

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS**  
**ENGENHARIA MECÂNICA**  
**THIAGO HENRIQUE PETRIN SILVA**

**MODIFICAÇÃO NO ACIONAMENTO DO CLASSIFICADOR DE MOINHOS DE  
ROLOS PENDULARES RAYMOND: MUDANÇA NO ACIONAMENTO DE POLIAS  
E CORREIAS PARA REDUTOR COM ENGRENAGENS**

**Varginha**

**2022**

**THIAGO HENRIQUE PETRIN SILVA**

**MODIFICAÇÃO NO ACIONAMENTO DO CLASSIFICADOR DE MOINHOS DE  
ROLOS PENDULARES RAYMOND: MUDANÇA NO ACIONAMENTO DE POLIAS  
E CORREIAS PARA REDUTOR COM ENGRENAGENS**

Trabalho Acadêmico do curso de Engenharia Mecânica  
do Centro Universitário do Sul de Minas - Unis/MG  
apresentado como pré-requisito para obtenção do grau  
de bacharel, sob orientação do prof. João Mario Mendes  
de Freitas

**Varginha**

**2022**

**THIAGO HENRIQUE PETRIN SILVA**

**MODIFICAÇÃO NO ACIONAMENTO DO CLASSIFICADOR DE MOINHOS DE  
ROLOS PENDULARES RAYMOND: MUDANÇA NO ACIONAMENTO DE POLIAS  
E CORREIAS PARA REDUTOR COM ENGRENAGENS**

Trabalho Acadêmico do curso de Engenharia Mecânica  
do Centro Universitário do Sul de Minas - Unis/MG  
apresentado como pré-requisito para obtenção do grau  
de bacharel, sob orientação do prof. João Mario Mendes  
de Freitas

Avaliado em:        /        /

---

Prof.

---

Prof.

---

Prof.

OBS:

Felizes são os que ouvem a palavra de Deus e  
a guardam!

Lucas 11:28

## RESUMO

A melhoria de máquinas e ou equipamentos dentro da fabricação, montagens mecânicas e aplicação em campo podem atrair mais clientes e, investimentos para a empresa e ganhar concorrência de outras empresas. Por isso foi motivado através desta, foi sugerido pelo engenheiro Wagner Roberto da Silva, dono da empresa Engemill Moinhos, a ideia a mudança de acionamentos de correias e polias para motor com redutor e engrenagens pois podemos ganhar melhorias em manutenções, menos gastos com sobressalentes, facilidade e atendimento da proposta.

Logo o trabalho se refere a uma mudança do sistema de transmissão de correias e polias, para redutor com engrenagens do classificador do moinho de rolos pendulares. A modificação nos dará redução nos custos de fabricação, menores gastos com manutenção, ajustes mais simplificados entre outros tantos.

No contexto apresentado se foi necessário apresentar a aplicação de todo o sistema dos moinhos pendulares com seus equipamentos do ciclo, como é a moagem e os minérios que são comumente beneficiados nos moinhos.

**Palavras Chave:** Moinho de rolos pendulares. Melhorias. Classificador..

## **ABSTRACT**

Improved machinery and equipment within manufacturing, mechanical assemblies and field application can attract more customers, investments for the company and gain competition from other companies. So it was motivated by this, it was suggested by the engineer Wagner Roberto da Silva, owner of the company Engemill Moinhos, the idea of changing belt drives and pulleys to motor with reducer and gears because we can gain improvements in maintenance, less spending on spare parts, ease and service of the proposal.

Soon the work refers to a change in the transmission system of belts and pulleys, for reducer with commuting roller mill classifier gears. The modification will give us reduction in manufacturing costs, lower maintenance costs, more simplified adjustments among many others.

In the context presented if it was necessary to present the application of the entire system of the pendulum mills with their cycle equipments, as is the grinding and ores that are commonly benefited in the mills.

**Keywords:** Pendulum roller mill. Improvements. Classifier.

## LISTA DE IMAGENS

Figura 1: Moinho de Rolos Pendulares.....	13
Figura 2: Vista em corte do corpo principal do moinho pendular.....	14
Figura 3: Planta de Moagem Engemill.....	15
Figura 4: Fluxograma do processo moinho EM-50.....	16
Figura 5: Exemplo de Exaustor de Moinho de Rolos Pendulares.....	17
Figura 6: Exemplo esquemático do funcionamento de um ciclone.....	18
Figura 7: Vista explodida do filtro de mangas.....	19
Figura 8: Redutor com Engrenagens.....	20
Figura 9: Conjunto do Separador.....	26
Figura 10: Acionamento por redutor.....	27

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Exemplos de minérios para moagem em moinhos pendulares.....	11
Tabela 2: Itens do Conjunto Mecânico interno do Classificador.....	21
Tabela 3: Classifica a carga U, M e F.....	22
Tabela 4: Classifica o Números de Partida por Hora.....	23
Tabela 5: Carga Horária de Trabalho.....	23
Tabela 6: Fator de Velocidade.....	24
Tabela 7: Modelo do Motoredutor.....	25

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
<b>2 EXTRAÇÃO E BENEFICIAMENTO DE MINÉRIOS NÃO FERROSOS</b>	<b>12</b>
2.1 Minérios dispostos para moagem em moinhos pendulares	12
2.2 Britagem primária	13
2.3 Britagem Secundária	13
2.4 Moagem (Cominuição Final)	13
<b>3 MOINHO DE ROLOS PENDULARES E SEUS EQUIPAMENTOS DO SISTEMA</b>	<b>14</b>
3.1 Fluxograma de processos	16
3.2 Exaustor	18
3.3 Ciclone	18
3.4 Filtro de Mangas	19
<b>4 REDUTORES DE VELOCIDADE</b>	<b>21</b>
<b>5 METODOLOGIA</b>	<b>21</b>
<b>5.1 DESENVOLVIMENTO</b>	<b>22</b>
5.1.1 Redução	22
5.1.2 Fator de Serviço Para novo Redutor	23
5.1.3 Fator de Velocidade	25
5.1.4 Potência Real para o Redutor	25
5.1.5 Escolha do Redutor	26
<b>6 ACIONAMENTOS DO CLASSIFICADOR</b>	<b>27</b>
6.1 Sistema de transmissão atual / Sistema de transmissão por redutor	28
6.1.1 Vantagens:	28
6.1.2 Desvantagens:	29
<b>7 CONCLUSÃO</b>	<b>29</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>30</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A melhoria de máquinas e ou equipamentos dentro da fabricação, montagens mecânicas e aplicação em campo podem atrair mais clientes e investimentos para a empresa e ganhar concorrência de outras empresas.

O moinho pendular Raymond é um equipamento voltado para moagem de minérios não ferrosos com classe variada de granulometria de entrada e saída do sistema. Acerca de seu sistema temos outros equipamentos necessários para seu funcionamento correto e ganho de capacidade de moagem (capacidade de quantas toneladas/hora de material moído). O classificador é um equipamento de conjunto com o corpo do moinho que dão características mais finas para o grão após moagem, através das aletas alocadas no denominado "*whizzer* separador".

Através da ideia é expressamente necessário apresentar os componentes do sistema de um moinho pendular, processos de beneficiamento dos minérios e, como são os processos de moagem, e os diversos tipos de minérios que podem ser moídos em um moinho pendular.

As análises deste trabalho pretendem mostrar como as mudanças no acionamento do classificador dos moinhos pendulares raymond deverão ser significativas no sistema.

Poderemos destacar as análises nos princípios de funcionamento da máquina, redução de custos para compra de sobressalentes, redução de áreas para lubrificação tendo assim um melhor plano de lubrificação e menor gasto com Hh(homens-hora) no equipamento, maior facilidade para inspeção e identificação de áreas para trocas de peças.

O objetivo deste é comparar os tipos de acionamentos visando apresentar o dimensionamento de um redutor para o sistema, comparando os acionamentos e apresentando as diferenças das montagens mecânicas e caldeiraria.

O estudo em questão possui grande relevância tanto dentro da indústria com as modificações que ele trará para o dia a dia na empresa, quanto para a metalúrgica pois trará novas formas de atender a demanda do cliente e poder diminuir custos com fabricação

O trabalho em questão visa comparar os dois tipos de acionamentos e trazer cálculos de dimensionamento do motor e caixa de redução para o sistema, e fazer o comparativo de gastos e economias para a fabricação deste modo.

O referencial teórico irá mostrar as etapas de extração do minério, britagem e moagem. Também trará sobre os equipamentos da planta de moagem do moinho pendular.

## 2 EXTRAÇÃO E BENEFICIAMENTO DE MINÉRIOS NÃO FERROSOS

A mineração é a prática de exploração e beneficiamento de minérios, e uma prática que tem altos índices para a economia do país. Para a moagem temos alguns trabalhos primeiro até a chegada da cominuição final. Primeiramente temos a extração dos minérios, que é nada mais que tirar o minério da natureza. Logo após seguimos para a cominuição inicial e assim seguindo para a cominuição final.

Para a moagem em moinhos de rolos pendulares, são utilizados apenas minérios não ferrosos, onde-se tem uma gama grande de minérios para ser utilizado.

### 2.1 Minérios dispostos para moagem em moinhos pendulares

Os materiais para moagem em moinhos pendulares são abrangentes, conforme tabela 1 teremos alguns exemplos de materiais compatíveis são compatíveis com o sistema de moagem por moinhos de rolos pendulares.

Tabela 1: Exemplos de minérios para moagem em moinhos pendulares

Argila	Coque de Petróleo	Gesso	Manganês	Bentonita
Calcário	Calcário Cretáceo	Bauxita	Carvão Vegetal	Calcário Marinho
Caulim	Barita	Carvão Mineral	Enxofre	Carbonato de Cálcio
Fosfato	Óxido de Zinco	Dolomita	Óxido de Ferro	Talco

Fonte: Acervo Engemill,2022.

Os materiais podem variar de granulometria inicial e final de acordo com o necessário para cada caso.

### 2.2 Britagem primária

A britagem primária, nada mais é que o minério em seu estado bruto passar por processos de diminuição de tamanho, seja ele por compressão, impacto ou abrasão. Geralmente, as máquinas para a britagem primária são utilizadas em grande porte, e sempre

operam em circuito aberto, onde não realizando nenhum descarte (escalpe) da fração de menor tamanho contida na alimentação.

Para este estágio, são utilizados os seguintes tipos de britadores: mandíbulas, giratório, impacto e rolo dentado. A britagem primária é realizada a seco e tem uma razão de redução de 8:1. Recebe normalmente tamanhos máximos de rocha de ordem de 1,0m a 2,0m (Vareta, 2011).

### **2.3 Britagem Secundária**

A britagem secundária é o próximo processo para diminuição do material, e tem como alimentação material de 15 a 30 cm. Ela contém escalpe e tem a finalidade de aumentar a capacidade de produção. A operação também é realizada a seco, e o circuito podendo ser aberto ou fechado. Os equipamentos são semelhantes aos da britagem primária, porém tem dimensões menores.

### **2.4 Moagem (Cominuição Final)**

O ato da moagem se deu para suprir a necessidade de alcançar diversos tipos de granulometrias de materiais e atender as necessidades do mercado. O ato de cominuição afirmado por Beraldo (1987) ou redução de tamanho, é uma importante etapa do beneficiamento dos minerais. O processo de cominuição é dividido em duas classes distintas, britagem (cominuição inicial) e moagem (cominuição final), conforme granulometria e mecanismos de fragmentação envolvidos.

“A moagem que é a cominuição final é também chamada de fragmentação fina, que representa o último estágio na redução granulométrica na cominuição de minérios, consiste de um método específico para redução do tamanho das partículas” (CHIEREGATI,2001).

É nesta etapa que geralmente entram diversos tipos de moinhos. Os equipamentos que são utilizados são os moinhos pendulares, de bolas, de barras e outros tantos.

### 3 MOINHO DE ROLOS PENDULARES E SEUS EQUIPAMENTOS DO SISTEMA

O moinho de rolos pendulares são equipamentos destinados para a moagem de minérios não ferrosos. Este tipo de moinho é o que será estudado no seu equipamento secundário neste. O princípio de funcionamento parte de um eixo com uma árvore de pêndulas denominada "aranha", e a mesma suporta eixos pendulares com rolos destinados à moagem, dando assim a origem a seu nome "moinho de rolos pendulares". Logo quando em funcionamento, o material é pulverizado pela ação de rolamento entre o anel (localizado em sua base) e os rolos, onde eles percorrem trajetória circular sobre o anel e a força centrífuga os empurra sobre o anel. A alimentação se dá através de um alimentador.

Figura 1: Moinho de Rolos Pendulares:

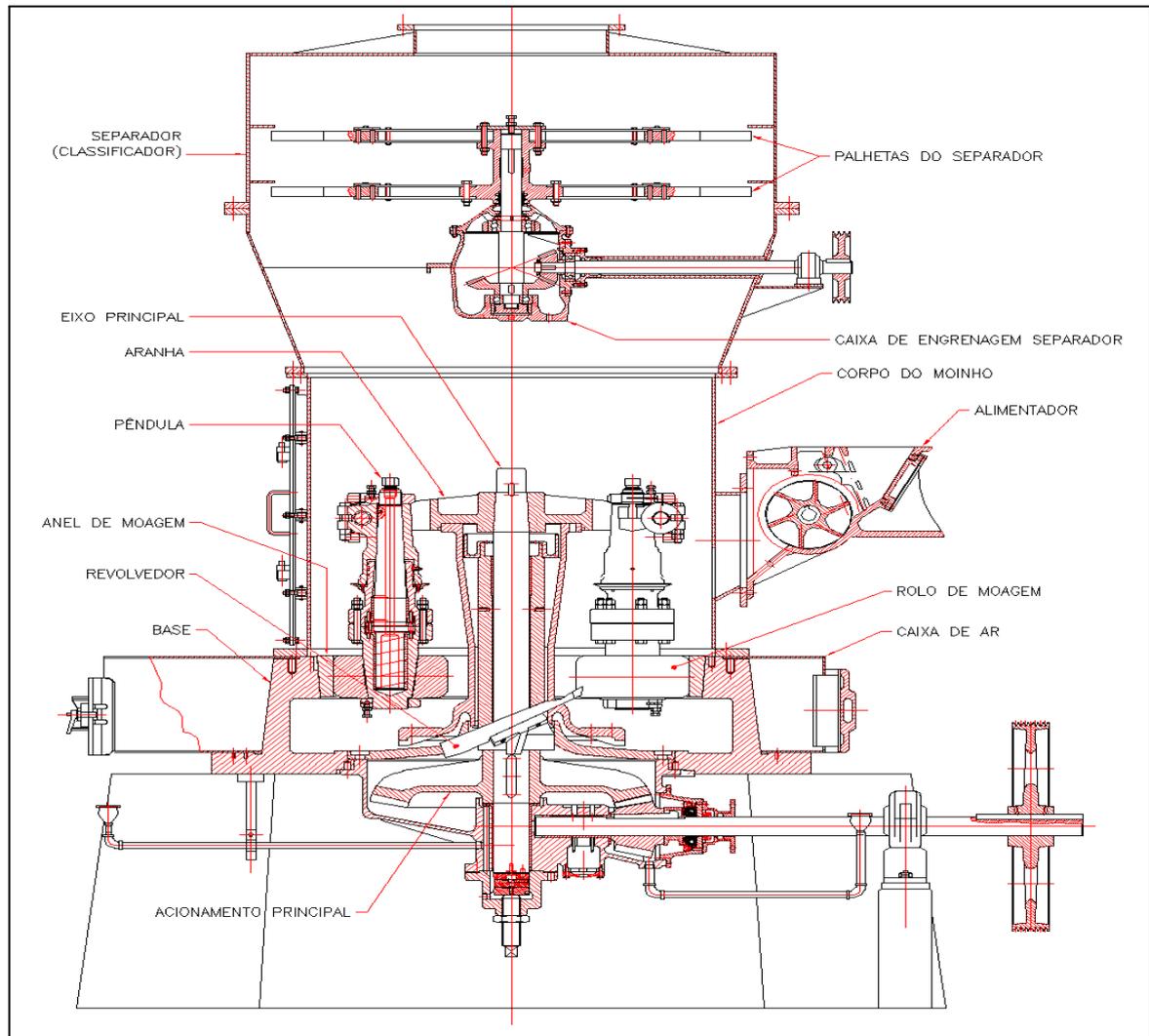


Fonte: Acervo Engemil,2022

As partículas moídas são retiradas da câmara de moagem através do fluxo de ar gerado pelo exaustor, até o classificador que trabalha em baixa rotação, e tem a capacidade de fazer sua classificação granulométrica.

Abaixo esquema com vista de corte do corpo principal do moinho pendular.

Figura 2: Vista em corte do corpo principal do moinho pendular



Fonte: Acervo Engemil,2022

O equipamento estudado (classificador) também é denotado nesta imagem, podemos ver que o mesmo conta com a caixa das engrenagens, palhetas e a transmissão por polias e correias.

O moinho de rolos pendulares não é o único equipamento do sistema, exemplo na figura abaixo de uma planta de moagem completa

Figura 3: Planta de Moagem Engemill



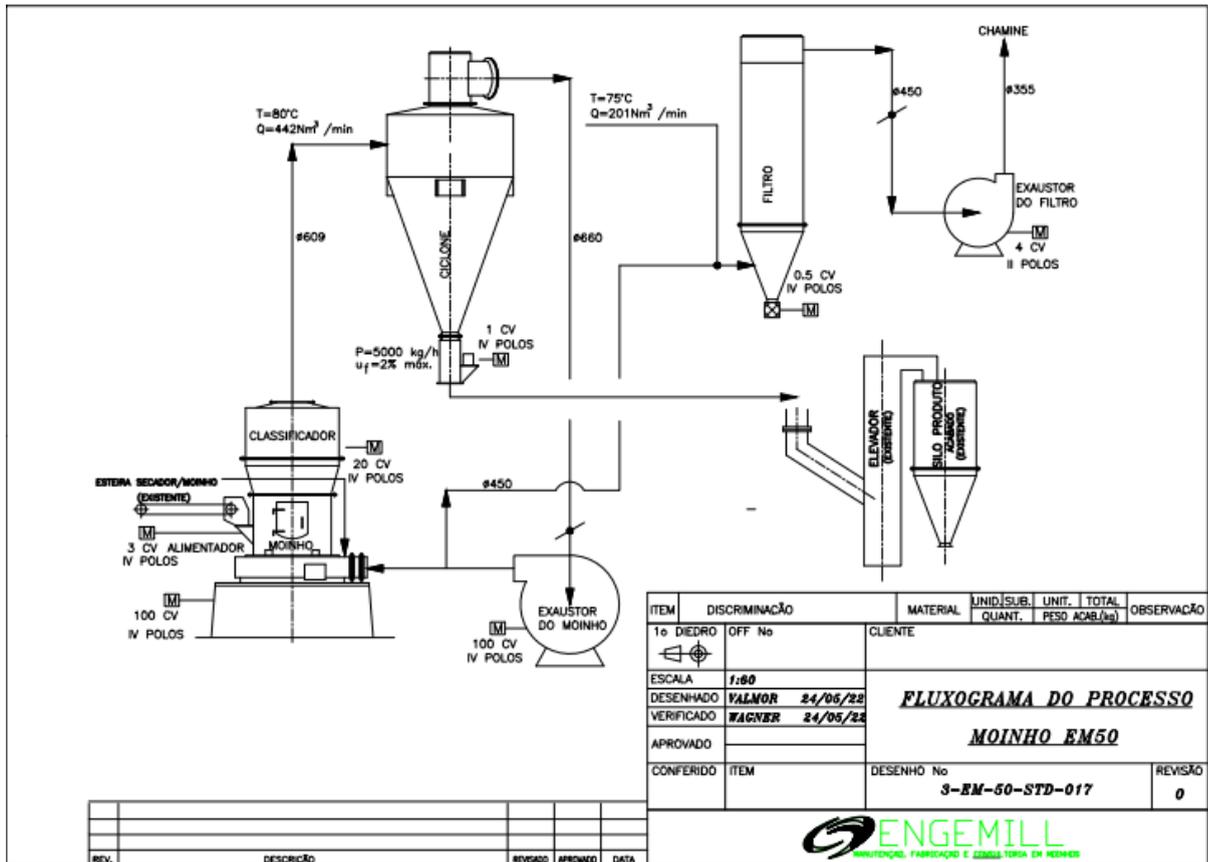
Fonte: Acervo Engemill,2022

Assim demonstrado o sistema de moagem, devemos entender o funcionamento de todos os equipamentos que se utilizam no mesmo.

### **3.1 Fluxograma de processos**

Acerca do sistema de moagem temos outros equipamentos que compõe a mesma, conforme imagem abaixo.

Figura 4: Fluxograma do processo moinho EM-50



Fonte: Acervo Engemill,2022.

Temos no processo do moinho os seguintes equipamentos:

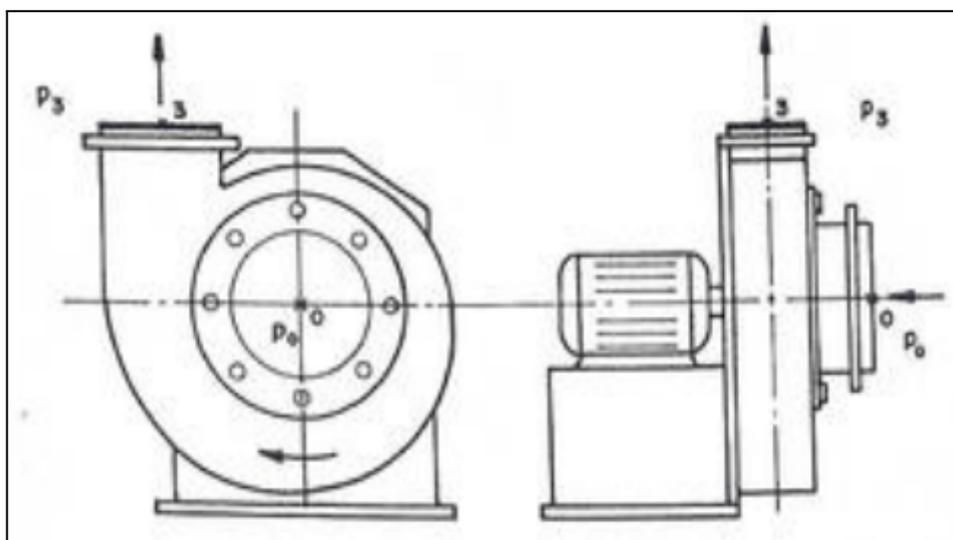
- A. Moinho Pendular;
- B. Classificador;
- C. Exaustor do Moinho;
- D. Ciclone;
- E. Filtro de Mangas;
- F. Exaustor do Filtro.

Demais equipamentos como elevador de canecas, e silo de produto acabado não são obrigatórios na planta e são apenas processos pós moagem para estoque de material.

### 3.2 Exaustor

O exaustor é um equipamento auxiliar de um moinho que é acoplado diretamente à caixa de ar do mesmo. Podemos definir exaustor conforme afirma Araújo (2007), “os exaustores industriais são equipamentos que têm a finalidade de retirar ar do ambiente através do acionamento de um motor elétrico. Eles retiram calor e impurezas do ambiente. São utilizados para a aeração de ambientes com excesso de: temperatura, umidade, vapores, fumaças, mofos, odores e outros poluentes[...]”. Também podemos considerar também que “ventiladores ou exaustores são turbomáquinas geratrizes ou operatrizes, também designadas por máquinas termodinâmicas, que se destinam a produzir o deslocamento dos gases [...]” (MACINTYRE,1990).

Figura 5: Exemplo de Exaustor de Moinho de Rolos Pendulares



Fonte:Macintyre,1990.

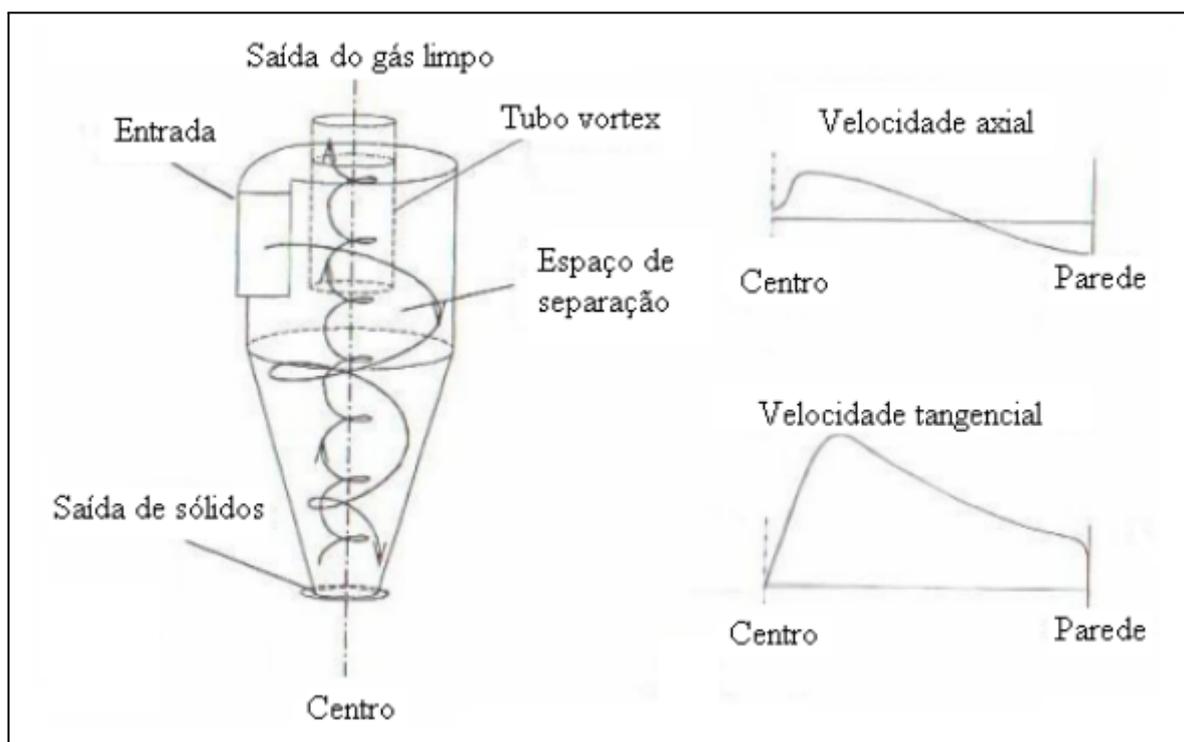
O exaustor no moinho é a máquina necessária para gerar velocidades de arraste e produzir o deslocamento das partículas sólidas e gasosas dentro da câmara de moagem, e os levando para outros processos do ciclo.

### 3.3 Ciclone

O ciclone é um equipamento do seguimento do processo após a moagem do moinho. O ciclone é um equipamento destinado a separar partículas sólidas de uma corrente de fluido pela ação da força centrífuga.

Segundo Hoffmann e Stein (2001) “a força centrífuga decorrente da entrada tangencial do gás faz com que partículas mais densas que o gás seja direcionado a parede do ciclone assim coletadas no tubo de saída. A figura 4 mostra um exemplo esquemático.

Figura 6: Exemplo esquemático do funcionamento de um ciclone



Fonte: Cássia, 2008.

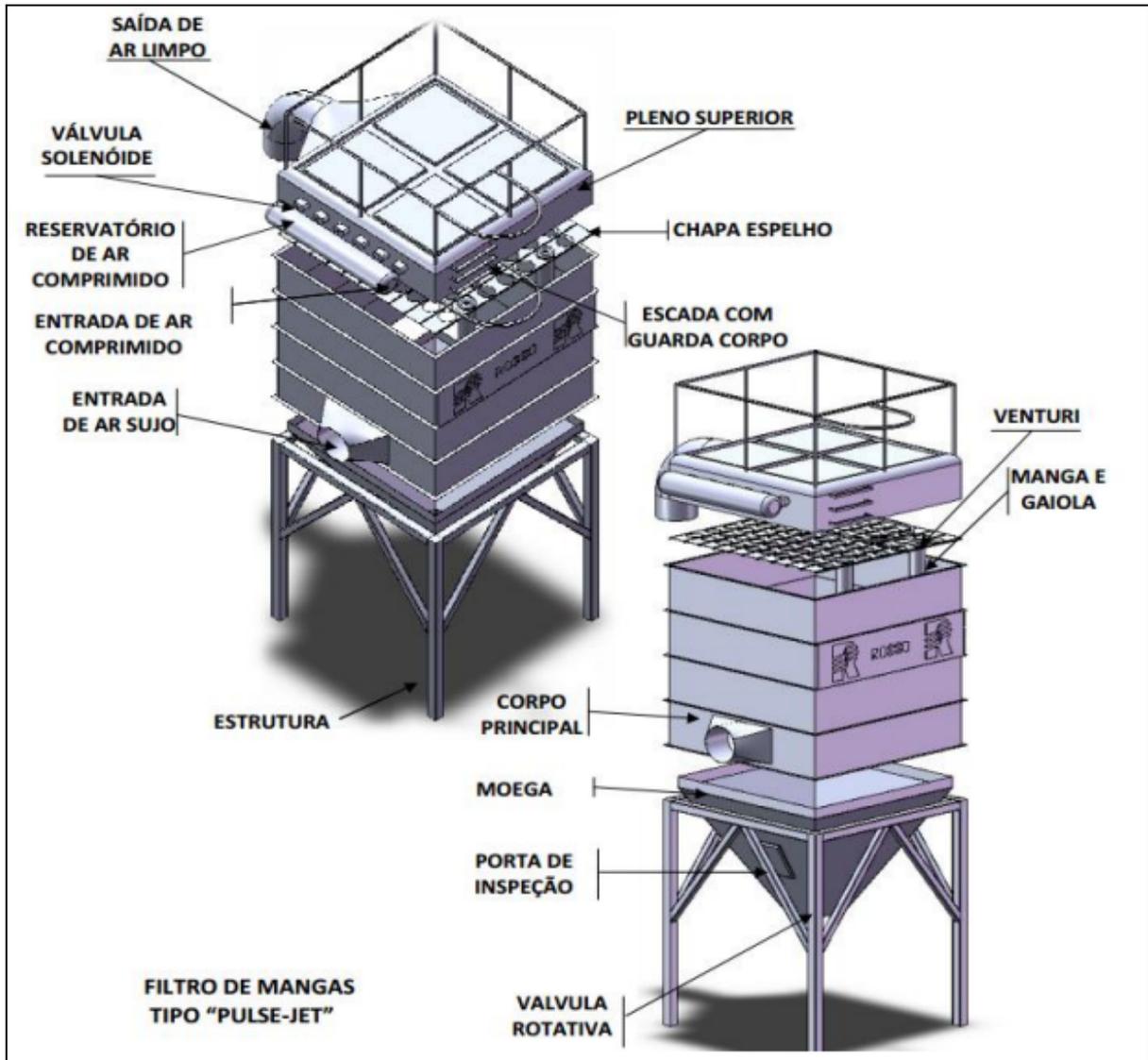
O material moído no moinho passa através do denominado duto de tiragem, onde através de pressões geradas pelo exaustor principal alcança os níveis do ciclone e assim separa o material moído e o gás limpo e através do denominado duto de retorno este gás limpo volta ao processo.

### 3.4 Filtro de Mangas

O Filtro de mangas é um equipamento desenvolvido para a captação, transporte e retenção de partículas com finalidade de separá-las no fluxo de gases industriais. O filtro de mangas utilizado no sistema de moagem estudado, é o filtro do tipo “pulse-jet”, e é o mais

utilizado dentre todos os outros filtros. Isso ocorre por conta da melhor eficiência que ele possui, com uma capacidade de retenção de até 0.2 micron, e possui também uma capacidade volumétrica 3 vezes maior com a mesma área filtrante, tem uma manutenção mais econômica, funcionamento automático, sem precisar parar para limpeza e também possui uma maior vida útil.

Figura 7: Vista explodida do filtro de mangas



Fonte: Adaptado de Rosso Industrial, Manual Técnico de Operação e Manutenção, p.4, 2016.

“O princípio de funcionamento consiste na introdução do ar contaminado no corpo central do filtro, através de antecâmara lateral devidamente dimensionada no sentido de evitar o choque direto do particulado com as mangas, assim como, reduzir a velocidade do fluxo e precipitar, por efeito de gravidade, o particulado de maior granulometria. O ar, ainda contaminado, é então conduzido para o interior do corpo central e forçado a passar através das mangas de filtragem, local de retenção do particulado ainda em suspensão. Na sequência o ar, já isento de impurezas, passa

para o plenum superior, saindo do filtro por meio de bocal (ais) localizado (s) em uma de suas laterais.” (Fábio Henrique, “et al”, 2016).

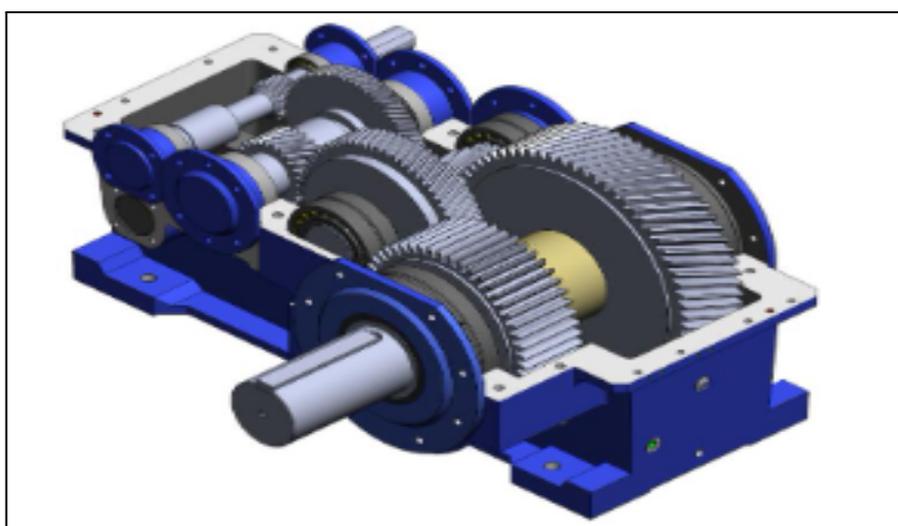
Vale ressaltar que o elemento filtrante do filtro são as mangas, podendo-se trabalhar com mangas de tecido e feltro. Como o processo do moinho de moagem de minérios não ferrosos emite partículas ou gases poluentes, foi-se necessário a implantação de um equipamento para filtragem das partículas, e o mais comum na linha de moagem é o filtro de mangas.

Fora os equipamentos que são utilizados no sistema, o classificador após a mudança terá um motor elétrico com um redutor.

#### 4 REDUTORES DE VELOCIDADE

Os redutores de velocidade conhecido também quando acoplados aos motores como moto redutores, são equipamentos mecânicos que transmitem a potência (torque) dada pelo motor onde temos perdas em seus componentes, para um ou mais eixos onde acoplados para cumprir sua função designada, e também transformam a rotação de acordo com suas engrenagens para o que é solicitado. A figura 6 ilustra o sistema de engrenagens, que através de um transmissor de potência e rotação (motor) acoplado ao eixo de entrada, temos a transformação da rotação, e transmissão de potência para um eixo de saída.

Figura 8: Redutor com Engrenagens



Fonte: WILMERS, 2019.

## 5 METODOLOGIA

Para a cumprir a proposta foi-se necessário a coleta dos dados relacionados abaixo:

- A. Motor utilizado na transmissão por correias e polias;
- B. Relação coroa x pinhão 1:2;
- C. Relação polia motora x polia movida 1:4;
- D. Motor utilizado no classificador: 20 CV, 1750 RPM ;
- E. Peso do sistema, será apresentado na tabela abaixo:

Tabela 2: Itens do Conjunto Mecânico interno do Classificador

Item	Peso unitário	Quantidade	Peso total
Palhetas de Ferro Fundido	2,7 Kg	144 Peças	288 Kg
Discos de apoio das palhetas	110 Kg	4 Peças	440 Kg
Cuba das engrenagens	61 Kg	1 Peça	61 Kg
Cuba Suspensa	45 Kg	1 Peça	45 Kg
Pinos fixação das Palhetas	0,1215 Kg	288 Peças	35 Kg
Parafusos	-	-	20 Kg

Fonte: O autor

### 5.1 DESENVOLVIMENTO

Início dos cálculos para dimensionamentos.

#### 5.1.1 Redução

Para o cálculo das reduções usamos a fórmula (1) de relação de transmissão como adaptado de Melconian:

$$i = \frac{d_2}{d_1} = \frac{n_1}{n_2} \quad (1)$$

Onde:

$i$  é a relação de transmissão (adimensional)

$d_1$  é o diâmetro da polia 01 (metros)

$d_2$  é o diâmetro da polia 02 (metros)

$n_1$  é a rotação 01 (rpm)

$n_2$  é a rotação 02 (rpm)

Logo sabemos que a redução é de 1:6. O motor do acionamento tem rotação de saída igual a 1750 RPM. Então temos rotação final do sistema igual a 292 RPM.

### 5.1.2 Fator de Serviço Para novo Redutor

O fator de serviço do redutor nada mais é que um fator que aplicado à potência nominal dele onde, indicará a carga de trabalho continuamente sem causar problema sob certas condições.

Para determinar o fator de serviço do sistema utilizaremos a união das tabelas 3 (Choque), 4 (Partidas por hora) e 5 (Carga horária de trabalho).

Tabela 3: Classifica a carga U, M e F

Uniforme (U)	Moderada (M)	Forte (F)
Alimentadores	Afiadores	Aeradores
Agitadores de Líquidos Puros	Agitadores de Densidade Variável	Acionamento de Ponte Rolante e Carga
Alvejadores de Papel	Agitadores de Líquidos + Sólidos	Bomba de poço fundo / petróleo
Bobinador de Papel e Têxtil	Alimentador de Rosca	Britadores de Pedras e Minérios
Bombas Centrifugas e Rotativas	Betoneiras	Cabeçote Rotativo e Peneiras de Dragas
Clarificadores	Bobinadora de Metal / Desbobinadeiras	Compressores Monocilíndricos
Compressores Centrifugos	Bomba - Multi Cilíndrica e Recíproca	Cortador de Chapas de Faca / Papel
Cortadoras de metais	Calandras	Elevador com Carga Pesada
Cozedores	Compressores Multi Cilíndricos	Extrusora
Decantadores	Correias transportadoras	Guinchos com Carga Pesada / Guindastes
Dinamômetros	Cortador de Chapa Rotativo	Moinhos de Bolas, Rolos e Martelos
Dornas ou Cubos de Fermentação	Elevador de Cargas e Caneças	Misturadores de Borracha
Elevador de cargas Uniformes (caçambas)	Escadas rolantes	Moendas / Moinhos
Engarrafadoras	Extrusoras	Picadores / Descascadores
Etiquetadoras	Filtros rotativos e de prensa	Pontes rolantes
Filtros de ar	Guinchos para Cargas Uniformes	Prensas
Geradores	Máquinas de madeiras, massas e têxteis	Rosqueadoras
Máquinas Operatrizes Acionamento auxiliar	Misturadora e Preparador de Carne	Serras
Misturadores	Moinhos Cilíndricos	Super Calandras
Roscas com Cargas Uniformes	Roscas de Cargas Pesadas e Intermitentes	Torres de Refrigeração
Transportadores (caçamba, correia, esteira)	Transportadores (caçamba, correia, esteira)	Transformadores Vibratórios
Ventiladores centrifugos	Trefinas	Viradeiras

Fonte: Catálogo Cestalto

Tabela 4: Classifica o Números de Partida por Hora

Nº de Partidas por hora (N)				
Número Arranques	Tipo Carga	Carga Uniforme	Choques Moderados	Choques Fortes
		U	M	F
Até 10		1,00	1,00	1,00
10		1,10	1,15	1,20
20		1,15	1,20	1,25
30		1,20	1,25	1,30
60		1,25	1,30	1,35
120		1,30	1,40	1,45
240		1,40	1,50	1,55

Fonte: Catálogo Cestalto

Tabela 5: Carga Horária de Trabalho

Horas Diárias de Trabalho (S)				
Tempo Trabalho	Tipo Carga	Uniforme	Moderados	Fortes
		U	M	F
Até 3h/dia		0,80	1,00	1,50
Até 10h/dia		1,00	1,25	1,75
Acima 10h/dia		1,25	1,50	2,00

Fonte: Catálogo Cestalto

O fator de serviço é de suma importância para a escolha do motoredutor, logo após união das tabelas podemos ter:

$$FS = S \times N, \text{ Portanto } FS = 1 \times 1,5 = 1,5 \quad (2)$$

Onde:

FS = Fator de Serviço

S = Classe de Cargas em Hora de Trabalho

N = Número de Partidas por Hora

### 5.1.3 Fator de Velocidade

Na tabela 6, temos um fator de velocidade, em função da entrada do RPM de entrada do redutor, iremos utilizar motor de 1750 RPM, onde temos um fator de velocidade igual a 1, conforme tabela 6.

Tabela 6: Fator de Velocidade

	RPM na entrada do redutor					
RPM	1750	1450	1150	870	580	100
Fator	1	0,9	0,78	0,63	0,45	0,14

Fonte: Adaptado do Catálogo Cestalto

Onde:

$$1750 \text{ RPM, portanto } FV = 1$$

FV= Fator de Velocidade

1750 RPM = Rotação do Motor

### 5.1.4 Potência Real para o Redutor

É a potência real que o redutor terá que suportar, onde para acharmos a potência real iremos utilizar os dados da tabela 7 e do projeto.

$$P = \frac{PN}{FV}, \text{ portanto } P = \frac{20}{1} = P = 20 \text{ cv} \quad (3)$$

Onde:

P = Potência Real que o Redutor deve suportar

PN = Potência Nominal

FV = Fator de Velocidade

#### 5.1.5 Escolha do Redutor

Para a escolha do Redutor, deveremos utilizar a tabela 7 que foi adaptada de Cestalto, onde cruzaremos os dados de redução nominal desejada, ou seja 1/4 e, procurar um redutor que suporte 20 cv, conforme os dados obtidos neste estudo.

Tabela 7: Modelo do Motoredutor



**Linha CH - Engs. Helicoidais - Estágio Duplo**  
**Capacidades: 1750 rpm - Dimensões - Formas construtivas**

Modelo	Regime de trabalho uniforme 10h/dia, 10 arranques/h	Redução Nominal Tabelada - Padrões de Linha																		
		6,3	7,1	8	9	10	11,2	12,5	14	16	18	20	22,4	25	28	31,5	35,5	40	45	
CH-171D	Potência máx. admitida na entrada	CV	13,00	11,00	9,50	8,60	7,80	7,00	6,20	5,50	4,90	4,30	3,90	3,50	3,10	2,80	2,50	2,20	2,00	1,80
	Momento de torção na saída	Kgf.m	33,01	30,75	30,66	30,73	29,51	29,42	30,59	30,79	30,94	29,72	29,95	31,24	30,07	30,12	30,71	30,05	31,28	31,61
	Redução Efetiva	i	6,53	7,19	8,30	9,19	9,73	10,81	12,69	14,40	16,24	17,78	19,75	22,96	24,95	27,67	31,60	35,13	40,22	45,16
	Rotação efetiva no eixo de saída	n2	267,99	243,39	210,84	190,42	179,86	161,89	137,90	121,53	107,76	98,43	88,61	76,22	70,14	63,25	55,38	49,81	43,51	38,75
CH-192D	Potência máx. admitida na entrada	CV	17,00	16,00	14,00	13,00	12,00	11,00	10,00	9,00	8,00	7,00	6,50	5,50	5,00	4,50	3,90	3,50	3,00	2,70
	Momento de torção na saída	Kgf.m	42,63	43,67	44,85	47,14	45,72	47,63	48,74	49,86	51,04	50,53	50,36	48,18	48,56	49,51	48,46	46,57	48,36	48,10
	Redução Efetiva	i	6,45	7,02	8,24	9,23	9,80	11,02	12,47	14,16	16,24	18,56	19,93	22,53	24,98	28,30	31,96	34,22	41,46	45,82
	Rotação efetiva no eixo de saída	n2	271,32	249,29	212,38	189,80	178,57	158,80	140,34	123,59	107,76	94,29	87,81	77,67	70,06	61,84	54,76	51,14	42,21	38,19
CH-215D	Potência máx. admitida na entrada	CV	24,00	22,00	21,00	19,00	18,00	16,00	14,00	13,00	12,00	10,00	9,50	8,50	7,50	6,50	6,00	5,50	4,70	4,10
	Momento de torção na saída	Kgf.m	60,93	61,50	67,77	67,89	68,09	67,24	69,08	72,78	75,77	69,12	72,95	75,88	72,75	69,92	73,72	75,13	73,50	71,99
	Redução Efetiva	i	6,53	7,19	8,30	9,19	9,73	10,81	12,69	14,40	16,24	17,78	19,75	22,96	24,95	27,67	31,60	35,13	40,22	45,16
	Rotação efetiva no eixo de saída	n2	267,99	243,39	210,84	190,42	179,86	161,89	137,90	121,53	107,76	98,43	88,61	76,22	70,14	63,25	55,38	49,81	43,51	38,75
CH-240D	Potência máx. admitida na entrada	CV	33,00	31,00	29,00	27,00	25,00	23,00	20,00	18,00	16,00	14,00	13,00	12,00	11,00	9,80	8,20	7,50	6,40	5,70
	Momento de torção na saída	Kgf.m	83,78	86,66	93,58	96,47	94,57	96,66	98,68	100,77	101,02	96,77	99,82	107,12	106,71	105,42	100,74	102,45	100,08	100,08
	Redução Efetiva	i	6,53	7,19	8,30	9,19	9,73	10,81	12,69	14,40	16,24	17,78	19,75	22,96	24,95	27,67	31,60	35,13	40,22	45,16
	Rotação efetiva no eixo de saída	n2	267,99	243,39	210,84	190,42	179,86	161,89	137,90	121,53	107,76	98,43	88,61	76,22	70,14	63,25	55,38	49,81	43,51	38,75
CH-272D	Potência máx. admitida na entrada	CV	46,00	43,00	41,00	39,00	37,00	35,00	31,00	27,00	24,00	22,00	20,00	18,00	16,00	14,20	12,50	11,40	9,80	8,50
	Momento de torção na saída	Kgf.m	115,35	117,36	131,35	139,95	140,89	149,96	150,29	148,64	157,79	158,75	154,97	157,68	155,39	156,23	152,06	158,72	162,55	147,57
	Redução Efetiva	i	6,45	7,02	8,24	9,23	9,78	11,02	12,47	14,16	16,91	18,56	19,93	22,53	24,98	28,30	31,29	35,81	42,66	44,66
	Rotação efetiva no eixo de saída	n2	271,32	249,29	212,38	189,80	178,94	158,80	140,34	123,59	103,49	94,29	87,81	77,67	70,06	61,84	55,93	48,87	41,02	39,19
CH-305D	Potência máx. admitida na entrada	CV	65,00	62,00	58,00	54,00	51,00	48,00	42,00	39,00	35,00	33,00	29,00	27,00	23,00	20,00	18,20	16,00	14,00	12,00
	Momento de torção na saída	Kgf.m	165,03	173,32	187,17	192,95	192,93	201,73	207,23	218,34	220,99	228,11	222,68	241,02	223,11	215,14	223,60	218,56	218,93	210,70
	Redução Efetiva	i	6,53	7,19	8,30	9,19	9,73	10,81	12,69	14,40	16,24	17,78	19,75	22,96	24,95	27,67	31,60	35,13	40,22	45,16
	Rotação efetiva no eixo de saída	n2	267,99	243,39	210,84	190,42	179,86	161,89	137,90	121,53	107,76	98,43	88,61	76,22	70,14	63,25	55,38	49,81	43,51	38,75
CH-340D	Potência máx. admitida na entrada	CV	90,00	86,00	81,00	75,00	70,00	65,00	57,00	54,00	50,00	48,00	42,00	40,00	33,00	28,00	26,00	22,00	19,00	16,00
	Momento de torção na saída	Kgf.m	228,50	240,41	261,39	267,98	264,80	273,18	281,23	302,32	315,70	331,80	322,50	357,07	320,12	301,20	319,43	300,51	297,11	280,94
	Redução Efetiva	i	6,53	7,19	8,30	9,19	9,73	10,81	12,69	14,40	16,24	17,78	19,75	22,96	24,95	27,67	31,60	35,13	40,22	45,16
	Rotação efetiva no eixo de saída	n2	267,99	243,39	210,84	190,42	179,86	161,89	137,90	121,53	107,76	98,43	88,61	76,22	70,14	63,25	55,38	49,81	43,51	38,75
CH-385D	Potência máx. admitida na entrada	CV	118,00	110,00	100,00	90,00	82,00	76,00	70,00	65,00	57,00	54,00	50,00	45,00	40,00	36,00	32,00	28,00	24,00	20,00
	Momento de torção na saída	Kgf.m	299,59	307,50	322,70	321,58	310,20	319,41	345,38	363,90	369,89	373,27	383,92	401,70	388,02	387,26	393,15	382,47	375,30	351,17
	Redução Efetiva	i	6,53	7,19	8,30	9,19	9,73	10,81	12,69	14,40	16,24	17,78	19,75	22,96	24,95	27,67	31,60	35,13	40,22	45,16
	Rotação efetiva no eixo de saída	n2	267,99	243,39	210,84	190,42	179,86	161,89	137,90	121,53	107,76	98,43	88,61	76,22	70,14	63,25	55,38	49,81	43,51	38,75
CH-430D	Potência máx. admitida na entrada	CV	150,00	143,00	139,00	125,00	114,00	102,00	92,00	85,00	78,00	72,00	66,00	60,00	54,00	48,00	42,00	37,00	32,00	28,00
	Momento de torção na saída	Kgf.m	380,83	399,75	448,58	446,64	431,25	428,68	453,92	475,88	492,49	497,69	506,78	535,80	523,82	516,34	516,01	505,41	500,40	491,64
	Redução Efetiva	i	6,53	7,19	8,30	9,19	9,73	10,81	12,69	14,40	16,24	17,78	19,75	22,96	24,95	27,67	31,60	35,13	40,22	45,16
	Rotação efetiva no eixo de saída	n2	267,99	243,39	210,84	190,42	179,86	161,89	137,90	121,53	107,76	98,43	88,61	76,22	70,14	63,25	55,38	49,81	43,51	38,75
CH-480D	Potência máx. admitida na entrada	CV	252,00	237,00	209,00	194,00	169,00	158,00	139,00	120,00	109,00	99,00	92,00	87,00	75,00	66,00	59,00	51,00	45,00	40,00
	Momento de torção na saída	Kgf.m	639,79	662,53	674,45	693,18	639,31	664,04	685,82	671,82	688,22	684,33	706,42	776,62	727,53	709,97	724,86	696,65	703,69	702,34
	Redução Efetiva	i	6,53	7,19	8,30	9,19	9,73	10,81	12,69	14,40	16,24	17,78	19,75	22,96	24,95	27,67	31,60	35,13	40,22	45,16
	Rotação efetiva no eixo de saída	n2	267,99	243,39	210,84	190,42	179,86	161,89	137,90	121,53	107,76	98,43	88,61	76,22	70,14	63,25	55,38	49,81	43,51	38,75

Fonte: Adaptado de Catálogo Redutores Cestalto

Então conforme tabela o modelo do redutor será:

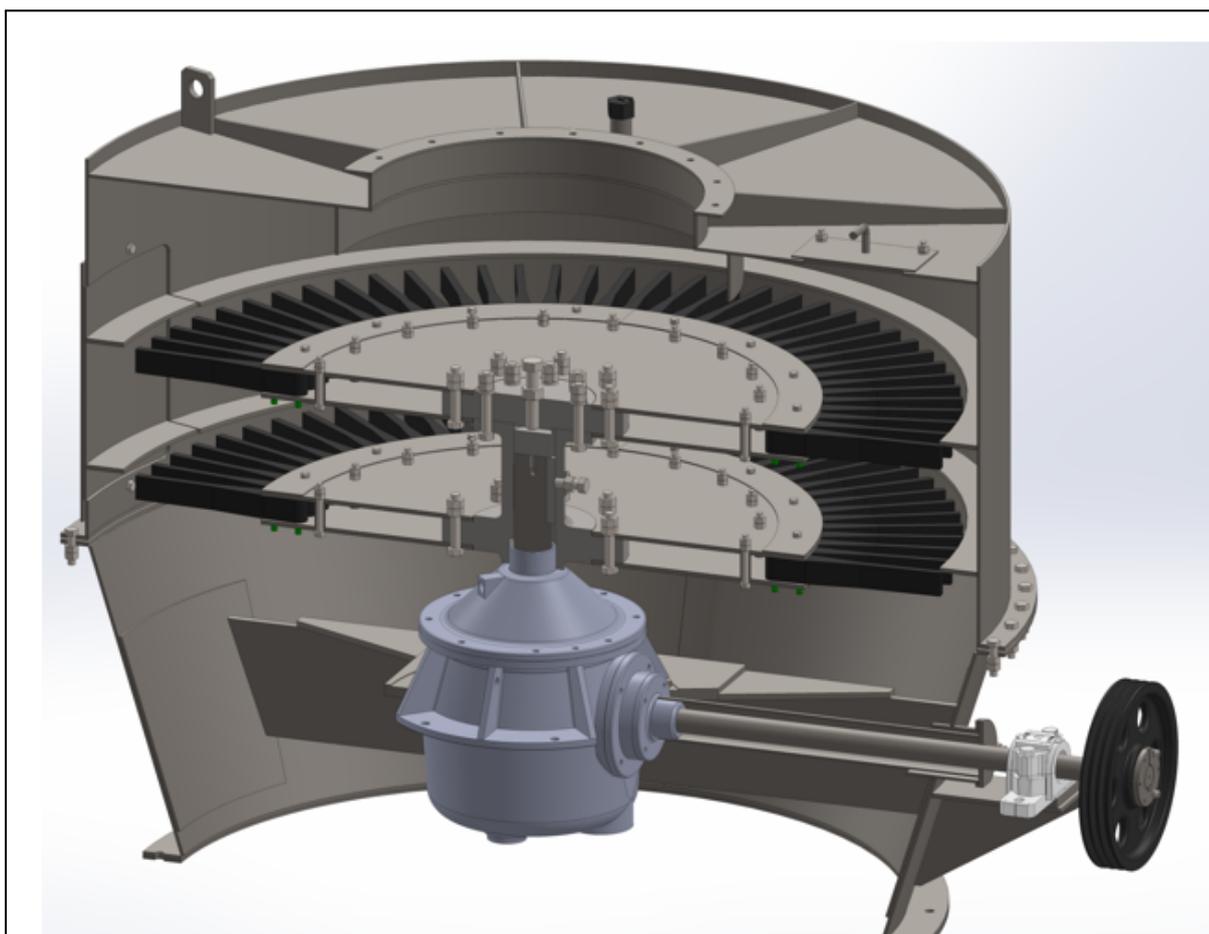
- A. Modelo: CH-215D.
- B. Potência Máxima Admitida de Entrada no Eixo: 24cv.
- C. Momento de Torção na Saída: 60,93 Kgf.m
- D. Redução Efetiva: 6,53

E. Rotação Efetiva no Eixo de Saída: 267,99 RPM.

## 6 ACIONAMENTOS DO CLASSIFICADOR

O acionamento padrão do classificador é um conjunto de correias e polias, conforme figura abaixo.

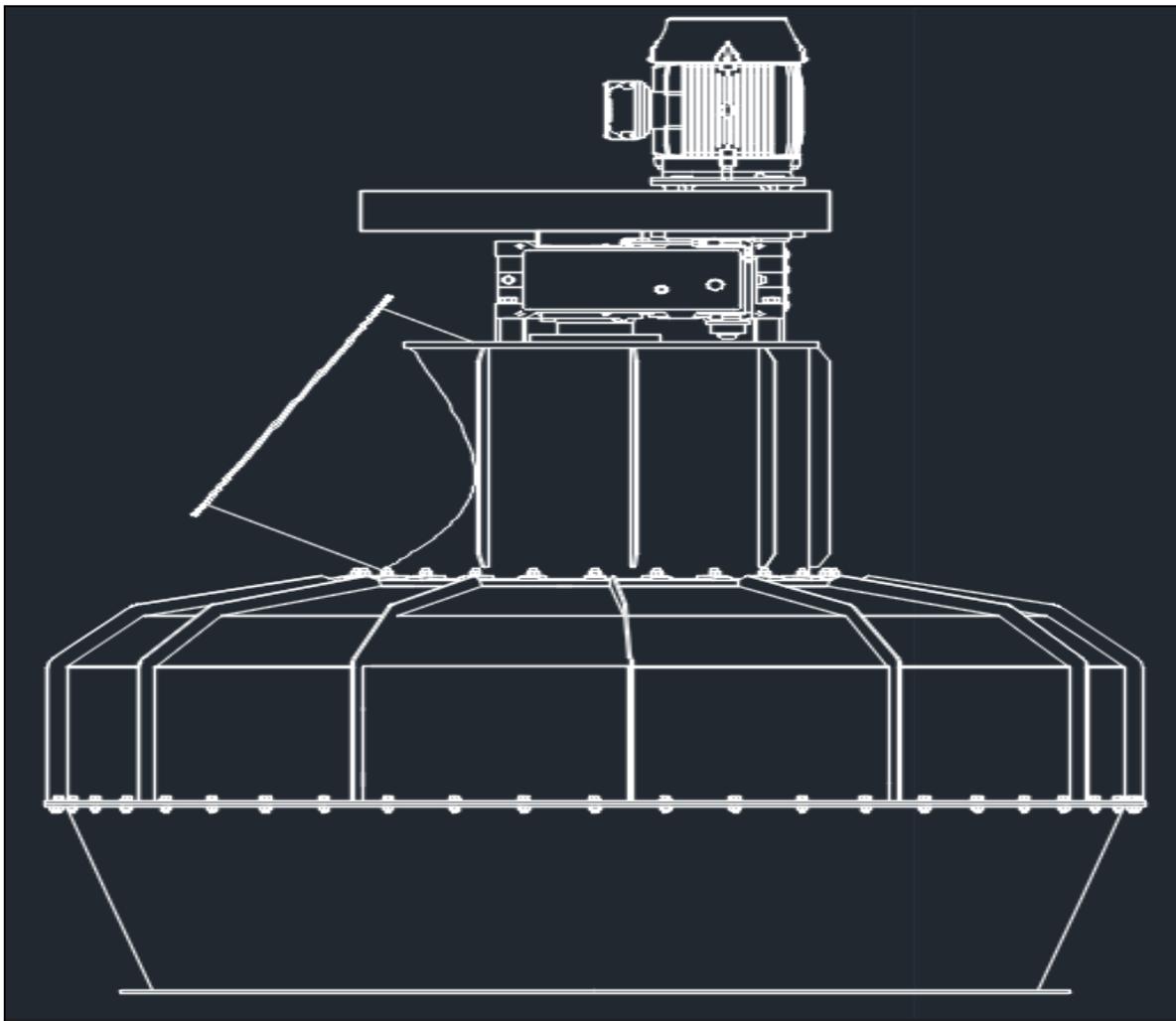
Figura 9: Conjunto do Separador



Fonte: O autor

Logo conforme feito o estudo a figura 10 mostra o acionamento por redutor.

Figura 10: Acionamento por redutor



Fonte: O autor

### 6.1 Sistema de transmissão atual / Sistema de transmissão por redutor

O processo de transmissão do classificador dos moinhos Raymond é realizado através da rotação de dois eixos árvores paralelos, com sistema de transmissão por polias e correias. Logo temos as seguintes vantagens e desvantagens em relação a transmissão por redutor:

#### 6.1.1 Vantagens:

- A. Não necessita de refrigeração.
- B. Baixo nível de vazamento de óleo.
- C. Absorve pequenos erros de desalinhamento.
- D. Baixas temperaturas de trabalho.

### 6.1.2 Desvantagens:

- A. Histórico alto de paradas para correção na transmissão.
- B. Durabilidade baixa das correias.
- C. Geralmente não são peças de estoque, e há poucos fornecedores.

## 7 CONCLUSÃO

O trabalho foi idealizado para apresentar uma nova solução ao mercado, através de uma troca no acionamento do classificador que atualmente é de polias e correias, para um novo sistema com moto-redutor.

Ao decorrer do trabalho vemos as etapas de extração do minérios, e os minérios que são dispostos para moagem em moinho pendular, onde podemos destacar a britagem final ou cominuição final, onde a máquina discutida ao decorrer deste opera. Também foi apresentado todos os equipamentos necessários na planta de um moinho pendular, como exaustor, ciclone, filtro de mangas.

Tal estudo foi necessário pois o mercado requer novas soluções para problemas e gerar economias para os investidores, onde poderá ser estudado a melhor maneira para disposição das aletas dos discos, ou mudança na construção da mesma logo que vemos algumas tecnologias mais novas nesse quesito, e também a fabricação do desenho em 3D do modelo apresentado. Os principais objetivos foram alcançados, como o dimensionamento do redutor, e desenho de conjunto do novo acionamento, facilitando assim a escolha do melhor modo para atender a demanda do mercado.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Lucínio Preza de. **Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado**. São Paulo: Ed. Esev, 2007.

BERALDO, J.L. **Moagem de Minérios em Moinhos Tubulares. Pró-Minério**. Secretaria de Estado da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda, 1987.

CARDOSO, R. C. **Arraste de Partículas Finas em um Leito Fluidizado e Eficiência de Coleta de um Ciclone Dipleq**. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2008.

CATÁLOGO DE REDUTORES CESTALTO: Disponível em: <https://www.cestalto.com.br/>. Acesso em: 10/10/2022.

CHIEREGATI, A. C. **Novo método de caracterização tecnológica para cominuição de Minérios**. Dissertação (Mestrado). Escola politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo/SP,2001.

ENGEMILL. **Engemill Manutenção, Fabricação e Consultoria em Moinhos**. Disponível em:<https://www.engemill.com.br/>. Acesso em:20/05/2022.

HENRIQUE, A. A. R. F. Et al. **A APLICAÇÃO DO FILTRO DE MANGA ACOPLADO COM UM SISTEMA DE ASPIRAGEM EM UM GALPÃO DE FABRICAÇÃO DE PAINÉIS PARA MÓVEIS**. XXXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. João Pessoa, 03 de outubro de 2016.

HOFFMANN, L. E. E STEIN, L. E. *Gás Cyclones and Swirl Tubes: principles, design and operation*. 1ª ed. Verlag; Berlin; Heildelber; Nova York: Springer, 334p.

KUERTEN, Ariane. Estudo de Caso: **Adequação de um Britador de Mandíbulas para Atendimento da NR-12, 2018.** Monografia (Engenharia de Segurança do Trabalho). Faculdade de Engenharia, Universidade do Sul de Santa Catarina. Tubarão, 2018. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/3757/1/Monografia%20Kuer%20Ariane.pdf>. Acesso em 20/04/2022.

MACINTYRE, A. J. **Ventilação Industrial e Controle da Poluição**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 1990.

MELCONIAN, Sarkis. **Elementos de Máquinas**. 9ª Edição. São Paulo: Érica, 2008.

PRYOR, E.J. **Mineral Processing, Ch. 5**. London Applied Publishers Ltda. Londres, 1965.

ROSSO INDUSTRIAL. **Filtros de mangas pulse-jet**. Disponível em: [http://rosso.ind.br/\\_arquivos/909c31f5abf7c2d4db208e13593ab1e2.pdf](http://rosso.ind.br/_arquivos/909c31f5abf7c2d4db208e13593ab1e2.pdf). 10/04/2022.

VARETA, J. **Critérios de Seleção de Britadores Aplicados ao Processo Mineral**. Ln: XXIV ENTMME, Salvador, 2011. p.384-391.

WILMERS, R.F.M. **Manutenção de Redutores de Velocidade**. Disponível em: <https://docplayer.com.br/163204685-Manutencao-de-redutores-de-velocidade-industriais.html>. Acesso em 22/08/2022.