdas por empilhamento, perdas da máquina elétrica. A receita não operacional seria o que a empresa está deixando de pagar

anualmente de multas para a concessionária de energia devido à não correção do fator de potência totalizando o valor de R\$129.383,52 informado pela gerência de manutenção da empresa em estudo através de entrevista e consultas documentais, pois é um valor não proveniente da sua operação principal. Como exposto anteriormente, a implantação desse projeto corrige esse desembolso, sendo assim, esse valor permanece no caixa da companhia.

Devido à implantação do projeto ter sido realizada no ano de 2017, o mesmo ainda apresenta depreciação sobre o custo da instalação, devido a sua vida útil ser de 10 anos conforme tabela de depreciação da Receita Federal (Anexo A). Porém esse valor não entrou de forma positiva nas demonstrações abaixo, pois nos resultados calculados nesse estudo de caso ela não foi subtraída, no entrando entendemos que a depreciação é um valor que protege o caixa da empresa, pois é um valor não desembolsado.

O Resultado operacional, é a subtração do Resultado líquido da produção pelos Custos operacionais, como exposto na Equação 15, levando em considerações todos os itens expostos acima, o resultado final apresentado pela Tabela 14 é de R\$39.852.355,49 que seria um somatório de todos os valores apresentados na mesma, lembrando que não foi considerado todos os custos operacionais como exposto na metodologia de pesquisa.

Equação 15 – Resultado Operacional

$$\textit{Resultado Operacional} = \textit{Resultado Líquido} - \textit{Custos Operacionais}$$

Tabela 14 – Desempenho financeiro Moinho de bolas novo

Descrição	Valores	Fonte
Resultado Líquido da produção	R\$40.674.194,42	Tabela 12
Custo Operacional	R\$916.059,18	Tabela 11
Resultado Operacional	R\$39.758.135,24	Equação 15
Receita Não operacional	R\$129.383,52	Empresa
Perdas Máquina Rendimento	(R\$35.163,27)	Equação 7
Resultado Final	R\$39.852.355,49	

Fonte: autor (2019)

4.4.2 Desempenho financeiro do moinho de bolas antigo com acionamento motor de indução.

A Tabela 15 – Desempenho financeiro Moinho de bolas antigo, expõem os dados financeiros da operação do moinho de bolas antigo, as perdas de empilhamento são as mesmas, uma vez que o produto é empilhado no mesmo pátio. Porém a máquina elétrica que aciona esse moinho antigo, devido as suas características construtivas, apresenta maiores perdas elétricas e não proporciona um cisalhamento do mineral conforma o acionamento do moinho novo.

A despesa não operacional seria a multa paga para a concessionária de energia pelo excesso de potência relativa consumida pela instalação elétrica da empresa no arranjo operacional da usina antes da implantação do motor síncrono. É classificada como despesa, pois não está diretamente ligada a produção, e não operacional pois é um desembolso proveniente da não correção do fator de potência de toda a estrutura da mineração. O acionamento do moinho antigo não apresenta depreciação, pois possui 11 anos de implantação, então já se depreciou totalmente na base contábil da empresa.

Tabela 15 – Desempenho financeiro Moinho de bolas antigo

Descrição	Valores	Fonte
Resultado Líquido da produção	R\$39.732.293,63	Tabela 12
Custo Operacional	R\$933.316,14	Tabela 11
Resultado Operacional	R\$38.798.977,49	Equação 15
Receita Não operacional	(R\$129.383,52)	Empresa
Perdas Máquina Rendimento	(R\$62.775,76)	Equação 7
Resultado Final	R\$38.606.818,21	

Fonte: autor (2019)

4.4.3 Fluxo de caixa comparativo

Como exposto na metodologia, para analisar o que alterou no desempenho financeiro do equipamento devido a decisão de investimento no acionamento por meio de motor síncrono, encontrar-se-á a diferença financeira entre as duas demonstrações. Essa diferença será chamada de fluxo de caixa comparativo.

Como exposto na Tabela 16, a empresa realizou o investimento inicial no projeto no valor de R\$332.342,84 que foram os somatórios da aquisição dos novos ativos e o custo da instalação conforme demonstrado nas Tabela 4 e Tabela 5, não

considerando o Capital circulante líquido, para receber no primeiro ano R\$1.245.537,28 que foi a diferença entre a comparação dos dois desempenhos financeiros proporcionados pelos acionamentos apresentados no estudo demonstrado pela Equação 16. Trata-se de um valor alto pois foi considerado toda a receita gerada pela operação, entretanto, não foram considerados todos os custos envolvidos.

O valor de fluxo de caixa do primeiro ano 2018 foi baseado na coleta de dados dentro da empresa, pois o projeto está no seu segundo ano de operação. Dessa forma, está sendo considerada uma performance similar para esse ano de 2019 e para os anos posteriores.

Equação 16 – Fluxo de caixa

$$\text{Fluxo de caixa comparativo} = \text{Des. Fin. MS} - \text{Des. Fin. MIT}$$

Tabela 16 – Fluxo de caixa comparativo

Período	Investimento Inicial	Fluxo de caixa	Fluxo de caixa terminal	Fonte
0	(R\$332.342,84)			Tabela 4 e Tabela 5
1		R\$1.245.537,28		Equação 16
2		R\$1.245.537,28		
3		R\$1.245.537,28		
4		R\$1.245.537,28		
5		R\$1.245.537,28		
6		R\$1.245.537,28		
7		R\$1.245.537,28		
8		R\$1.245.537,28		
9		R\$1.245.537,28		
10		R\$1.245.537,28	R\$0,00	

Fonte: autor (2019)

O fluxo de caixa final do projeto não foi considerado pois a atividade da empresa se perpetua no tempo, além de esse tipo de equipamento não possuir absorção para venda no mercado.

4.4.4 Payback

O retorno do investimento inicial, payback, foi realizado no primeiro ano, conforme valores apresentados, pois se fez um investimento inicial no valor de R\$

R\$332.342,84, é no primeiro ano de operação o projeto implanto obteve um retorno de R\$1.245.537,28 em comparação os equipamentos antigos conforme apresentado na Tabela 16. Salienta-se que esse payback do projeto foi curto, devido as considerações de receita e custo da operação apresentados.

4.4.5 Valor presente líquido (VPL)

Para realizar o cálculo do VPL, deve se considerar uma taxa mínima de atratividade (TMA), que também é conhecida como custo de oportunidade, ela representa todas as outras opções que o investidor escolheu não fazer ao realizar tal investimento, ou seja, deve ser uma taxa de rentabilidade maior que os demais investimentos considerando o mesmo risco iriam proporcionar ao investidor. Logo, esse custo não representa necessariamente uma taxa, mas sim um cenário econômico, a melhor taxa de desconto a ser aplicada em um VPL, seria o Custo médio ponderado de capital (CMPC) da empresa que pondera o custo de capital próprio e o custo de capital de terceiras aplicado no negócio. Porém devido à falta de relatórios financeiros da empresa em estudo para cálculo do CMPC, será utilizado a taxa livre de risco do mercado que é denominada com a taxa Selic. Portanto a taxa mínima de atratividade será uma média utilizando a Equação 8 para realizar o cálculo, com amostragem de valores do mesmo período que foi utilizado para o cálculo do preço médio do minério de ferro e os valores observados estão sendo demonstrados na Tabela 17.

Tabela 17 – Retorno Taxa Selic

Mês/Ano	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Janeiro	0,86%	0,89%	0,60%	0,85%	0,94%	1,06%	1,09%	0,58%	0,54%
Fevereiro	0,84%	0,75%	0,49%	0,79%	0,82%	1,00%	0,87%	0,47%	0,49%
Março	0,92%	0,82%	0,55%	0,77%	1,04%	1,16%	1,05%	0,53%	0,47%
Abril	0,84%	0,71%	0,61%	0,82%	0,95%	1,06%	0,79%	0,52%	0,52%
Mai	0,99%	0,74%	0,60%	0,87%	0,99%	1,11%	0,93%	0,52%	0,54%
Junho	0,96%	0,64%	0,61%	0,82%	1,07%	1,16%	0,81%	0,52%	0,47%
Julho	0,97%	0,68%	0,72%	0,95%	1,18%	1,11%	0,80%	0,54%	0,57%
Agosto	1,07%	0,69%	0,71%	0,87%	1,11%	1,22%	0,80%	0,57%	0,50%
Setembro	0,94%	0,54%	0,71%	0,91%	1,11%	1,11%	0,64%	0,47%	0,46%
Outubro	0,88%	0,61%	0,81%	0,95%	1,11%	1,05%	0,64%	0,54%	
Novembro	0,86%	0,55%	0,72%	0,84%	1,06%	1,04%	0,57%	0,49%	
Dezembro	0,91%	0,55%	0,79%	0,96%	1,16%	1,12%	0,54%	0,49%	
Total	11,04%	8,17%	7,92%	10,40%	12,54%	13,20%	9,53%	6,24%	4,56%

Média 9,29%

Fonte: Receita Federal (2019).

Gráfico 3 – Gráfico de variação da Taxa Selic



Fonte: Receita Federal (2019).

Dessa forma, o retorno livre de risco apresentou uma média no período de 9,29%, o qual será utilizado com TMA no cálculo do Valor presente líquido que segue na Equação 17 – Cálculo VPL

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

Tabela 18 para descontar os fluxos de caixa futuro e trazer os mesmos à valores presentes. O cálculo para se obter o VPL de um projeto está sendo representado pela Equação 17.

Equação 17 – Cálculo VPL

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

Tabela 18 – VPL

TMA	9,29%	Fonte
Período	Fluxo de caixa	
0	(R\$332.342,84)	Tabela 16
1	R\$1.245.537,28	
2	R\$1.245.537,28	
3	R\$1.245.537,28	
4	R\$1.245.537,28	
5	R\$1.245.537,28	
6	R\$1.245.537,28	
7	R\$1.245.537,28	
8	R\$1.245.537,28	
9	R\$1.245.537,28	
10	R\$1.245.537,28	
VPL	R\$7.560.058,82	Equação 17

Fonte: autor (2019).

O valor presente líquido desse projeto apresentou um valor muito alto devido a consideração da receita total gerada pela usina de beneficiamento mineral e a não consideração de todos os custos envolvidos na atividade, pois a empresa não pode fornecer devidos dados e a coleta *in loco* não foi possível. Mediante a esse fato, analisando o resultado exposto por um VPL positivo, mesmo trazendo os fluxos de caixa futuro a valores presentes descontado a uma taxa de oportunidade, o projeto se comprova viável devido a metodologia aplicada.

4.4.6 Taxa interna de retorno

Para demonstrar o quanto em percentual o projeto é mais rentável que o custo de oportunidade utilizado conforme exposto na Tabela 19, calculou-se a TIR, ou seja, a taxa que tornaria o VPL igual a Zero, que por sua vez também apresentou valor altos devido o VPL ter sido alto também.

Tabela 19 – TIR

Período	Fluxo de caixa	Fonte
0	(R\$332.342,84)	Tabela 16
1	R\$1.245.537,28	
2	R\$1.245.537,28	
3	R\$1.245.537,28	
4	R\$1.245.537,28	
5	R\$1.245.537,28	
6	R\$1.245.537,28	
7	R\$1.245.537,28	
8	R\$1.245.537,28	
9	R\$1.245.537,28	
10	R\$1.245.537,28	
TIR	374,77%	

Fonte: autor (2019).

Conforme TIR encontrada e apresentada na tabela acima desconsiderando o risco do investimento pois foi utilizada como TMA uma taxa livre de risco do mercado, o projeto iria proporcionar um retorno de 374,77% considerando a sua vida útil econômica.

4.4.7 Estudo comparativo

Para fins de estudo comparativo foi estimado que 75% do valor de venda da tonelada de minério de ferro representa os custos e despesas para o seu beneficiamento e transporte, incluindo nesse percentual os valores gastos com energia e manutenção.

Dessa forma vamos demonstrar o resultado líquido encontrado considerando esse custo de produção / ton, e utilizar desses valores para realizar as análises financeiras pertinentes ao projeto.

A Tabela 20 representa os dados de produção conforme exposto na Tabela 12, porém foi acrescentado o Custo de produção / ton, sendo assim o resultado líquido encontrado foi de R\$10.168.548,60.

Tabela 20 – Produção Moinho Novo – Estudo comparativo

Descrição	Valores	Fonte
Valor tonelada minério de ferro 62% FeO - TIOc1	R\$98,74	Equação 8
Custo de produção / ton	R\$74,06	Estimativa 75%
Capacidade de produção do moinho t/h:	150	Tabela Fornecedor

Taxa do Overflow	70%	Empresa
Taxa do Underflow	30%	Empresa
Produto Overflow t/h	105	Equação 9
Taxa de recuperação da concentração magnética	61,32%	Empresa
Produto gerado t/h	64,386	Equação 10
Produto gerado R\$/h	R\$1.589,37	Equação 11
Horas disponíveis para operação	8760	Empresa
Disponibilidade da usina	76,88%	Empresa
Horas de operação	6734,58	Equação 12
Resultado bruto gerado	R\$10.703.735,37	Equação 13
Perdas de empilhamento	5%	Empresa
Resultado líquido	R\$10.168.548,60	Equação 14

Fonte: autor (2019)

Da mesma forma a Tabela 21 apresenta os dados de produção do moinho antigo considerando o mesmo percentual de custo de produção / ton, pois os moinhos alimentam a mesma usina de beneficiamento mineral, e no final do processo os produtos se juntam, portanto o valor de resultado líquido encontrado referente a produção do moinho antigo é de R\$9.933.073,41

Tabela 21 – Produção Moinho Antigo – Estudo comparativo

Descrição	Valores	Fonte
Valor tonelada minério de ferro 62% FeO - TIOc1	R\$98,74	Equação 8
Custo de produção / ton	R\$74,06	Estimativa 75%
Capacidade de produção do moinho t/h:	150	Tabela Fornecedor
Taxa do Overflow	70%	Empresa
Taxa do Underflow	30%	Empresa
Produto Overflow t/h	105	Equação 9
Taxa de recuperação da concentração magnética	59,90%	Empresa
Produto gerado t/h	62,895	Equação 10
Produto gerado R\$/h	R\$1.552,56	Equação 11
Horas disponíveis para operação	8760	Empresa
Disponibilidade da usina	76,88%	Empresa
Horas de operação	6734,58	Equação 12
Resultado bruto gerado	R\$10.455.866,75	Equação 13
Perdas de empilhamento	5%	Empresa
Resultado líquido	R\$9.933.073,41	Equação 14

Fonte: autor (2019)

4.4.8 Fluxo de caixa estudo comparativo

Seguindo a mesma metodologia para se estimar o fluxo de caixa do projeto demonstrado na Equação 16, a Tabela 22 apresenta os valores encontrados após o cálculo realizado.

Tabela 22 – Fluxo de caixa comparativo

Período	Investimento Inicial	Fluxo de caixa	Fluxo de caixa terminal	Fonte
0	(R\$332.342,84)			Tabela 4 e Tabela 5
1		R\$235.475,20		Equação 16
2		R\$235.475,20		
3		R\$235.475,20		
4		R\$235.475,20		
5		R\$235.475,20		
6		R\$235.475,20		
7		R\$235.475,20		
8		R\$235.475,20		
9		R\$235.475,20		
10		R\$235.475,20	R\$0,00	

Fonte: autor (2019)

4.5 ANÁLISE FINANCEIRA DO ESTUDO COMPARATIVO

4.5.1 Payback

O retorno do investimento inicial, payback, do estudo comparativo foi um pouco diferente do estudo de caso principal, pois considerando o custo de produção o projeto apresentou um retorno no 2 ano de operação, pois se fez um investimento inicial no valor de R\$ R\$332.342,84 e o retorno anual estimado e de R\$235.475,20 conforme demonstrado na Tabela 22.

4.5.2 Valor presente líquido

Utilizando a mesma taxa mínima de atratividade demonstrada pela Tabela 17 para trazer a valor presente o fluxo de caixa futuro do projeto considerando a sua vida útil econômica de 10 anos, assim sendo o VPL é de R\$1.159.756,08.

Como o valor encontrado é positivo, o projeto se comprova viável mesmo considerando um custo e despesa de 75% do valor do preço do minério de ferro vendido.

Tabela 23 – VPL estudo comparativo

TMA	9,29%	Fonte
Período	Fluxo de caixa	
0	(R\$332.342,84)	Tabela 16
1	R\$235.475,20	
2	R\$235.475,20	
3	R\$235.475,20	
4	R\$235.475,20	
5	R\$235.475,20	
6	R\$235.475,20	
7	R\$235.475,20	
8	R\$235.475,20	
9	R\$235.475,20	
10	R\$235.475,20	
VPL	R\$1.159.756,08	Equação 17

Fonte: autor (2019).

4.5.3 Taxa interna de retorno

Considerando o VPL apresentado pela Tabela 23, calcula-se a Taxa interna de retorno, para saber o quando em percentual o projeto é mais rentável que o custo de oportunidade. Comprovando a viabilidade da implantação do projeto mesmo com a consideração do custo de produção / ton, a TIR calculada do projeto é de 70,51%.

Tabela 24 – TIR estudo comparativo

Período	Fluxo de caixa	Fonte
0	(R\$332.342,84)	Tabela 16
1	R\$235.475,20	
2	R\$235.475,20	
3	R\$235.475,20	
4	R\$235.475,20	
5	R\$235.475,20	
6	R\$235.475,20	
7	R\$235.475,20	
8	R\$235.475,20	
9	R\$235.475,20	
10	R\$235.475,20	
TIR	70,51%	

Fonte: autor (2019).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos por meio do estudo de caso apresentado demonstraram que a tomada de decisão da aquisição de um motor síncrono foi assertiva. Todos os cálculos foram baseados nos dados operacionais de funcionamento dos equipamentos, ciclo operacional da usina de concentração magnética e outros dados coletados dentro da empresa.

Não foi considerado o custo de aquisição dos demais equipamento que compõem a planta de moagem, pois o objetivo do estudo visou a parte elétrica do sistema. Então, os valores de fluxo de caixa tornam-se as diferenças entre o desempenho financeiro da máquina antiga já existente e da máquina nova implantada.

No decorrer do estudo foi demonstrado o valor de investimento inicial, considerando o custo com aquisição de equipamento e custo da instalação, e composição do fluxo de caixa relevante de expansão. Apesar do acionamento composto pelo motor síncrono apresentar maior investimento inicial, o mesmo, devido às suas características construtivas, apresentou um menor consumo de energia, perdas elétricas internas menores devido ao alto rendimento da máquina, com seu torque constante na variação de carga e controle de velocidade precisa, demonstrando melhor cisalhamento dos minerais, proporcionando uma maior taxa de recuperação na usina de concentração magnética.

Além de apresentar perdas menores devido às suas características construtivas e a forma como é acoplada à carga, o motor síncrono pode ajudar na correção do fator de potência da instalação. Assim, pode acrescentar maior rentabilidade para a empresa, pois a mesma deixaria de gastar com reposição de unidades capacitivas danificadas e não haveria a necessidade de locação de homens-hora para manutenções nos bancos de capacitores. Com a carga reativas proporcional ao que o motor síncrono especificado está apto a injetar de reativo na rede.

Portanto, a alternativa de instalação do motor síncrono no acionamento de moinhos de bolas é um projeto viável em comparação com a alternativa de acionamento implantado no moinho antigo de mesmas características operacionais, pois o projeto apresentou um payback menor que 1 ano, um VPL igual à R\$7.560.058,82 o que proporcionou uma TIR de 374,77%, mesmo realizando um

estudo comparativo considerando um custo de produção / ton no percentual de 75% do preço da tonelada do minério de ferro vendida, a implantação do projeto se comprovou viável apresentando da mesma forma um VPL positivo na casa dos R\$1.159.756,08, proporcionando uma taxa interna de retorno de 70,51% e um payback menor que 2 anos.

Com todas as ferramentas utilizadas e as referências pesquisadas, foi possível responder o problema de pesquisa desse estudo de forma objetiva. Verificou-se que é viável financeiramente e economicamente a implantação do motor síncrono nesse tipo de acionamento.

O estudo de caso apresentou algumas limitações, como a aquisição de dados financeiros. Devido à empresa em estudo ser de capital fechado, não foi possível um detalhamento mais minucioso da produção de minério de ferro de toda a unidade, pois o produto final é um montante de outros processos e um período maior de observação do funcionamento do acionamento. Nesse caso, considerou-se, neste estudo, somente variáveis diretamente ligadas a parte das instalações elétricas do equipamento, sendo assim a aquisição de infraestrutura da usina e até mesmo o próprio moinho não foi considerado.

Ademais, a variação de CCL não foi possível de ser avaliada devido ao alto nível de complexidade operacional da empresa, e o foco desse trabalho ser na comparação dos acionamentos. Sendo assim a falta de detalhamento nas demonstrações financeiras da empresa impossibilitou essa análise, sendo considerada zerada no investimento inicial do fluxo de caixa.

No entanto, para estudos futuros de forma, acompanhar os dados financeiros dos anos posteriores ao desse estudo de caso e realizar uma análise de fluxo incremental de substituição assim que o moinho antigo com partida por meio de motor de indução for substituído por um com partida através de motor síncrono.

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, DARLAN. **Entenda o que está acontecendo na China e os reflexos nos mercados.** Disponível em: <http://g1.globo.com/economia/mercados/noticia/2015/08/entenda-o-que-esta-acontecendo-na-china-e-os-reflexos-nos-mercados.html>. Acesso: 25/08/2019 17h53min
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS. **NBR 5410: Instalações Elétricas de Baixa Tensão.** Brasília: 2004.
- CASAROTO F. N.; KOPITTKE, B. H. **Análise de Investimentos:** Matemática Financeira, Engenharia Econômica, Tomada de Decisão, Estratégia Empresarial. 11ª edição. São Paulo: Atlas, 2010.
- CATERPILAR GLOBAL MINING, **Análise setor de produção da mineração,** São Paulo, 2008.
- CEMIG. **Tarifas.** Disponível em: https://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/Paginas/valores_de_tarifa_e_servicos.aspx: Acesso em: 16 Abr. 2016 / 10h34min:.
- CHAVES, A.P. 2003. **Teoria e Prática do Tratamento de Minérios,** V. 3. São Paulo: Signus, 2003.
- CHEBRLE, L.A. D, **A vida útil de instalações no setor elétrico e sua influência na definição das tarifas de distribuição de energia no Brasil,** Dez. 2013, Dissertação –; Faculdade de economia, Administração e Contabilidade - FACE. Universidade de Brasília Dez 2013.
- DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral), **Anuário mineral brasileiro,** Brasília, 2019.
- FILHO, J. M. **Instalações elétricas.** 7. ed. São Paulo: LTC, 2003.
- FITZGERALD, A.E. **Máquinas Elétricas.** 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- FURLAN. **Moinho de bolas.** Maio 2012. Disponível em: <http://furlan.com.br/moinhos-de-bolas-barras/> Acesso em 27 Abr. 2016.
- GALESNE, A.; FENSTERSEIFER, J., **Decisões de investimento da empresa,** São Paulo, Editora Atlas, 1999
- GE-GEVISA. **Nota técnica de motores síncronos.** São Paulo, v. 1, 2010.
- GITMAN, L. J.; MADURA, J. **Princípios de Administração financeira:** fundamentos e práticas brasileiras. São Paulo: Pearson Education, 2005.
- HIRSCHFELD, H. **Engenharia Econômica e Análise de custos.** 7. ed. São Paulo: Atlas S.A, 2011.
- IBRAM. **Informação e análise da economia mineral brasileira.** 7ª Edição dezembro 2012
- INFOMONEY. **Minério de ferro atinge US\$ 100 com crise de fornecimento.** Disponível em: <https://www.infomoney.com.br/mercados/noticia/8321374/minerio-de-ferro-atinge-us-100-com-crise-de-fornecimento>. Acesso: 25/08/2019

LUZ, A. B.; SAMPAIO, J. A.; FRANÇA, S. C, **TRATAMENTO DE MINÉRIOS**, 5ª Edição, Rio de Janeiro: Editora CETEM Janeiro 2010,

NAKANO, Yoshiaki, **ENGENHARIA ECONÔMICA E DESENVOLVIMENTO**, julho 2012, Monografia – Fundação Getúlio Vargas. São Paulo Julho de 2012.

OLIVEIRA, F.R, **Uma revisão dos Princípios de Funcionamento e Métodos de Dimensionamento de Moinho de Bolas**, Dissertação – DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS; Escola de engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais. Universidade de Brasília Julho de 2012.

RECEITA FEDERAL. **Tabela de depreciação**. Disponível em: <http://normas.receita.fazenda.gov.br/sijut2consulta>: Acesso em: 16 Abr. 2016.

RECEITA FEDERAL. **Taxa de juros Selic** Disponível em: <http://receita.economia.gov.br/orientacao/tributaria/pagamentos-e-parcelamentos/taxa-de-juros-selic>. Acesso: 27/10/2019 13:00

ROSS S. A.; WESTERFIELD R. W.; JORDAN B. D., **Princípios de administração financeira**. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

SOARES, S., **Mão de obra direta**, Centro de ensino superior do Amapá. Disponível em: <http://www.ceap.br/material/MAT27052012220421.pdf> Acesso em 30 Abr. 2016.

VALADÃO, G.E. 2007. **Introdução ao Tratamento de Minérios**, V.1. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2007.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. PCM, **Planejamento e controle da manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitymark. Ed. 2002.

WERNECK, D.G. Definições de perdas e rendimento do motor de indução trifásico através do estudo da norma IEC 60034-2. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011.

WEG. **Chave magnética**. Jan. 2015a. Disponível em: <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-chaves-de-partida-50009814-catalogo-portugues-br.pdf> : Acesso em 27 Abr. 2016.

WEG. **Chave seccionadora**. Jan. 2015b. Disponível em: <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-chaves-seccionadoras-50022911-catalogo-portugues-br.pdf>: Acesso em 27 Abr. 2016.

WEG. **Correção do fator de potência**. Jan. 2015c. Disponível em: <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-capacitores-para-correcao-do-fator-de-potencia-50009818-catalogo-portugues-br.pdf>: Acesso em 27 Abr. 2016.

WEG. **Motores de indução**. Jan. 2015d. Disponível em: <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-motores-de-inducao-trifasicos-linha-master-50009359-catalogo-portugues-br.pdf>: Acesso em 27 Abr. 2016.

WEG. **Motores síncronos**. São Paulo, v. 1, 2010.

WEG. **Relé de proteção sobrecarga**. Jan. 2015e. Disponível em <http://www.weg.net/br/Produtos-e-Servicos/Controls/Partida-e-Protecao-de-Motores/RW-Reles-de-Sobrecarga-Termico>: Acesso em 27 Abr. 2016.

WEG. **Soft Starter**. Jan. 2015f. Disponível em: <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-soft-starters-ssw07-e-ssw08-10413139-catalogo-portugues-br.pdf>: Acesso em 27 Abr. 2016.

WEG. **Solução para mineração.** Jan. 2015g. Disponível em: <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-solucoes-para-mineracao-50025494-catalogo-portugues-br.pdf> Acesso em 30 Abr. 2016.

WILLS, B.A. **Mineral Processing Technology:** an Introduction to the practical aspects of ore treatment and mineral recovery. 7th ed. Oxford: Elsevier 2007.

ANEXOS

ANEXO A – Tabela de depreciação da Receita Federal

CAPTULO 85 - MQUINAS, APARELHOS E MATERIAIS ELTRICOS, APARELHOS DE GRAVAO OU DE REPRODUO DE SOM, APARELHOS DE GRAVAO OU DE REPRODUO DE IMAGENS E DE SOM EM TELEVISAO.			
8501	MOTORES E GERADORES, ELTRICOS, EXCETO OS GRUPOS ELETROGNEOS.	10	10 %
8502	GRUPOS ELETROGNEOS E CONVERSORES ROTATIVOS, ELTRICOS	10	10 %
8504	TRANSFORMADORES ELTRICOS, CONVERSORES ELTRICOS ESTTICOS (RETIFICADORES, POR EXEMPLO), BOBINAS DE REATNCIA E DE AUTO-INDUO	10	10 %
8508	FERRAMENTAS ELETROMECCNICAS DE MOTOR ELTRICO INCORPORADO, DE USO MANUAL	5	20 %
8510	APARELHOS OU MQUINAS DE TOSQUIAR DE MOTOR ELTRICO INCORPORADO	5	20 %
8514	FORNOS ELTRICOS INDUSTRIAIS OU DE LABORATRIO, INCLUDOS OS QUE FUNCIONAM POR INDUO OU POR PERDAS DIELTRICAS; OUTROS APARELHOS INDUSTRIAIS OU DE LABORATRIO PARA TRATAMENTO TRMICO DE MATRIAS POR INDUO OU POR PERDAS DIELTRICAS	10	10 %
8515	MQUINAS E APARELHOS PARA SOLDAR (MESMO DE CORTE) ELTRICOS (INCLUDOS OS A GS AQUECIDO ELETRICAMENTE), A "LASER" OU OUTROS FEIXES DE LUZ OU DE FTONS, A ULTRASSOM, A FEIXES DE ELTRONS, A IMPULSOS MAGNTICOS OU A JATO DE PLASMA; MQUINAS E APARELHOS ELTRICOS PARA PROJEO A QUENTE DE METAIS OU DE CERAMAS ("CERMETS")	10	10 %
8516	APARELHOS ELTRICOS PARA AQUECIMENTO DE AMBIENTES, DO SOLO OU PARA USOS SEMELHANTES	10	10 %
8517	APARELHOS ELTRICOS PARA TELEFONIA OU TELEGRAFIA, POR FIO, INCLUDOS OS APARELHOS TELEFNICOS POR FIO CONJUGADO COM UM APARELHO TELEFNICO PORTTIL SEM FIO E OS APARELHOS DE TELECOMUNICAO POR CORRENTE PORTADORA OU DE TELECOMUNICAO DIGITAL; VIDEOFONES	5	20 %
8518	INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS	10	10%
8520	GRAVADORES DE DADOS DE VO	5	20 %
8521	APARELHOS VIDEOFNICOS DE GRAVAO OU DE REPRODUO, MESMO INCORPORANDO UM RECEPTOR DE SINAIS VIDEOFNICOS		
8521.10	Gravador-reprodutor de fita magnética, sem sintonizador	5	20 %
8521.90	Gravador-reprodutor e editor de imagem e som, em discos, por meio magnético, ptico ou opto-magnético	5	20 %