



**FUNDAÇÃO PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS – FUPAC**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA - FATEC**  
**BACHARELADO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

**ATUADORES PNEUMÁTICOS: FUNCIONAMENTO COMO  
ESTICADORES DE CORRENTES DE ACIONAMENTO**

**LEANDRO ASSIS REZENDE**

**CONSELHEIRO LAFAIETE - MG**

**2019**



**FUNDAÇÃO PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS – FUPAC**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA - FATEC**  
**BACHARELADO EM ENGENHARIA MECÂNICA**  
**LEANDRO ASSIS REZENDE**

**ATUADORES PNEUMÁTICOS: FUNCIONAMENTO COMO**  
**ESTICADORES DE CORRENTES DE ACIONAMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade Presidente Antônio Carlos – FUPAC, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Maurício Vieira

**CONSELHEIRO LAFAIETE - MG**

**2019**

LEANDRO ASSIS REZENDE

**ATUADORES PNEUMÁTICOS: FUNCIONAMENTO COMO ESTICADORES DE  
CORRENTES DE ACIONAMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Fundação Presidente Antônio Carlos – FUPAC, como pré-requisito para a obtenção do título de Engenharia Mecânica.

Aprovado em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Professor Orientador (a): Maurício Vieira

---

Examinador ( a ) I:

---

Examinador ( a ) II:

**CONSELHEIRO LAFAIETE – MG**

**2019**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pela sua misericórdia que se renova todos os dias da minha vida; por ser Ele quem me dirige todos os passos, desde o meu levantar até o meu deitar. Agradeço a Ele pelos Teus olhos terem me visto uma substância ainda informe, e no Teu livro ter sido escrito todos os meus dias, cada um deles escrito e determinado, quando nenhum deles havia ainda.

Agradeço aos meus pais, pelo amor incondicional que a mim demonstraram, fazendo de tudo para que eu pudesse me tornar uma pessoa melhor. Amo vocês.

Agradeço por todos os meus familiares, que torceram por mim, mesmo não estando perto. Agradeço aos meus mestres que tiveram papel fundamental na minha formação de engenheiro, sou eternamente grato a tudo que aprendi com vocês.

Agradeço especialmente ao meu orientador Maurício Vieira, por ser responsável pelo acompanhamento de todas as etapas desta monografia. Muito obrigado pelo seu apoio e incentivo nas horas em que mais precisei.

Dedico a minha família que sempre me apoiou. Ao meu orientador, ao corpo docente da instituição, que sempre estiveram disponíveis para apoiar e a todos que me ajudaram.

“As nuvens mudam sempre de posição, mas são sempre nuvens no céu. Assim devemos ser todos os dias, mutantes, porém leais com o que pensamos e sonhamos; lembre-se, tudo se desmancha no ar menos os pensamentos. ”

(Paulo Beleki)

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Minas, Jazidas e Lavra.....	19
Figura 02: Transporte no processo de produção das empresas mineradoras.....	20
Figura 03: Pilha de estéril.....	21
Figura 04: Britagem primária.....	22
Figura 05: Britagem secundária.....	23
Figura 06: Britagem terciária.....	24
Figura 07: Classificação e separação de tamanho.....	25
Figura 08: Concentração.....	27
Figura 09: Fluxograma típico de tratamento de minério.....	27
Figura 10: Fluxograma de planta de pelotização com moagem úmido, discos de pelotização e forno Traveling Grate.....	30
Figura 11: Atuador linear de simples ação.....	34
Figura 12: Atuador linear de dupla ação.....	35
Figura 13: Atuadores antigos utilizados no processo e pelotamento.....	40
Figura 14: Peneira de rolos e circuito realizado no setor de pelotamento.....	41
Figura 15: Retirada de um dos elos da corrente para o funcionamento do equipamento.....	42
Figura 16: Fechamento dos elos da corrente para o funcionamento do equipamento.....	42
Figura 17: Esticamento das correntes em um mesmo eixo.....	43
Figura 18: Linha D do pelotamento.....	48
Figura 19: Paradas da linha D de pelotamento.....	48
Figura 20: Correntes utilizados no acionamento.....	59
Figura 21: Sistema de esticamento de correntes com a folga da corrente.....	60
Figura 22: Mudança do curso de 100mm para o curso de 500mm.....	60
Figura 23: Esticamento das coroas em eixos independentes.....	61
Figura 24: Coroa no esticamento com os eixos independentes.....	61

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Paradas no pelotamento em 2018.....	46
Tabela 02: Descrição das atividades realizadas na Linha G.....	51
Tabela 03: Descrição das atividades realizadas na Linha C.....	53
Tabela 04: Descrição das atividades realizadas na Linha D.....	55
Tabela 05: Descrição das atividades realizadas na Linha D.....	56
Tabela 06: Descrição das atividades realizadas na Linha D.....	58

## LISTA DE QUADROS

Quadro 01: Vantagens oferecidas no uso do ar comprimido.....	33
Quadro 02: Propriedades negativas do uso do ar comprimido.....	33

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01: Cortes de correntes: tempo gasto – ano 2018.....	44
Gráfico 02: Paradas para corte de corrente nas linhas de pelotamento em 2018..	45
Gráfico 03: Horas paradas por linha de tambor – linha G – 2018.....	50
Gráfico 04: Horas paradas por motivo da linha G – 2018.....	51
Gráfico 05: Horas paradas por linha de tambor – Linha C – 2018.....	52
Gráfico 06: Horas paradas por motivo da linha C – 2018.....	53
Gráfico 07: Horas paradas por linha de tambor – da linha D – Janeiro de 2018....	54
Gráfico 08: Horas paradas por motivo da linha D – 2018.....	55
Gráfico 09: Horas paradas por linha de tambor – da linha D – Outubro de 2018...	56
Gráfico 10: Horas paradas por motivo da linha D – Dezembro de 2018.....	57

## RESUMO

O estudo referente aos atuadores pneumáticos e seu funcionamento como esticadores de correntes de acionamento tem por objetivo geral reduzir as paradas não programadas dos equipamentos do setor de pelotização através do uso de atuadores pneumáticos. Os objetivos específicos buscam dissertar sobre o processo de beneficiamento do minério realizado pelas empresas mineradoras; descrever a área de pelotização de uma empresa do ramo de mineração; demonstrar as finalidades dos atuadores pneumáticos; testar a utilização de equipamentos pneumáticos na manutenção do setor de pelotização. A pesquisa realizada foi embasada em um estudo exploratório qualitativo e quantitativo com estudo de caso em uma empresa do ramo do setor de mineração. Em relação à pesquisa realizada no setor de pelotamento concluiu-se que, as estratégias implementadas para a redução das paradas apresentaram vantagens que foram ressaltadas durante a análise das ações realizadas, sendo apresentado em relação à facilidade de implementação da alteração no esticamento da corrente, o que permitirá a não paralização do equipamento para cortar a corrente; redução dos riscos de acidentes, o que se encontra relacionado a relação ganho do homem e hora de manutenção; eliminação das perdas de produção devido a instabilidade do processo. Portanto, por meio dos testes aplicados e análise detalhada dos dados que resultaram na construção das estratégias implementadas, concluiu-se que, tais ações contribuíram significativamente para a empresa devido a eficiência demonstrada, uma vez que o novo esticador de correntes foi implantado nas outras 06 linhas, propiciando maior produtividade, rentabilidade e segurança para os profissionais que trabalham no setor de pelotamento da empresa mineradora em estudo.

Palavras-chave: Sistema Pneumático. Pelotamento. Mineradora. Atuadores Pneumáticos.

## **ABSTRACT**

The study of pneumatic actuators and their operation as drive chain tensioners has the general objective of reducing unscheduled shutdowns of pelletizing equipment through the use of pneumatic actuators. The specific objectives are to discuss the ore beneficiation process carried out by mining companies; describe the pelletizing area of a mining company; demonstrate the purpose of pneumatic actuators; test the use of pneumatic equipment in the maintenance of the pelletizing sector. The research was based on a qualitative and quantitative exploratory study with case study in a mining company. It was concluded that the strategies implemented to reduce the stops presented advantages that were highlighted during the analysis of the actions carried out, being presented in relation to the ease of implementation of the change in the current stretching, the which will allow non-stop of equipment to cut the current; reduction of the risk of accidents, which is related to the relation man gain and maintenance time; elimination of production losses due to process instability. Therefore, through the tests applied and detailed analysis of the data that resulted in the construction of the implemented strategies, it was concluded that, such actions contributed significantly to the company due to the demonstrated efficiency, since the new chain tensioner was implanted in the other 06 lines, providing greater productivity, profitability and safety for the professionals who work in the sector of the mining company of study.

Keywords: Pneumatic System. Feet. Mining company. Pneumatic Actuators.

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>1.1 Problema de Pesquisa</b> .....	15
<b>1.2 Objetivos</b> .....	16
1.2.1 Geral.....	16
1.2.2 Específicos.....	16
<b>1.3 Justificativa</b> .....	16
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	18
<b>2.1 Processo de beneficiamento do minério</b> .....	18
2.1.1 Jazida, Mina e Lavra.....	18
2.1.2 Transporte.....	19
2.1.3 Estéril.....	20
2.1.4 Britagem primária.....	21
2.1.5 Britagem secundária.....	23
2.1.6 Britagem terciária.....	23
2.1.7 Classificação ou Separação por tamanho.....	25
2.1.8 Concentração.....	25
<b>2.2 Área de pelotização: breve descrição</b> .....	28
<b>2.3 Esticadores de correntes de acionamento</b> .....	30
<b>2.4 Sistema Pneumático</b> .....	32
<b>2.5 Atuadores Pneumáticos</b> .....	34
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	37
<b>3.1 Delineamento da pesquisa</b> .....	37
<b>3.2 Estratégias</b> .....	38
<b>3.3 Procedimentos de coleta</b> .....	38
<b>3.4 Instrumentos</b> .....	38
<b>3.5 Método de análise</b> .....	39
<b>4 ANÁLISE E DISCUSSÃO</b> .....	40
<b>4.1 Resultados e análise</b> .....	40
4.1.1 Identificação do problema.....	40
<b>4.2 Estratégias de melhoria das linhas no setor de pelotamento para a redução das paradas para a manutenção</b> .....	58
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	63
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	65

## INTRODUÇÃO

A economia mundial é movida pela produção das indústrias, ocasionando o entendimento de que, é através de suas atividades, que os países movem o sistema econômico, promovendo a busca da lucratividade sem a preocupação com o meio ambiente ou com o futuro da humanidade (DIAS, 2013).

O processo de produção é realizado em diferentes etapas que têm por finalidade o alcance do produto final que é resultante do beneficiamento do minério. O processo de beneficiamento permite com que as empresas cumpram com a sua demanda de acordos para o atendimento do mercado nacional e internacional. (DIAS; GUIMARÃES e SOUZA, 2017)

Porém, para a realização do processo de produção máquinas e equipamentos são utilizados, e se faz necessária à manutenção destes para que não ocorram paradas que possam prejudicar o funcionamento da organização. Tal manutenção deve ser realizada de maneira preventiva, o que requer dos profissionais o conhecimento satisfatório de suas atividades para que se cumpram as metas e objetivos da organização. (DUTRA, 2008)

Neste sentido, um dos fatores que prejudica o fluxo de produção de uma empresa mineradora corresponde à quebra de equipamentos, onde se faz necessária a paralização das atividades para a correção da falha existente.

No entanto, quando se trata da manutenção dos equipamentos para que a produção alcance os resultados considerados satisfatórios, depara-se nesta unidade da empresa em estudo, a falha em decorrência as paradas provocadas pelo rompimento das correntes que são necessárias para a realização do processo por permitir a passagem do material em suas várias etapas no processo de pelotização. (FERRANTE, 2014)

Por isso, o sistema pneumático, faz-se relevante comentar que se trata de um mecanismo de grande importância para as indústrias em razão de suas características e possibilidades de melhoria na automação das organizações, principalmente no setor de pelotização, onde este mecanismo é utilizado durante o processo de beneficiamento. (CAMARGO, 2010)

Na fase referente à pelotização, uma das falhas constatadas corresponde ao funcionamento dos atuadores pneumáticos que é utilizado para o funcionamento das correntes de acionamento como esticadores. A periodicidade de quebra deste equipamento acarreta prejuízos à empresa tanto em relação à paralização das atividades, quanto em relação ao atraso do cumprimento dos acordos afirmados pela empresa com os seus clientes. (CAMARGO, 2010)

Dessa forma, o presente estudo tem por finalidade dissertar sobre o processo de beneficiamento do minério em uma empresa atuante no Estado de Minas Gerais em seu setor de pelotização, com o intuito de investigar possibilidades de melhorias no processo de beneficiamento de minério por meio da redução das paradas para a correção das falhas que comprometem o processo de produção da empresa.

### **1.1 Problema de Pesquisa**

A área de pelotização trata-se de uma das etapas do processo de beneficiamento, salientando que, por meio de suas atividades favorece o fluxo da produção referente à comercialização do produto final que é distribuído no mercado interno e externo.

No entanto, para realização das atividades da área de pelotização, as máquinas são essenciais. Durante o processo de produção ocorre paralizações em razão de quebras de componentes que interferem no fluxo de produção acarretando prejuízos a empresa em decorrência dos atrasos referentes à realização das manutenções. Tal problema detectado na empresa correspondente ao fato de que, os atuadores

pneumáticos apresentam um curso de 100mm, o que acarreta paradas de manutenção para que ocorra o encurtamento das correntes.

Sendo assim, o problema de pesquisa se apresenta sobre a seguinte indagação: É possível a redução das paradas para reparos nas correntes de acionamento através do uso de atuadores pneumáticos de maior curso nos esticadores de correntes de acionamento nos equipamentos do setor de pelotização?

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Geral**

Reduzir as paradas não programadas dos equipamentos do setor de pelotização através do uso de atuadores pneumáticos.

### **1.2.2 Específicos**

- Dissertar sobre o processo de beneficiamento do minério realizado pelas empresas mineradoras;
- Descrever a área de pelotização de uma empresa do ramo de mineração;
- Demonstrar as finalidades dos atuadores pneumáticos;
- Testar a utilização de equipamentos pneumáticos na manutenção do setor de pelotização.

## **1.3 Justificativa**

As empresas mineradoras fabricam os seus produtos tendo como matéria prima o minério de ferro, que para a sua comercialização faz-se necessário que ocorra o processo de beneficiamento do material para que o mesmo possa ser comercializado.

Na estrutura das empresas mineradoras, a área de pelotização possui o seu destaque por promover a transformação dos materiais minúsculos finos do minério em pelotas que são também ofertados no mercado globalizado.

Na área da pelotização, o fluxo de produção deve acompanhar o processo de beneficiamento, para que não ocorram falhas que prejudiquem a demanda apresentada pela empresa no que tange ao cumprimento de seus acordos comerciais.

No entanto, quando se trata da manutenção dos equipamentos para que a produção alcance os resultados considerados satisfatórios, depara-se nesta unidade da empresa em estudo, a falha em decorrência as paradas provocadas pelo rompimento das correntes que são necessárias para a realização do processo por permitir a passagem do material em suas várias etapas no processo de pelotização.

Em decorrência das paradas para o encurtamento das correntes, em razão do seu rompimento verificou-se os prejuízos que a empresa possuía em razão do atraso do processo, da substituição das correntes, que promovia o aumento dos custos do processo realizado pela empresa e a preocupação em relação ao cumprimento dos prazos de entrega dos produtos comercializados.

Dessa maneira, justifica a escolha do tema em razão do aprofundamento dos conhecimentos referentes à melhoria do processo na área de pelotização evidenciando o funcionamento dos atuadores pneumáticos como esticadores de correntes de acionamento buscando a redução das paradas de manutenção e promovendo nova estratégia que propicie o fluxo da produção satisfatório para a empresa.

Além disso, este estudo apresenta como relevância para os futuros engenheiros mecânicos, o conhecimento referente aos atuadores pneumáticos desencadeando um estudo sobre a sua viabilidade de redução das paradas de manutenção em razão de seu funcionamento como esticadores de correntes de acionamento, garantindo o processo de produção da área de pelotização com maior eficiência.

Para as empresas, a relevância do estudo configura-se em novas possibilidades de otimização de suas estratégias no ambiente interno propiciando a eficiência de seu fluxo de produção e promovendo o alcance de seus objetivos e metas frente à comercialização de seus produtos no mercado globalizado.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Processo de beneficiamento do minério

O processo de beneficiamento de minério trata-se de um fator crucial para o desenvolvimento das atividades desenvolvidas pelas empresas mineradoras. Todas as atividades realizadas remetem ao alcance do produto final que tende a ser comercializado tanto no mercado nacional, quanto internacional. Ferrante (2014) em relação ao beneficiamento do minério esclarece que:

O beneficiamento de minérios é o tratamento industrial que prepara granulometricamente, purifica ou enriquece minérios por métodos físicos ou químicos, sem alteração da constituição química dos minerais. O beneficiamento divide o mineral bruto em concentrado e rejeito. Os minerais que são descartados do processo de beneficiamento, por não possuírem teor ou granulometria adequados, são caracterizados como rejeitos. São materiais fabricados cujas propriedades dependem, num primeiro momento, das características de beneficiamento e do tipo de mineral lavrado. Posteriormente estas propriedades passam a ser afetada também pelo modo de sua disposição final (FERRANTE, 2014, p. 15).

De acordo com a autora supracitada, o tratamento ou beneficiamento de minérios consiste de operações aplicadas aos bens minerais visando modificar a granulometria, a concentração relativa das espécies minerais presentes ou a forma, sem modificar a identidade química ou física dos minerais.

#### 2.1.1 Jazida, Mina e Lavra

O depósito mineral é chamado de jazida. Quando passa a ser explorado é conhecido como mina e a exploração desta é chamada lavra. A primeira etapa da mineração é a extração propriamente dita, e é feita normalmente por escavadeiras e, tratores, que raspam a rocha e/ou explosivos quando o minério se encontra longe da superfície. As grandes escavadeiras podem chegar a extrair cerca de cinco mil toneladas de material bruto por hora das lavras. (DUTRA, 2008)

As etapas de lavra e de tratamento de minérios constituem uma atividade econômica definida e contabilizada nas contas nacionais pelo IBGE, sob a denominação de *extrativa mineral* ou *mineração*. Sua participação no Produto Interno Bruto-PIB (exclusive petróleo & gás) é da ordem de 1,0%.

Com uma visão mais abrangente da indústria mineral, considerando a transformação dos minerais (a metalurgia, incluindo a siderurgia, e produtos não-metálicos), alcança a participação de 5% do PIB e corresponde a 20% das exportações brasileiras (LUZ; LINS, 2010, p.14).

A matéria prima das empresas de mineração, ou seja, o minério de ferro é encontrado em rochas ou no subsolo e apresentam dificuldades para a sua extração em razão de suas características. Sendo assim, evidencia-se que a primeira etapa do processo seja a extração do minério, que ao ser transportado para a área de produção das empresas inicia-se o processo de beneficiamento objetivando a obtenção de produtos a serem comercializados que se enquadram nos padrões de qualidade que se trata de indicadores essenciais para a participação das empresas no mercado nacional e internacional.

Figura 01: Minas, Jazidas e Lavra



a)Mina b) Jazida c) lavra  
Fonte: Google Imagens (2019)

### 2.1.2 Transporte

No transporte do minério extraído das lavras, para as usinas onde o minério é preparado para a venda, são usados caminhões de 38 toneladas e caminhões fora de estrada, que recebem esse nome pelas suas dimensões, por serem muito altos e ultrapassarem de 6 metros de largura, podendo carregar em torno de 200 a 360 toneladas de material com velocidade em torno de 60 Km/h. Isso equivale a 36 caminhões convencionais. (MESQUITA, 2010)

As empresas mineradoras apresentam frotas de caminhões e outros equipamentos como as correias transportadoras que favorecem o fluxo de produção da empresa,

propiciando a agilidade do transporte para as diferentes fases do processo de beneficiamento, desencadeando a atividade contínua da transformação da matéria prima em produto final.

Figura 02: Transporte no processo de produção das empresas mineradoras



Fonte: Google Imagens (2019)

### 2.1.3 Estéril

Nas lavras, o minério de ferro está escondido entre outros tipos de minérios que não tem valor no mercado. Essa parte do minério extraído sem valor econômico é chamado de estéril e é empilhada em algum lugar próximo a área de mina com os devidos cuidados para que não haja nenhum impacto ambiental, e muitas vezes são plantadas árvores nessas pilhas para que não tenha nenhum deslizamento de terra, evitando qualquer risco de acidentes. (DUTRA, 2008)

O estéril corresponde o produto do processo realizado de beneficiamento das primeiras fases de produção. Este material é posicionado em montes que devem seguir as normatizações e legislações existentes para que não ocorram os impactos ambientais frente ao seu descarte. (MESQUITA, 2010)

O seu uso não se faz recomendável por ser composto de partículas que não são comercializadas, e, ainda, não agregam nenhum valor que justifique a sua utilização

pela empresa mineradora. Sendo assim, este estéril é utilizado para a compactação do solo que em decorrência do plano de fechamento de mina e as estratégias ambientais permitem a plantação de árvores onde o mesmo é colocado na tentativa de reflorestar o que foi devastado em razão da extração mineral.

Figura 03: Pilha de estéril



Fonte: Google Imagens (2019)

#### 2.1.4 Britagem primária

A britagem é reconhecida como sendo um estágio das fases do processamento de beneficiamento do minério, executada com a função de redução dos fragmentos minerais para o alcance da fase granulométrica a qual se apresenta como o fim do processo realizado pelas empresas mineradoras (FIQUEIRA; LUZ e ALMEIDA, 2010).

A britagem apresenta-se caracterizada como sendo uma das etapas de beneficiamento de minério, devido ao seu processo de cominuição, o que acarreta a transformação dos materiais em partículas de são tratadas para que se alcance o produto final comercializado pelas empresas mineradoras.

A importância das operações de cominuição pode ser percebida em toda a sua magnitude se for destacado o fato de que a maior parte da energia gasta no processamento de minérios é consumida nestas operações. Logo,

grande parte dos custos operacionais destinadas ao tratamento de minérios se deve à cominuição. (NEVES; TAVARES, 2004 *apud* HONÓRIO, 2010, p. 05)

De acordo com Santana; Charbel (2009, p. 10) “a operação de fragmentação/cominuição, a qual visa reduzir o tamanho dos blocos de minério (ROM) na ordem de tamanho de 1 metro, até o tamanho de partículas na ordem de tamanho de centímetros, só pode ser efetivada de forma estagiada”.

O minério bruto chega ao britador primário em grandes blocos que são triturados e reduzidos a blocos menores com aproximadamente dois centímetros de diâmetro, onde começa a primeira separação do material. (MESQUISTA, 2010)

A britagem primária configura-se como sendo a primeira fase do processamento de minério, a sua alimentação faz-se por meio do material advindo da mina *ROM – Run of Mine*, o qual é extraído tanto em minas a céu aberto, quanto de minas subterrâneas. (DUTRA, 2008)

Figura 04: Britagem primária



Fonte: Google Imagens (2019)

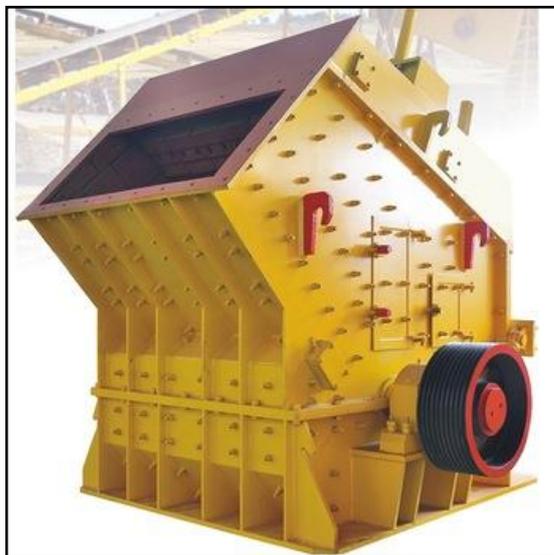
Os equipamentos utilizados são conhecidos como britadores, os quais, de acordo com Ferreira *et al* (2009, p. 06) “são projetados para operar com cerca de 75% do tempo disponível em virtude de serem consideradas flutuações na alimentação do equipamento e paradas na produção para a manutenção mecânica”.

### 2.1.5 Britagem secundária

A britagem secundária trata-se da segunda fase do processo de britagem que é realizada para o beneficiamento do minério de ferro. De acordo com Ferreira et al (2009, p. 08) “é um processo realizado a seco, com granulometria de alimentação menor que 15 cm e utiliza equipamentos mais leves que os utilizados na primeira fase”.

A escolha ficará entre cones ou secundários giratórios. Em instalações com britador primário giratório, o caminho do escolhido conduzirá ao cone; no caso do primário ser de mandíbulas, o uso de um giratório secundário apresenta a vantagem de eliminar as limitações de abertura de saída do estágio anterior. Por outro lado, o cone, devido à sua maior capacidade de redução permite diminuir o número de estágio de britagem. (DUTRA, 2008)

Figura 05: Britagem secundária



Fonte: Google Imagens (2019)

### 2.1.6 Britagem terciária

A britagem terciária é dominada quase que exclusivamente por britadores cônicos. As características desejáveis que este equipamento possui são: ajuste à distância

de abertura; eficiente sistema de proteção contra entradas de corpos não britáveis; dispositivos de esvaziamento da câmara quando há queda de energia e para o britador com a câmara cheia de material; capacidade de operar com aberturas pequenas, flexibilidade a distribuição de produtos e produto bruto com um formato mais arredondado. Estas características são fundamentais para otimizar o desempenho de toda a instalação, possibilitando a automatização parcial ou total.

A britagem secundária trata-se da segunda fase do processo de britagem que é realizada para o beneficiamento do minério de ferro. De acordo com Ferreira *et al* (2009, p. 08) “é um processo realizado a seco, com granulometria de alimentação menor que 15 cm e utiliza equipamentos mais leves que os utilizados na primeira fase”.

Os britadores de mandíbulas utilizados na britagem secundária apresentam os mesmos mecanismos de funcionamento que foram apresentados durante a fase primária, a diferença existente, se faz em relação à largura das placas de abertura para o recebimento do material, uma vez que, a granulometria de alimentação deve ser mais fina, devido ao primeiro processo já realizado.

Figura 06: Britagem terciária



Fonte: Google Imagens (2019)

### 2.1.7 Classificação ou Separação por Tamanho

É o processo que faz a separação de partículas por tamanho e adequadas para o processo de concentração. As peneiras são utilizadas apenas para a classificação de partículas mais grosseiras, usualmente trabalham com os produtos da britagem e podem operar a seco ou úmido. (DUTRA, 2008)

Os classificadores mecânicos operam com tamanho de partículas menores que as peneiras, mas são ineficientes para trabalhar com partículas muito finas (em média menores que 0,105 milímetros), trabalham quase sempre a úmido. Exemplo típico: classificador espiral ou parafuso sem fim. (FERREIRA, 2011)

Os ciclones são utilizados na faixa de tamanhos onde os classificadores mecânicos atuam, com a diferença que são muito eficientes para separarem partículas muito finas. Podem também operar com material seco ou úmido.

Figura 07: Classificação e separação de tamanho



Fonte: Google Imagens (2019)

### 2.1.8. Concentração

A concentração de minerais é feita para separá-los em os que interessam e os que não interessam para a empresa. Para que essa separação ocorra com sucesso é

necessário que as etapas de fragmentação e classificação magnéticas sejam eficazes. (DUTRA, 2008)

Para a concentração exige-se que os minerais de interesse tenham diferenças físicas ou físico-químicas. São duas as propriedades físicas mais utilizadas para concentração: diferença de densidade e diferença de susceptibilidade magnética. E no caso de físico-químicas a mais utilizada é a flotação. (MESQUITA, 2010)

O tratamento ou beneficiamento de minérios consiste de operações aplicadas aos bens minerais com o objetivo de modificar a granulometria, a concentração relativa das espécies minerais presente ou a forma, sem, contudo modificar a identidade química ou física dos minerais (MACHADO, 2007).

Ainda, segundo o autor acima citado, salienta-se que a obtenção do concentrado e do rejeito é conseguida através de operações que envolvem cominuição inicial e final (britagem e moagem), classificação (peneiramento e separação por tamanhos), concentração (gravítica, flotação, etc.) e desaguamento (sedimentação, filtragem, centrifugação e secagem).

As operações de concentração consistem na separação seletiva de minerais baseando-se as diferenças de propriedades entre o mineral-minério os minerais de ganga (LUZ; LINS, 2010, p. 04). Segundo os autores, entre estas propriedades se destacam, a massa específica, suscetibilidade magnética, condutividade elétrica, propriedades de química de superfície, cor, radioatividade, forma, etc. Em muitos casos, também se requer a separação seletiva entre dois ou mais minerais de interesse.

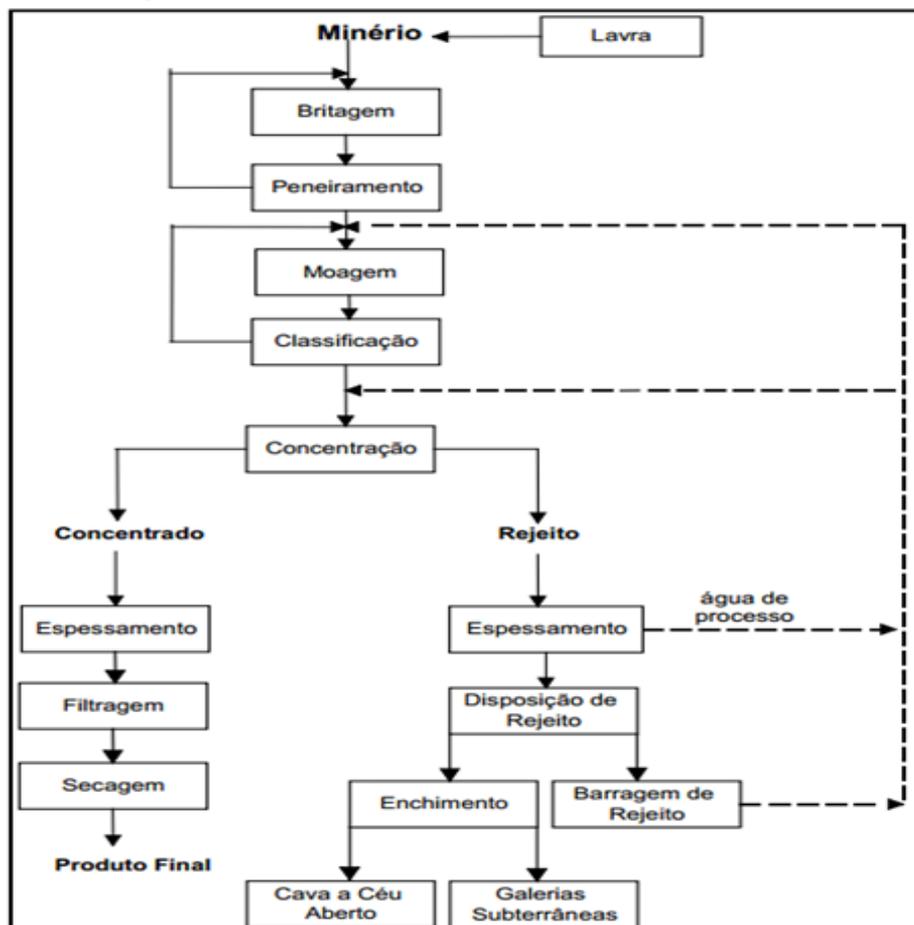
Figura 08: Concentração



Fonte: Google Imagens (2019)

Nesse sentido, apresenta-se o fluxograma relacionado ao tratamento de minérios, o qual é apresentado através da Figura 1.

Figura 09: Fluxograma típico de tratamento de minério



Fonte: LUZ; LINS (2010, p. 05)

Através do Fluxograma apresentado, pode ser percebido que, o beneficiamento pode ser entendido como sendo um processo essencial para que se possam separar os minerais que não são desejáveis, onde os mesmos são depositados em barragens de rejeitos, deixando para a comercialização, somente o minério sem impurezas após o processo de beneficiamento.

Neste sentido, os minérios em partículas minúsculas são encaminhados para a área de pelotização, para que sejam transformados em pelotas que são comercializadas tanto no mercado interno, quanto externo.

## **2.2 Área de pelotização: breve descrição**

A história da pelotização de minério inicia-se nas primeiras décadas do século XX, em 1911 na Suécia. A sua utilização na indústria é registrada a partir dos anos de 1950, nos Estados Unidos. A indústria de pelotização expandiu pelo mundo alcançando países industrializados importantes como a China. Essa evolução é decorrente da “exaustão das reservas de minério de alto teor, o que torna os processos de preparação de cargas ferrosas para a siderurgia, mais complexos e caros” (MOURÃO, 2017).

O processo de pelotização foi desenvolvido com o objetivo de aproveitar dos minérios concentrados, ultrafinos, impróprios para o uso direto nos fornos siderúrgicos de produção de ferro primário, tais como: alto-forno, reator de redução direta, Corex, etc. (MOURÃO, 2017, p. 12).

De acordo com Mourão (2017), estes minérios são classificados como pobres e precisam ser moídos e concentrados, gerando quantidades expressivas de finos abaixo de 0,15mm, próprios para a pelotização. No Brasil essa atividade é desenvolvida por meio da tecnologia *Traveling Gate*.

Dessa maneira, o entendimento que se faz em relação ao processo de pelotização faz-se em razão da seguinte definição, “a pelotização consiste na aglomeração desses finos, transformando-os em esferas de diâmetro médio da ordem de 12 mm,

com propriedades químicas, físicas e metalúrgicas adequadas para uso na Siderurgia” (MOURÃO, 2017, p. 12).

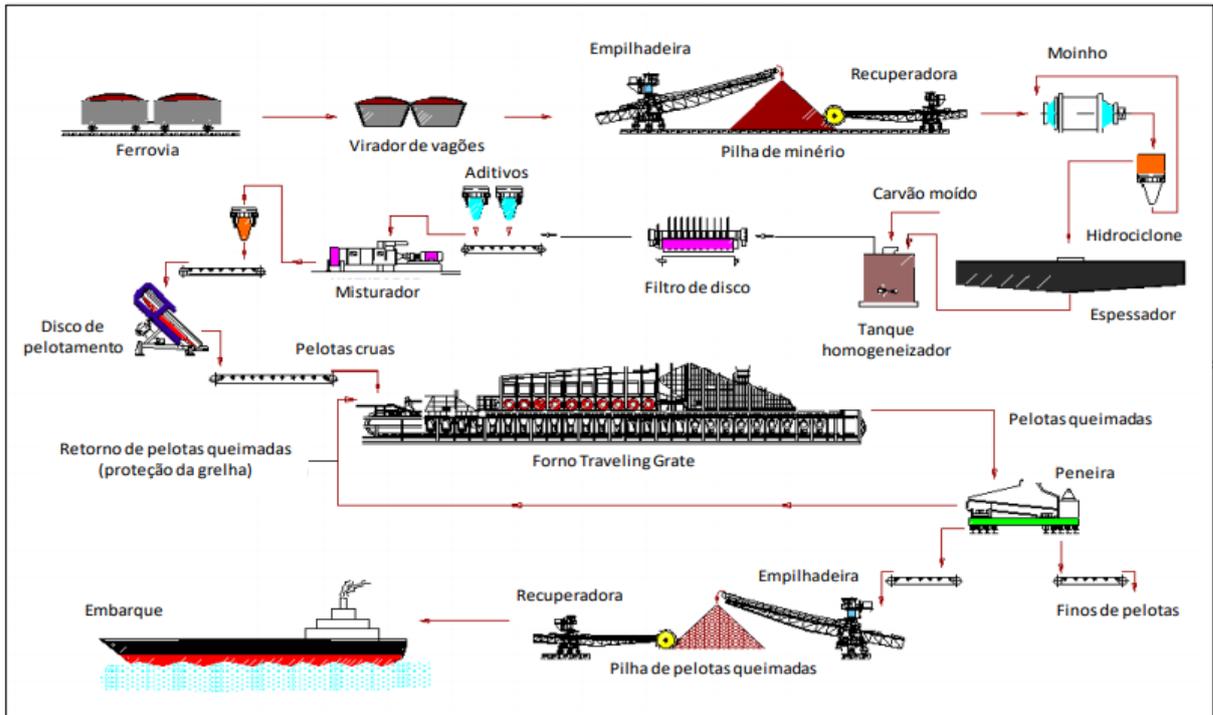
O processo de pelletização consiste na recuperação dos minérios finos que são partículas minúsculas do minério de ferro. As etapas referentes ao processo de pelletamento são apresentadas por Dias; Guimarães e Souza (2017, p. 02) como sendo:

- Balanças dosadoras: equipamentos responsáveis por alimentar o pelletamento com o material proveniente da mistura, onde foram adicionados insumos para aglomeração.
- Transportadores de correia: utilizados para transportar o minério até a alimentação do tambor de pelletamento.
- Tambor de pelletamento: equipamento responsável pela formação das pelotas. De acordo com a alimentação, velocidade de rotação, adição de insumos e características físicas e químicas do minério, aos poucos, o material é aglomerado, e assim passa para a próxima etapa.
- Peneira de rolos classificadora: equipamento responsável por classificar as pelotas de acordo com a granulometria. As pelotas são divididas em 3 grupos, pequenas (retornam para o início do pelletamento), médias (seguem para a etapa de queima) e, grandes (voltam para a etapa de mistura)

O sistema de produção das pequenas esferas produzidas pela empresa mineradora começa na extração de minério de ferro. O fino minério denominado *pellet-feed*, chega ao pátio da empresa mineradora formando pilhas que, posteriormente são recuperadas e transportadas em correias para o processo de moagem. Paralelamente, os pátios recebem insumos, como o calcário, que é adicionado ao minério. Na moagem, o minério é moído com água, formando uma polpa classificada por hidrociclones e enviada para o espessador, onde é sedimentada e, em seguida, encaminhada para tanques homogeneizadores (VALE, 2019, p. 01).

A Figura 10 apresenta o fluxograma de planta de pelletização com moagem a úmido, discos de pelletização e forno *Traveling Grate*.

Figura 10: Fluxograma de planta de pelletização com moagem úmido, discos de pelletização e forno *Traveling Grate*



Fonte: MOURÃO (2017, p. 13).

Em uma empresa de mineração o processo de pelletização é realizado por meio de planejamento frente ao fluxo de produção que é desenvolvido. Ressalta-se que, a Figura 02, apresenta o fluxograma de forma a permitir a compreensão de todo o procedimento desde a retirada da matéria prima a formação das pilhas de minérios que são transportadas pelas correias transportadoras, havendo a separação do material que deve ser encaminhado para a área de pelletização, evidenciando o processo de forma a alcançar o produto final a ser comercializado.

### 2.3 Esticadores de correntes de acionamento

Os esticadores de corrente são definidos como sendo peças fundamentais para que as correntes de acionamento se mantenham esticadas de forma a desempenhar com maior eficiência a sua finalidade.

Os esticadores têm como principal função efetuar o retorno da correia e garantir a tensão ideal para o seu acionamento, absorvendo suas variações no comprimento causadas pela mudança de temperatura, oscilações de carga e tempo de trabalho. Para efetuar o esticamento da correia pode se

utilizar dois sistemas dependendo da capacidade e comprimento (BORCHERT, 2013, p. 45).

Os esticadores têm por finalidade propiciar o melhor funcionamento das correntes, como a corrente é composta por segmentos seu comprimento deve ser sempre múltiplo do passo ou de dois passos dependendo da emenda que será utilizada para fechar a corrente. (NAKAZATO, 2019, p.62). Ainda de acordo com o autor, um dos problemas que podem ocorrer é que dependendo da posição das engrenagens a corrente pode acabar ficando frouxa, gerando ruído, desgaste prematuro ou até mesmo se soltando da engrenagem. Por isso, os esticadores de corrente são utilizados para que não ocorram falhas que comprometam o funcionamento dos equipamentos.

Os esticadores têm diversas utilidades dentre elas também pode-se usar para o esticamento de correntes no transporte por correias e de correntes de acionamento e são classificados em: sistema manual e sistema automático. Sobre estes dois sistemas, Borchert (2013, p. 45) os descrevem como sendo:

- Sistema Manual: geralmente usado em correias de menor potência e também de menor comprimento que normalmente é de até 50 metros. Seu funcionamento é simples aplicado na mesma polia responsável pelo retorno da corria, a polia é movida onde não há necessidade de uma polia adicional. o tambor de retorno é fixado em cima de mancais que são ligados a um fuso ligado às extremidades do suporte com uma porca exercendo pressão sobre a estrutura que faz com que todo o conjunto seja deslocado desta forma esticando toda a correia.
- Sistema Automático: é feito por um sistema de contra peso, também é possível ser feito de duas formas de acordo com o local de instalação do transportador. Se a corrente estiver em uma galeria metálica é normal utilizar um sistema onde são necessários mais de três tambores de retorno para fazer o esticamento. Outro sistema de esticamento automático utilizado é um sistema com carro de esticamento que não é necessário utilizar tambores adicionais, por utilizar o próprio tambor de retorno que é montado sobre um carro que desliza sobre uma estrutura. (BORCHERT, 2013, p. 45).

## 2.4 Sistema pneumático

A pneumática é um ramo de Engenharia que faz uso do gás ou ar pressurizado. A origem da palavra pneumática é remetida ao antigo grego proveniente da palavra “*pneuma*”, que significa fôlego, vento e filosoficamente, alma; surgindo a palavra pneumática (MARINS, 2009).

Sobre o sistema pneumático, faz-se relevante comentar que se trata de um mecanismo de grande importância para as indústrias em razão de suas características e possibilidades de melhoria na automação das organizações. Sobre este reconhecimento Camargo (2010 *apud* Soares, 2015, p. 14) expõe:

Apesar de a base da pneumática ser um dos mais velhos conhecimentos da humanidade, somente no século XIX, mais precisamente nos anos 50, que o estudo de suas características e comportamento se tornou sistemático, e ela foi introduzida na produção industrial. Antes, já existiam alguns campos de aplicação e aproveitamento da pneumática, como: a indústria mineira, a construção civil e a indústria ferroviária, mas a introdução generalizada na indústria começou com a maior demanda de automatização e racionalização dos processos de trabalho. No início houve certa rejeição proveniente da falta de conhecimento e instrução, porém, com o tempo, foi aceita e o número de campos de aplicação tornou-se muito maior. Hoje, o ar comprimido é indispensável nos mais diferentes ramos industriais, sendo utilizado em aparelhos pneumáticos, mais precisamente, na automação (CAMARGO, 2010 *apud* SOARES, 2015, p.14).

Mesmo sendo reconhecida a relevância dos sistemas pneumáticos na atualidade pelas empresas, uma vez que, os mesmos são empregados em conjunto com as tecnologias que visam aprimorar as atividades das empresas, é necessário que se compreenda que, o uso de ar comprimido que é fundamental para o funcionamento do sistema pneumático apresenta vantagens e desvantagens que precisam ser conhecidas para o entendimento de sua viabilidade ao integrar os mecanismos de funcionamento dos equipamentos industriais.

As principais vantagens em razão do uso do ar comprimido nos sistemas pneumáticos são descritas por Pavani (2010 *apud* Soares, 2015, p. 12) por meio do Quadro 01.

Quadro 01: Vantagens oferecidas no uso do ar comprimido

<b>PROPRIEDADES POSITIVAS DO USO DO AR COMPRIMIDO</b>	
<b>PROPRIEDADE</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
<b>Qualidade</b>	O ar é encontrado em quantidades ilimitadas, em quase todos os lugares.
<b>Transporte</b>	O ar comprimido é de fácil transporte por tubulações, mesmo em longas distâncias.
<b>Armazenamento</b>	Não é preciso preocupar com o retorno de ar. Pode ser armazenado em reservatórios para ser usado depois, quando os compressores se encontrarem desligados.
<b>Temperatura</b>	O trabalho realizado com o ar comprimido não varia com oscilações de temperatura, garantindo também, em situações térmicas extremas, um funcionamento seguro.
<b>Segurança</b>	Não existe risco de explosão ou incêndio, sendo seguro contra explosão e eletrocussão, sendo indicado para aplicações especiais.
<b>Limpeza</b>	É limpo. O ar, que venha a escapar das tubulações ou elementos inadequadamente vedados, não polui o ambiente. Sendo esta uma exigência nas indústrias alimentícias, têxteis, química, eletrônicas.
<b>Construção de elementos</b>	Os elementos de trabalho são de construção simples e podem ser obtidos a baixo custo.
<b>Velocidade</b>	O ar comprimido é um meio de trabalho rápido, que permite alcançar altas velocidades de trabalho.
<b>Regulagem</b>	As velocidade e forças de trabalho dos elementos ao ar comprimido são reguláveis, sem escala, porém, são exigidos elementos como reguladoras de pressão e fluxo.
<b>Seguro contra sobre cargas</b>	Elementos e ferramentas ao ar comprimido são carregáveis até a parada total e, seguros contra sobrecargas.

Fonte: PAVANI (2010) *apud* SOARES (2015, p. 12).

Em relação às desvantagens referentes ao ar comprimido em sistemas pneumáticos, o Quadro 02, as apresenta de maneira clara e objetiva.

Quadro 02: Desvantagens oferecidas no uso do ar comprimido

<b>PROPRIEDADES NEGATIVAS DO USO DO AR COMPRIMIDO</b>	
<b>PROPRIEDADE</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
<b>Preparação</b>	O ar comprimido requer uma boa preparação. Impureza e umidade devem ser evitadas, pois provocam desgastes nos elementos pneumáticos, oxidando nas tubulações e projeção de óxidos.
<b>Compressibilidade</b>	Não é possível manter uniforme e constante as velocidades dos pistões mediante ar comprimido. Quando é exigível, recorre-se a dispositivos especiais.
<b>Forças</b>	O ar comprimido é econômico somente até determinada força, limitado pela pressão normal de trabalho de 700kPa (7bar) e pelo curso e velocidade (o limite está fixado entre 2000 a 3000N (2000 a 3000 kPa)
<b>Escape de ar</b>	O escape de ar é ruidoso. Mas, com o desenvolvimento de silenciadores, esse problema está solucionado.

<b>Custo</b>	O ar comprimido é uma fonte de energia muito cara. Porém, o alto custo de energia é compensado pelo custo baixo da instalação e pela rentabilidade do ciclo de trabalho.
--------------	--

Fonte: PAVANI (2010) *apud* SOARES (2015, p. 13).

## 2.5 Atuadores Pneumáticos

Os atuadores pneumáticos são conhecidos como cilindros ou pistões pneumáticos, que realizam a transformação da energia do ar comprimido em trabalho mecânico através de movimentos lineares ou giratórios (DALL'AMICO, 2018). Os de movimentos giratórios, de alerta ou pinhão-cremalheira, pode ser classificados de cilindros alternativos de giro limitado ( $\pm 270^\circ$ ) e de motores pneumáticos quando de giro contínuo.

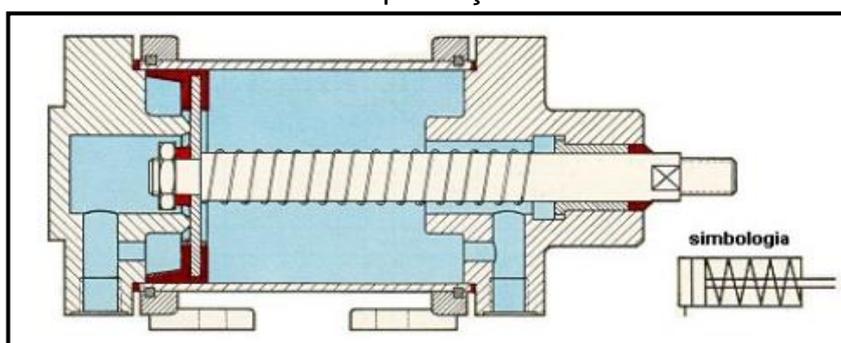
Os atuadores são classificados em atuadores lineares e giratórios. Sendo que, os atuadores lineares apresentam-se como sendo cilindros pneumáticos com diferentes formas e tamanhos, sendo estes os mais utilizados nas instalações de automação pneumáticas sendo dividido conforme Dall'Amico (2018) em dois grupos:

De simples ação, que realizam trabalho em uma direção, possuindo uma única conexão de ar, sendo que o retorno à posição inicial pode se dar por ação de mola ou de outra força externa.

De dupla ação ou duplo efeito, quando realizam trabalho em ambas direções de avanço e de retorno, possuindo duas conexões de ar (DALL'AMICO, 2018, p. 01).

Os cilindros de simples ação realizam o seu trabalho somente em uma direção de curso, possui consumo menor de energia em comparação com os cilindros de dupla ação; porém, apresenta menor força com limitação de atividade em razão do tamanho de sua mola. A Figura 11, exemplifica um atuador linear de simples ação.

Figura 11: Atuador linear de simples ação



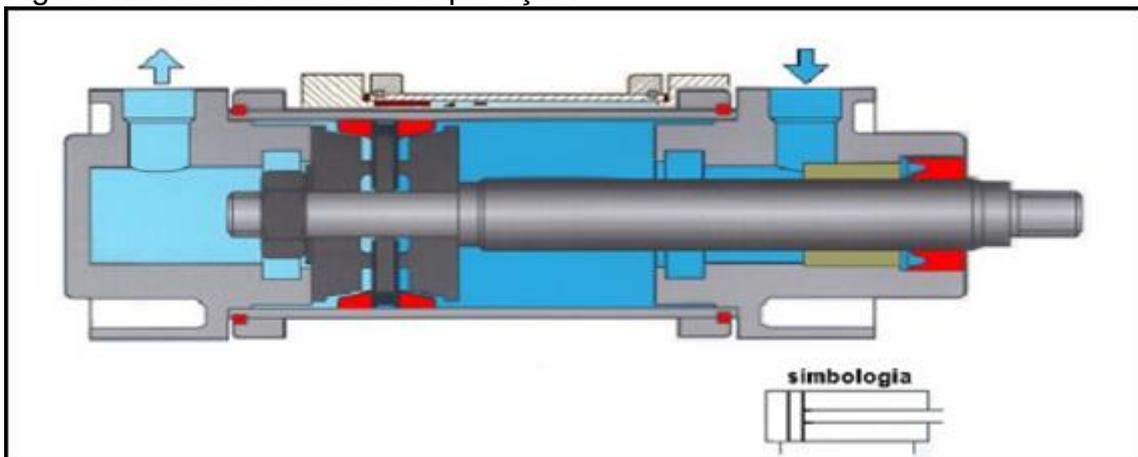
Fonte: MARINS (2009, p. 41)

Em atuadores com mola montada, o curso do êmbolo é limitado pelo comprimento da mola. Por essa razão são fabricados com comprimentos até aproximadamente 100mm. Empregam-se esses elementos de trabalho principalmente para fixar, expulsar, prensar, elevar, alimentar, etc.

Os cilindros de dupla ação apresentam maior força e desenvolve as suas atividades nos dois sentidos do curso, sendo eles de avanço e de retorno. Segundo Dall'Amico (2018, p. 02) “os cilindros pneumáticos alcançam velocidades consideráveis em seus movimentos em conformidade com a carga transportada; e, para evitar choques e possíveis danos utilizam amortecedores que reduzem o risco em razão da desaceleração da massa móvel”.

A Figura 12, exemplifica o atuador linear de dupla ação.

Figura 12: Atuador linear de dupla ação.



Fonte: MARINS (2009, p. 43)

Os movimentos de avanço e retorno nos atuadores de dupla ação são produzidos pelo ar comprimido, por isso, podem realizar trabalho nos dois sentidos de seu movimento (MARINS, 2009, p. 43). Ainda de acordo com o autor, estes atuadores

podem em princípio ter curso limitado, porém, devem-se levar em consideração as possibilidades de deformação por flexão e flambagem. São encontrados, normalmente, com curso até 2000mm.

Os atuadores giratórios são definidos de acordo com Rocha (2016, p. 23) como sendo “motores pneumáticos, pois transformam energia do fluxo de ar comprimido em rotação e torque. Os motores são opostos aos compressores; eles não fazem compressão do ar, mas transformam a energia do ar comprimido em energia mecânica para efetuar acionamento”.

As suas principais características dos atuadores giratórios remetem a:

Neste tipo de atuador o eixo de saída tem, internamente, entalhado dentes de engrenagem formando um pinhão que engrena nos dentes frezados na haste que une dois êmbolos no interior da unidade, chamada de cremalheira. O movimento retilíneo de cremalheira provoca um movimento giratório no eixo gerando um movimento tursor cujo torque depende do diâmetro dos êmbolos. O ângulo de giro pode variar de 90° a 180°, e, em alguns casos até 2710°. (DALL'AMICO, 2018, p. 12).

Para tanto, os atuadores lineares são os mais utilizados pelas empresas, em razão de suas vantagens frente à destinação de cada organização. Por isso, é necessário o entendimento de que, nas empresas mineradoras, em sua maioria, o atuador linear é o mais utilizado. Porém, não se pode deixar de comentar que os atuadores giratórios também se apresentam eficientes para diferentes equipamentos que realizam atividades nos diferentes setores das organizações.

### **3 METODOLOGIA**

#### **3.1 Delineamento da pesquisa**

A pesquisa realizada foi embasada em um estudo exploratório qualitativo e quantitativo com estudo de caso em uma empresa do ramo do setor de mineração, no setor de pelotamento, que é identificado como uma das etapas do processo de transformação do matéria prima mineral em produto comercializado.

#### **3.2 Estratégias**

A natureza da pesquisa caracterizou pela forma aplicada, que de acordo com Rodrigues (2007, p.03) pode ser compreendida como sendo “a pesquisa que visa investigar, comprovar ou rejeitar hipóteses sugeridas pelos modelos teóricos”.

O estudo realizado sobre os atuadores pneumáticos referentes ao funcionamento como esticadores de correntes de acionamento tem como objetivo promover a investigação da contribuição deste equipamento para a redução das paradas das máquinas que realizam as suas atividades no setor de pelotamento.

Em relação à pesquisa exploratória qualitativa, esta é definida como sendo:

Investigações de pesquisa empírica cujo objetivo é a formulação de questões ou de um problema, com tripla finalidade desenvolver hipóteses, aumentar a familiaridade do pesquisador com um ambiente, fato ou fenômeno, para a realização de uma pesquisa futura mais precisa ou modificar e clarificar conceitos (LAKATOS; MARCONI, 2010, p.188).

Quanto aos objetivos, a pesquisa caracterizou por ser um estudo exploratório descritivo, que visou descrever os principais referentes aos atuadores pneumáticos,

fases do beneficiamento do minério, sistemas pneumáticos, correntes de acionamento.

Sobre a pesquisa descritiva, Triviños (1987, p.112) comenta que a mesma “exige do investigador uma séries de informações sobre o que deseja pesquisar”.

O procedimento proposto para o estudo configurou na seleção dos conceitos referentes ao tema, o fichamento das principais idéias expressas pelos autores pesquisados e a coleta de informações na empresa em estudo.

### **3.3 Procedimentos de coleta**

O procedimento proposto para o estudo configurou como um estudo de revisão bibliográfica com estudo de caso ressaltando a importância da pesquisa literária para a compreensão dos conceitos referentes ao tema abordado.

A revisão bibliográfica é compreendida como sendo a “a busca para a resolução de um problema por meio de referenciais teóricos publicados, analisando e discutindo as várias contribuições científicas” (BOCCATO, 2006, p. 266).

Gil (2010, p.54) conceitua o estudo de caso afirmando que, “consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento, tarefa praticamente impossível mediante outros delineamentos já considerados”.

### **3.4 Instrumentos**

Foi realizado o levantamento de informações em relação as paradas realizadas no setor de pelotamento da empresa mineradora com o objetivo de averiguar as perdas ocasionadas pela detecção das falhas nas correntes de acionamento, o que impede

o fluxo de produção de ser realizado de maneira a alcançar os objetivos e metas propostos pela empresa.

Outros instrumentos analisados configuraram nos dados do setor de pelotamento referente às paradas realizadas, identificando o tempo e os eventos efetivados que justificam a detecção do problema, e, conseguinte, a realização de testes referentes às correntes de acionamento e atuadores pneumáticos para a redução destas paradas, por meio de seu prolongamento.

### **3.5 Método de análise**

Após a coleta dos dados, eles foram analisados de forma qualitativa e quantitativa vislumbrando o entendimento de todo o processo realizado para a fundamentação do estudo proposto, por meio da análise de gráficos e possíveis ações para o aprimoramento dos equipamentos no setor de pelotamento da empresa mineradora.

## 4 ANÁLISE E DISCUSSÃO

### 4.1 Resultados e análise

#### 4.1.1 Identificação do problema

O estudo realizado na empresa mineradora referente ao uso dos atuadores pneumáticos e o seu funcionamento como esticadores de correntes de acionamento, surge em razão dos problemas enfrentados no setor de pelotamento da empresa, desencadeando a análise das falhas que interferem no fluxo de produção e compromete as ações desenvolvidas em razão da necessidade de paradas para o conserto dos equipamentos.

A Figura 13, exemplifica os atuadores antigos utilizados na empresa mineradora.

Figura 13: Atuadores antigos utilizados no processo de pelotamento.



Fonte: Registo realizado pelo autor (2019)

O problema apresentado nos equipamentos da empresa remete a constatação de que o atual sistema de esticamento da corrente não se faz eficiente para garantir o

funcionamento até o fim da vida da corrente sem que ocorram intervenções, sendo detectado que, com o desgaste da corrente alonga-se até o curso final do atuador.

O atuador da empresa mineradora possui o seu curso de 100mm, o que foi constatado ser insuficiente para manter a corrente esticada até o fim de sua vida. Quando ocorre o desgaste é necessário o interromper o funcionamento da máquina e retirar a retirada de um ou mais elos da corrente para que o equipamento possa funcionar, o que acarreta perda de tempo e paralização das atividades.

Figura 14: Peneira de rolos e circuito realizado no setor de pelotamento



Fonte: Registo realizado pelo autor (2019)

A Figura15, exemplifica a abertura da corrente para a retirada de um de seus elos.

Figura 15: Retirada de um dos elos da corrente para o funcionamento do equipamento



Fonte: Registo realizado pelo autor (2019)

Devido às várias intervenções que são realizadas para a retirada dos elos da corrente, a empresa passou a constatar uma perda significativa de tempo, além de ocorrer um maior desgaste nos equipamentos e um decréscimo na produção, tornando a correção desta falha de interesse da empresa, vislumbrando a redução de seus prejuízos em virtude da possibilidade de aumento do tempo de parada para a manutenção.

A retirada do elo da corrente danificada, bem como o seu fechamento para que o equipamento volte a funcionar de maneira devida, não se trata de uma atividade rápida e de fácil execução, o que justifica a paralização total do equipamento. Mesmo os profissionais da manutenção sendo capacitados para a realização desta atividade, o tempo gasto é um fator preocupante em virtude da paralização de todo o processo produtivo, uma vez que, os setores da empresa mineração são interligados.

A Figura16, demonstra o momento de fechamento dos elos da corrente danificada após a retirada dos elos danificados.

Figura 16: Fechamento dos elos da corrente para o funcionamento do equipamento



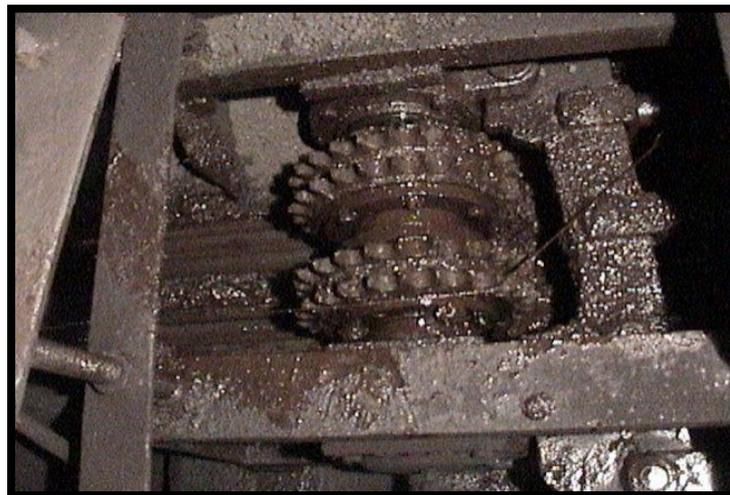
Fonte: Registo realizado pelo autor (2019)

No entanto, há de salientar que, as duas coroas responsáveis pelo esticamento das correntes não são independentes. Além disso, constata-se que, o desgaste nas duas correntes não ocorre de maneira uniforme, ou seja, uma corrente alonga mais do que a outra, o que tem por consequência uma tração maior em uma das correntes e o desalinhamento no conjunto.

Esse fator contribui para que as paradas para a retirada dos elos sejam constantes, uma vez que, não se pode realizar a manutenção total no equipamento em virtude que o desgaste não se apresenta nas duas coroas. Por isso, o tempo gasto de paradas é considerado preocupante, por ocasionar prejuízos de produtividade pela necessidade de paradas constantes do equipamento para a correção da falha.

A Figura 17, exemplifica o esticamento das correntes em um mesmo eixo, permitindo o entendimento sobre as coroas apresentadas neste estudo demonstrando que, o desgaste nas correntes não ocorre de forma uniforme.

Figura 17: Esticamento das correntes em um mesmo eixo.



Fonte: Registro realizado pelo autor (2019)

Através do levantamento dos dados referentes aos cortes realizados nas correntes de acionamento dos equipamentos o que acarreta as paradas e consequentemente as perdas de produção, foi possível que em 2018, os prejuízos em relação às

paradas computados em tempo foram significativos, demonstrando que o problema existente precisa de soluções que reduzam o tempo de paralizações.

O Gráfico 01, apresenta uma análise dos dados do ano de 2018 correspondentes aos cortes de corrente.

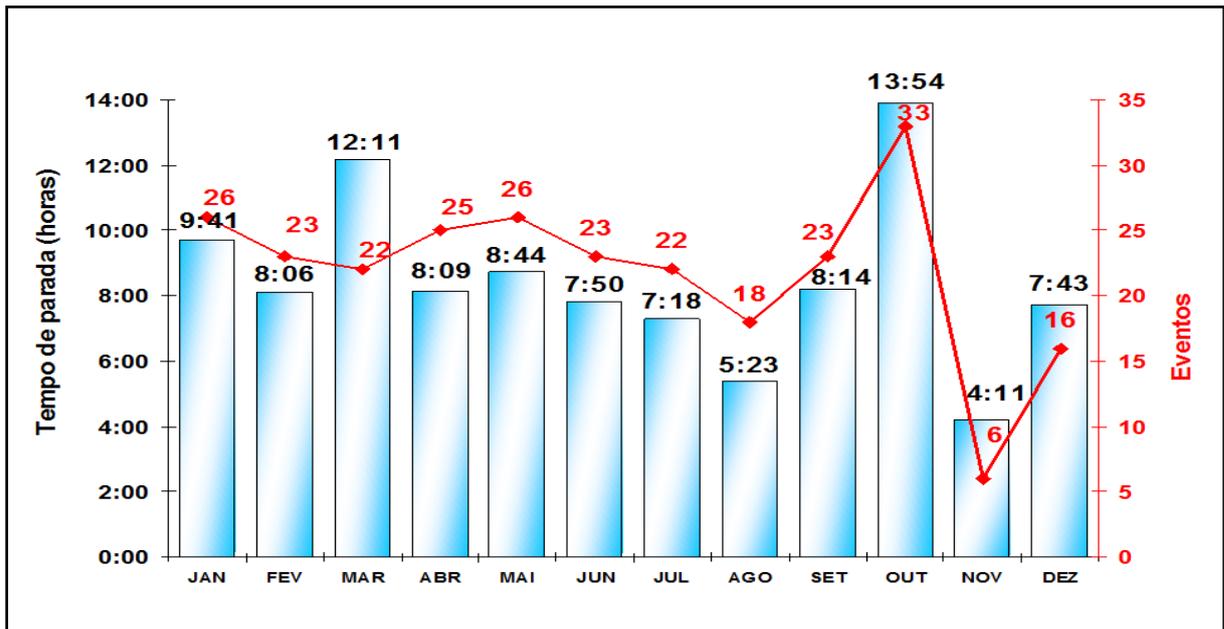


Gráfico 01: Cortes de correntes: tempo gasto – ano 2018  
Fonte: Dados pesquisados pelo autor (2019)

O Gráfico 01 apresenta o tempo gasto de paradas para a realização da manutenção dos equipamentos em relação ao desgaste das correntes de acionamento. O que pode ser percebido é o fato de que, entre os meses de janeiro a dezembro de 2018, todos os meses ocorreram paradas para os cortes dos elos da corrente, sendo que, as horas de paralização foram significativas em relação a análise anual do tempo de parada.

Verificou-se que, no mês de janeiro ocorreu 09h:41min de parada, com o total de 26 correções realizadas; no mês de fevereiro o tempo gasto foi de 08h:06min com o total de 23 eventos (correções); no mês de março o tempo foi de 12h:11min com 22 eventos; em abril totalizou 08h:09min, com 25 eventos; em maio o tempo gasto correspondeu a 08h:44min com 26 eventos; em junho o tempo gasto foi de 07h:50min com 23 eventos; em julho foi computado 07h:18min de tempo gasto com

22 eventos; em agosto o tempo foi de 05h:23min ocorrendo 18 eventos; em setembro o tempo de parada foi de 08h:14min com a prática de 23 eventos; em outubro foi verificada a maior elevação, alcançando o tempo de 13h:54min e o maior índice de eventos correspondendo a 33 correções realizadas; no mês de novembro o tempo de parada foi computado em 04h:11min com a realização de 06 eventos; e, em dezembro o tempo de perda foi de 07h:43min com a apuração de 16 eventos.

Através da análise do Gráfico 01, foi possível concluir que, a perda de tempo com paradas para os cortes de correntes foi elevada alcançando o tempo total anual de 99h:24min. Esse tempo de parada para os cortes de corrente é considerado elevado se analisar o fato de que, o processo produtivo realizado neste tempo corresponde a uma significativa produção, que em razão das paradas, pode comprometer o alcance dos objetivos e metas da empresa frente aos fatores de produtividade e lucratividade, além de promover a insatisfação dos clientes devido a possíveis atrasos no cumprimento de seus acordos comerciais em virtude das paralizações realizadas.

Outro dado pesquisado em relação ao problema detectado correspondeu ao número de paradas realizadas para o corte de corrente nas linhas de pelotamento no ano de 2018, estas paradas são apresentadas no Gráfico 02 sendo identificadas como eventos realizados. As linhas no setor de pelotamento são em sua totalidade sete linhas, sendo identificadas no Gráfico como sendo: A, B, C, D, E, F.

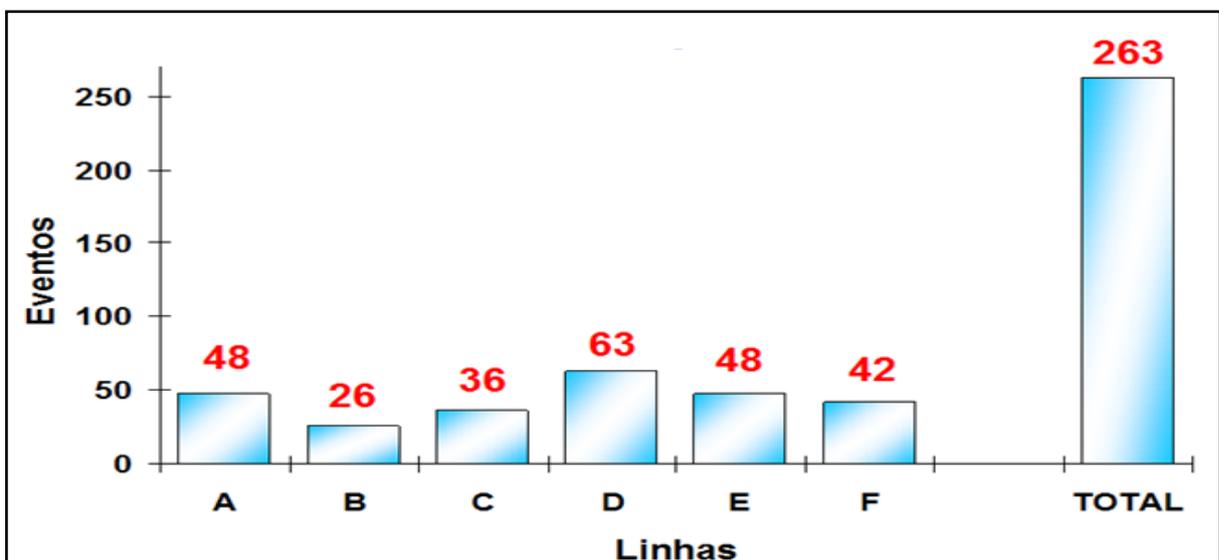


Gráfico 02: Paradas para corte de corrente nas linhas de pelotamento em 2018  
 Fonte: Dados pesquisados pelo autor (2019)

Analisando o Gráfico 02, verifica-se que, a linha A teve 48 eventos; a linha B constatou-se 25 eventos; a linha C 36 eventos; a linha D 63 eventos; a linha E 48 eventos; e, a linha F 42 eventos. Constatou-se, portanto que, as linhas A, D e E apresentaram o maior número de eventos durante o ano de 2018.

Para tanto, sobre o Gráfico 02, faz-se necessário esclarecer que, o setor de pelotamento funciona com 07 linhas. Porém, a linha G foi excluída em razão da não implantação do projeto.

No tocante para maior esclarecimento, configura-se a Tabela 01, que apresenta o total do tempo gasto de paradas na área de pelotamento em 2018 referente aos eventos de corte de correntes.

Tabela 01: Paradas no Pelotamento em 2018

<b>Paradas no Pelotamento em 2018</b>	
<b>TOTAL</b>	<b>CORTAR CORRENTE</b>
308:35min	101:24min

Fonte: Dados pesquisados pelo autor (2019)

Dessa maneira, foi possível averiguar que, as paradas para corte de corrente representaram no ano de 2018 32,84% do total de paradas de linha na área de pelotamento.

O critério utilizado durante a pesquisa para a análise da perda de produção pelo corte de corrente configurou-se:

- Verificação do ritmo de alimentação do pelotamento 30 (trinta) minutos antes da parada, 30 (trinta) minutos durante o corte e 30 (trinta) minutos após o corte;
- Retorno da peneira de rolos RR (correia RB-06);
- Alimentação líquida do forno: correia GB-02 – correia RB-06;

- Rendimento do pelotamento = alimentação líquida; forno/alimentação total do pelotamento.
- Situação normal (anterior à parada) apresentou como resultado o rendimento de 82 a 84%, tendo como média de análise 83%.
- Situação durante e após o corte apresentou com resultado o rendimento de 78 a 79%, tendo como média de análise 78,5%.
- Cada evento de arada para corte de corrente correspondeu a uma perda de rendimento tendo como base a alimentação líquida do forno de -4,5%.

No entanto, seria necessário que houvesse outras análises frente ao funcionamento dos equipamentos que apresentavam maior tempo de parada, mas em decorrência da ausência de tempo hábil para o aprofundamento da pesquisa, não foi possível quantificar e calcular os distúrbios de processo; a geração de finos e a abrasão, que são aspectos que também são considerados responsáveis pela redução de produção e pela perda da qualidade da pelota.

Durante o ano de 2018 foram gastos aproximadamente, 960h/h de mão de obra mecânica somente com cortes de corrente, que corresponde a preparação e execução do corte e 480h/h de mão de obra elétrica correspondente a espera e colocação do cartão de segurança.

O estudo realizado teve como objeto de estudo a linha D do pelotamento no dia dezessete de maio de dois mil e dezoito e vem demonstrado a performance requerida. Com o sistema anterior, a linha D já deveria ter parado 10 vezes durante o período de 17/05/2018 à 21/07/2018.

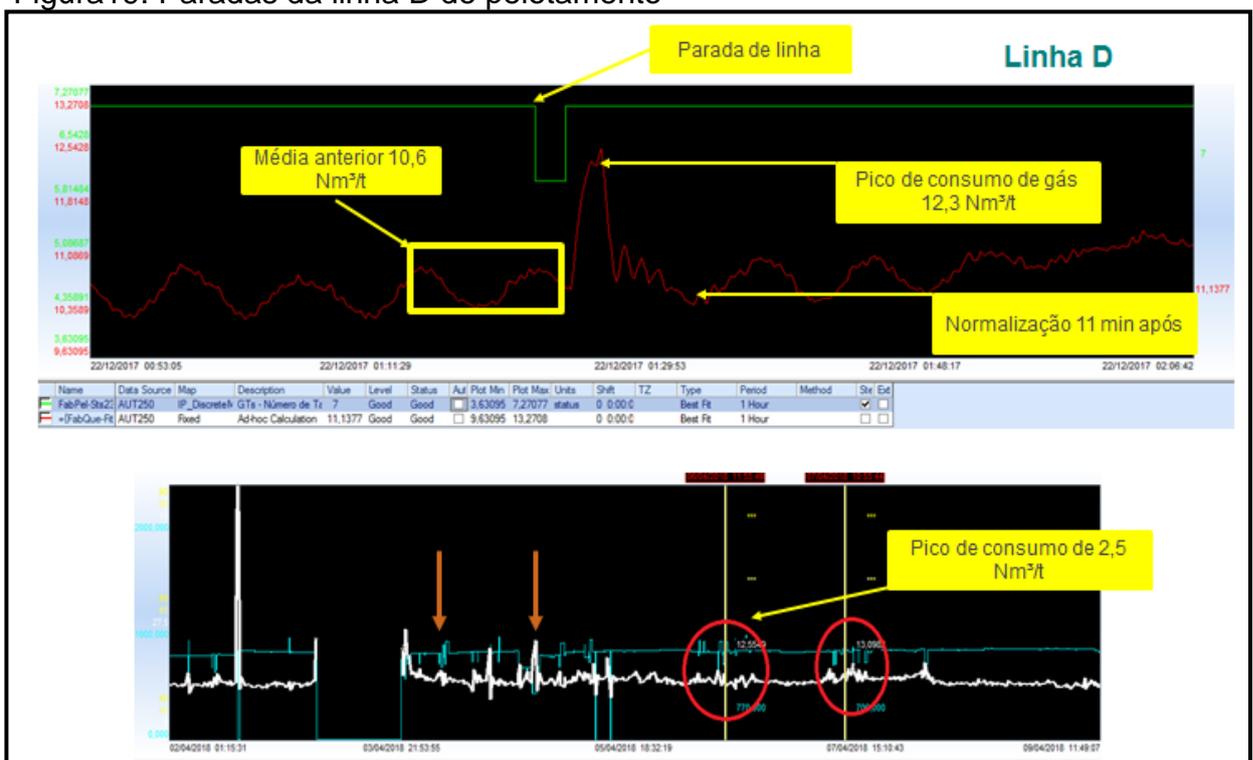
Figura18: Linha D do pelotamento



Fonte: Registro realizado pelo autor (2019)

O acompanhamento da Linha D, foi realizado por meio do monitoramento das atividades de manutenção e parada da linha, como é demonstrado através da Figura 19.

Figura19: Paradas da linha D de pelotamento



Fonte: Dados pesquisados pelo autor (2019)

Analisando os dados coletados, é possível compreender que, em relação à movimentação da linha D de pelotamento, as seguintes informações podem destacadas.

### Dados:

Horas paradas : 136,04h

Horas que poderiam ser evitadas: 33,20h corresponde a 24,40%.

PHL de fevereiro :475,1 t/h

Produção de fevereiro :289.289t

Produtividade fevereiro :26,72t/m<sup>2</sup>

### Cálculo das perdas :

$$\frac{475,1 \text{ t}}{h} \times 136,04h = 64.632,6t$$

Toneladas perdidas no mês de fevereiro devido as

Como 24,40% poderiam ser evitadas , tem-se:

$$64.632,6 \times 0,244 = 15.770,35t$$

Toneladas perdidas que poderiam ser evitadas

Produção que faria caso não existissem as perdas: 289.289+15.770,35=305.059,35t

Produtividade caso não existissem as perdas :28,17t/m<sup>2</sup>

Supondo que de 136,04 hs  
**33,2 hs não tivessem ocorrido**

Sobre a correlação entre as horas paradas e o CE de gás foram utilizadas equações para o cálculo da produtividade da linha d, bem como em relação à diferença do CE de gás, como é demonstrado a seguir.

Equação do gráfico:

$$y = -0,0071x^2 + 0,2402x + 11,281$$

Para produtividade de 26,72 t/m<sup>2</sup>, tem-se:

$$y = -0,0071x26,72^2 + 0,2402x26,72 + 11,281$$

$$Y=12,63004Nm^3/t$$

Para produtividade de 28,17t/m<sup>2</sup>, tem-se:

$$y = -0,0071x28,77^2 + 0,2402x28,77 + 11,281$$

$$y=12,41324Nm^3/t$$

Diferença do CE de gás:0,217Nm<sup>3</sup>/t

$$0,217 \frac{Nm^3}{t} \times 305.059,35 \text{ t} = 66.197,8Nm^3$$

$$66.197,8Nm^3 \times \frac{R\$1,65}{Nm^3} = R\$109.226,37$$

Valor pago pelo aumento do CE de gás devido a diminuição da produtividade

Em setembro de 2018 foi realizada a análise das horas paradas por linha de tambor, desencadeando o entendimento sobre o impacto em relação ao tempo em que os equipamentos permaneceram parados para as manutenções referentes às correntes, possibilitando o entendimento sobre o problema a ser sanado para a otimização do processo de produção da empresa no setor de pelotamento.

O Gráfico 03, apresenta os dados referentes às horas paradas por linhas de tambor, além de demonstrar as linhas mais impactantes.

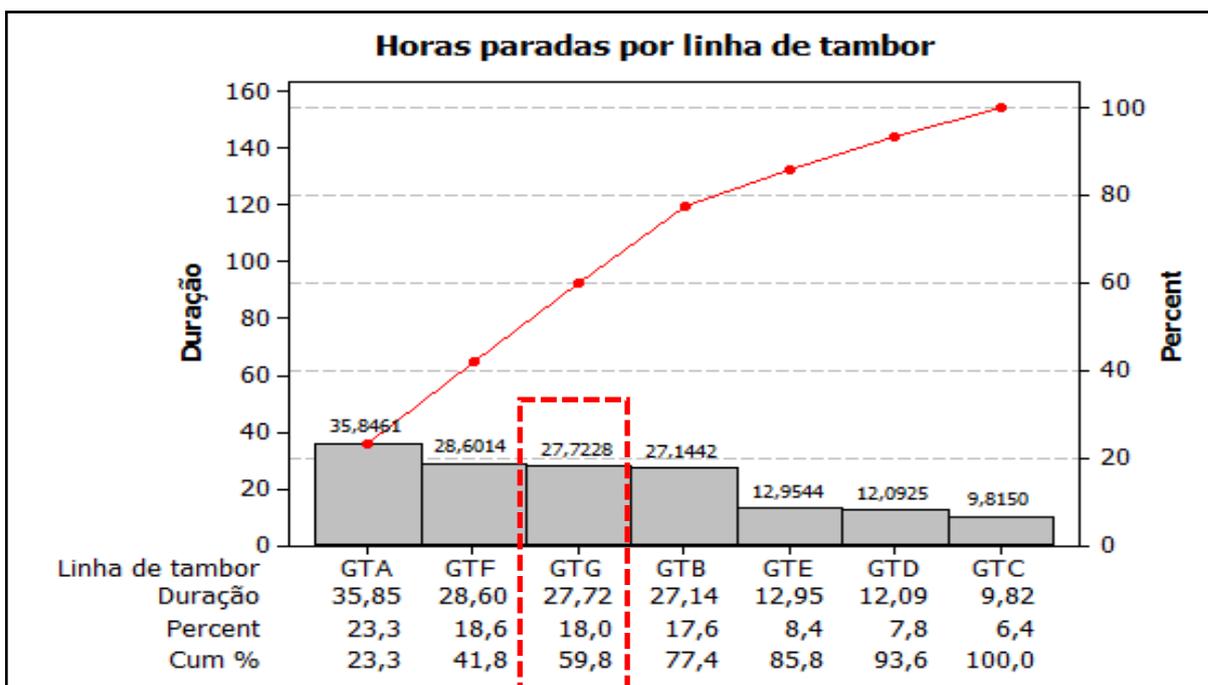


Gráfico 03: Horas paradas por linha de tambor – Linha G - 2018  
 Fonte: Dados pesquisados pelo autor (2019)

Através do Gráfico 03, foi possível verificar que, as linhas A,F e G foram as mais impactantes. O período analisado apresentou a totalidade 154:17hs paradas, sendo constatado que, a linha G foi responsável pelo maior número de paradas por falhas nas correntes.

O monitoramento foi realizado também no mês de outubro de 2018, na mesma linha G, sendo constatado no Gráfico 04 que,

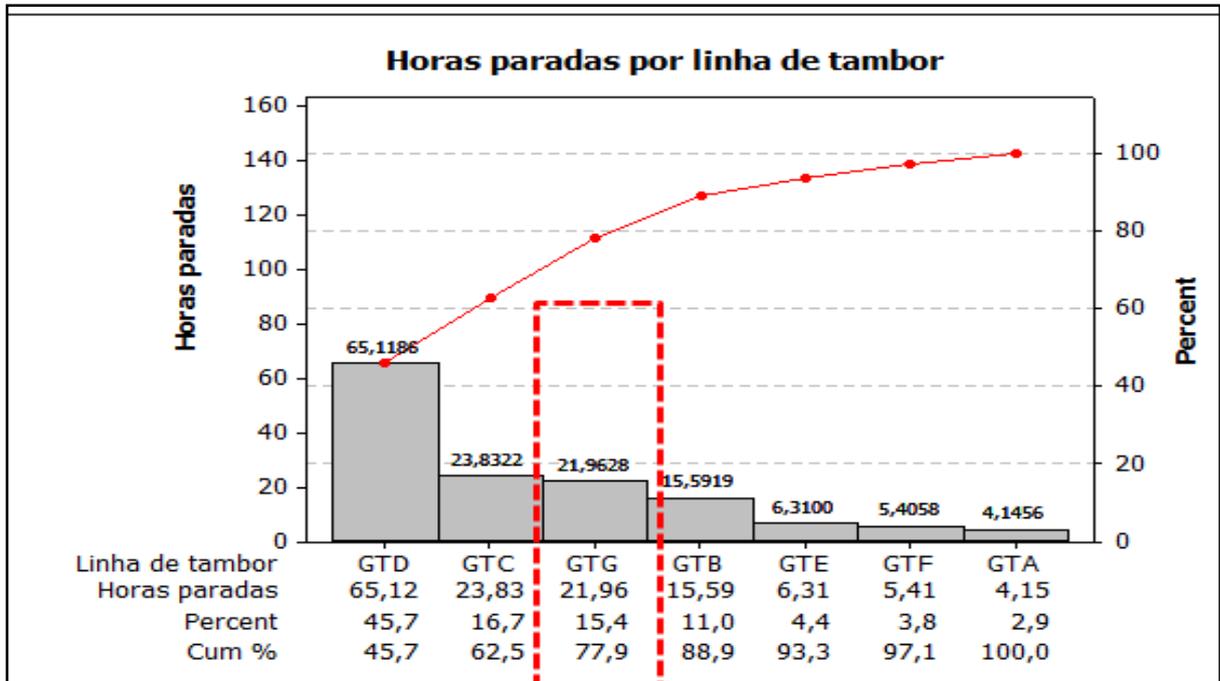


Gráfico 04: Horas paradas por motivo da Linha G - 2018  
Fonte: Dados pesquisados pelo autor (2019)

As atividades realizadas no mês de outubro na linha G foram identificadas na Tabela 02.

Tabela 02: Descrição das atividades realizadas na Linha G

DESCRIÇÃO	TOTAL
Corrente avariada	12
Encurtamento de correntes	11
Sem descrição	06
Rasgo na correia	04
Sem descrição	02
Calibração na mesa de rolos	01
Reparo no cabo de aço de sustentação dos sprays	01
Sobrecarga por material	01
Troca da correia de transmissão	01
Troca do rolo B	01
Total Geral	40

Fonte: Dados pesquisados pelo autor (2019)

Ainda no mês de outubro, foi realizado o monitoramento da linha C, evidenciando o controle frente às atividades realizadas que desencadearam as paradas no setor de pelotamento.

O Gráfico 05, apresenta os dados coletados referentes às horas paradas por linha de tambor da linha C.

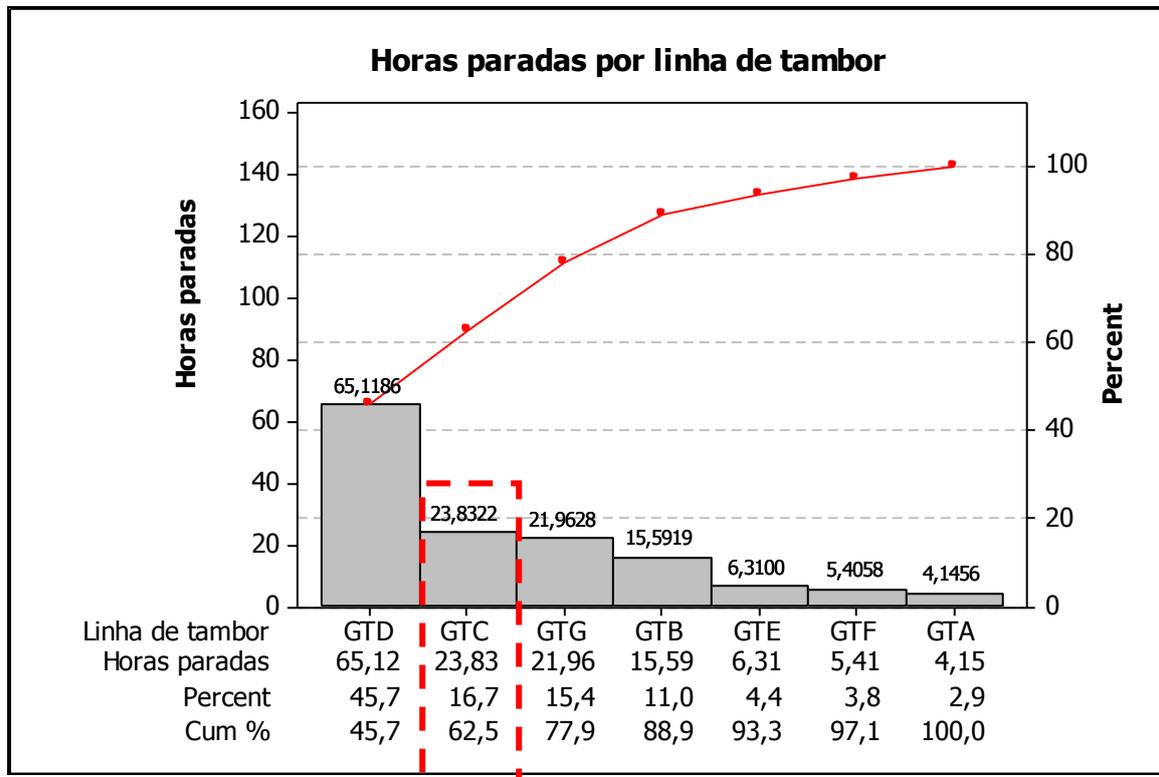


Gráfico 05: Horas paradas por linha de tambor – Linha C - 2018  
Fonte: Dados pesquisados pelo autor (2019)

Pelos dados coletados, observou-se que, no Gráfico 05, a Linha C, apresentou o maior número em horas de paradas, correspondendo a 23:8322hs, em comparação com as demais linhas monitoradas.

O Gráfico 06, apresenta detalhadamente as atividades desenvolvidas na linha C, justificando as paradas realizadas em outubro de 2018.

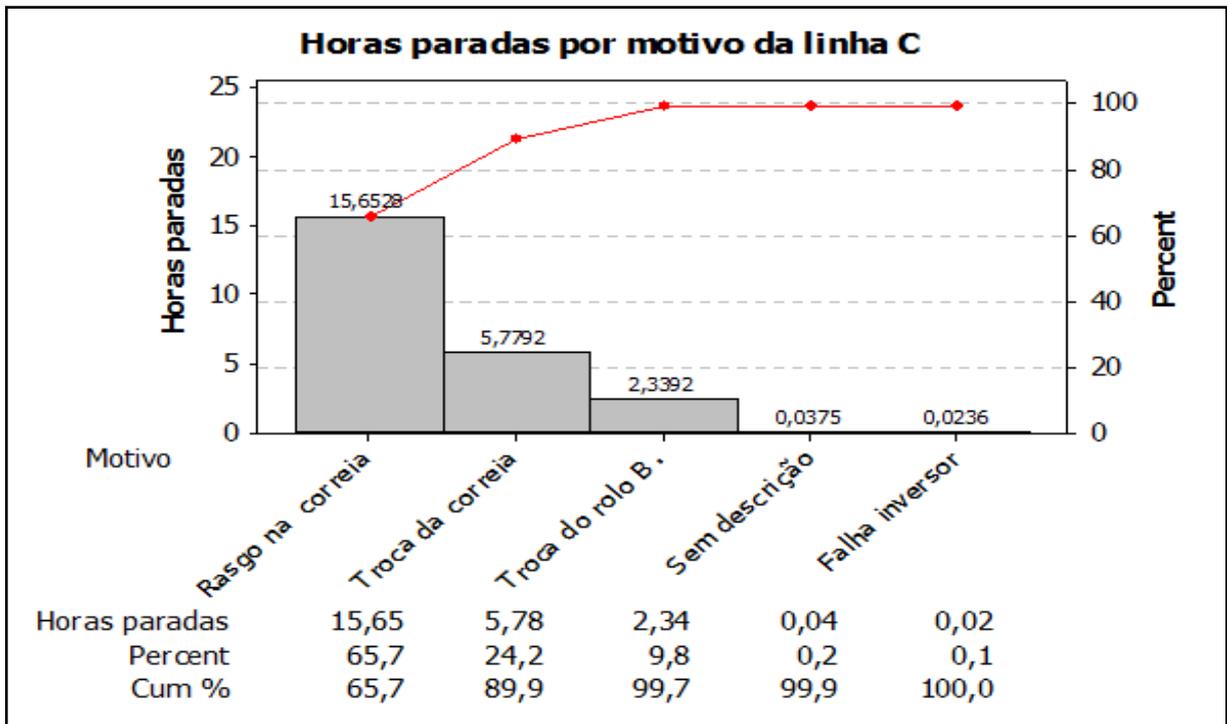


Gráfico 06: Horas paradas por motivo da linha C - 2018  
 Fonte: Dados pesquisados pelo autor (2019)

O Gráfico 06, demonstra que o rasgo na correia foi o principal fator que desencadeou a parada da linha C, correspondendo ao período de 15:6528hs.

As atividades realizadas no mês de outubro na linha C foram identificadas na Tabela 03.

Tabela 03: Descrição das atividades realizadas na Linha C

DESCRIÇÃO	TOTAL
Sem descrição	01
Falha inversor	01
Rasgo na correia	01
Troca da correia	01
Troca do rolo B	01
Total Geral	05

Fonte: Dados pesquisados pelo autor (2019)

Verificou-se que, as atividades que justificaram as elevadas horas da linha C, para a manutenção resultando na paralização das atividades apresentam-se em relação ao desgaste do equipamento, ou seja, problemas na correia que precisaram ser resolvidos demonstrando que, a linha C, foi no mês de outubro a linha mais paralisada.

A linha D também foi analisada evidenciando as horas paradas por linha de tambor, sendo realizado o mesmo teste que foi utilizado para as linhas G e C deste estudo.

O Gráfico 07, apresenta o detalhamento das atividades realizadas na linha D, que no período de janeiro de 2018, apresentou o maior quantitativo de horas paradas no setor de pelotamento.

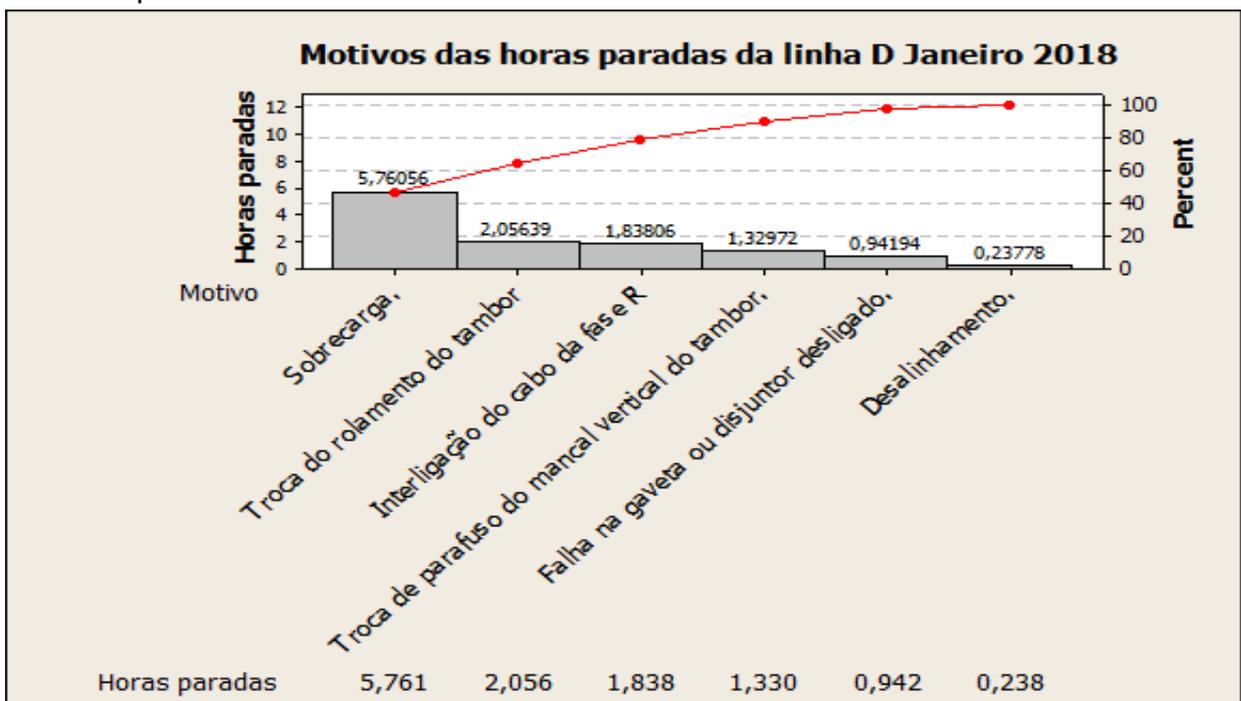


Gráfico 07: Horas paradas por linha de tambor - da linha D - Janeiro de 2018  
Fonte: Dados pesquisados pelo autor (2019)

Através dos dados coletados foi possível perceber no Gráfico 07, que a sobrecarga foi o principal fator responsável pelo quantitativo de horas paradas alcançando a marca de 5:76056.

A Tabela 04 apresenta a descrição das atividades realizadas no período de janeiro de 2018, na linha D do setor de pelotamento.

Tabela 04: Descrição das atividades realizadas na Linha D

DESCRIÇÃO	TOTAL
Desalinhamento.	01
Falha na gaveta ou disjuntor desligado.	01
Interligação do cabo da fase R	01
Troca de parafuso do mancal vertical do tambor.	01
Troca do rolamento do tambor	01
Sobrecarga.	02
Total Geral	07

Fonte: Dados pesquisados pelo autor (2019)

O Gráfico 08, apresenta o detalhamento das atividades desenvolvidas no período de 2018, no mês de outubro que justificaram as horas de parada do equipamento, ocasionando perdas financeiras e de produção para a empresa no setor de pelotamento.

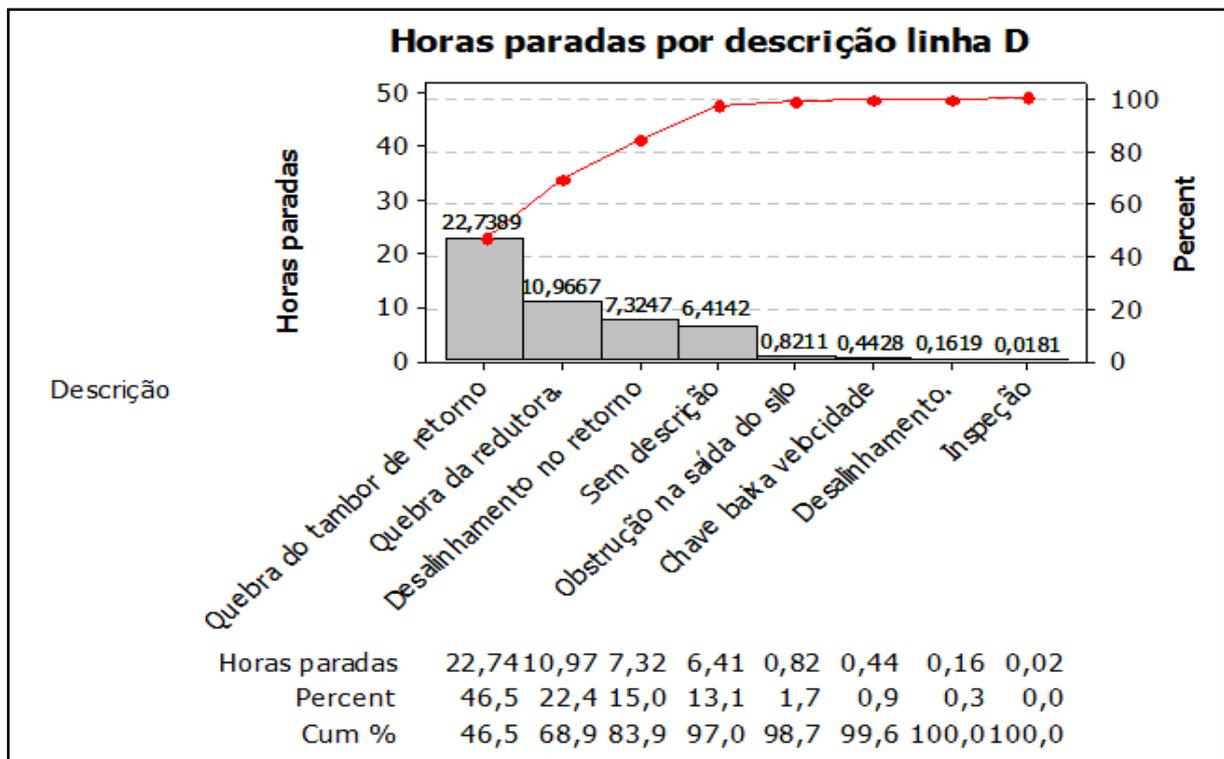


Gráfico 08: Horas paradas por motivo da linha D - 2018

Fonte: Dados pesquisados pelo autor (2019)

O Gráfico 08, apresenta as horas paradas por descrição da linha D, demonstrando que, a quebra do tambor de retorno foi responsável pelo maior período de parada, correspondendo a 22:7389hs.

As atividades realizadas no mês de outubro na linha D foram identificadas na Tabela 05.

Tabela 05: Descrição das atividades realizadas na Linha D - 2018

DESCRIÇÃO	TOTAL
Desalinhamento no retorno	16
Chave baixa velocidade	05
Desalinhamento	02
Quebra da redutora	02
Sobrecarga por material	02
Sem descrição	01
Obstrução na saída do silo	01
Inspeção	01
Quebra do tambor de retorno	01
Troca do rolo B	01
Total Geral	32

Fonte: Dados pesquisados pelo autor (2019)

O Gráfico 09, apresenta o monitoramento realizado, demonstrando que, no mesmo de outubro, a linha D apresentou a maior quantidade de horas paradas.

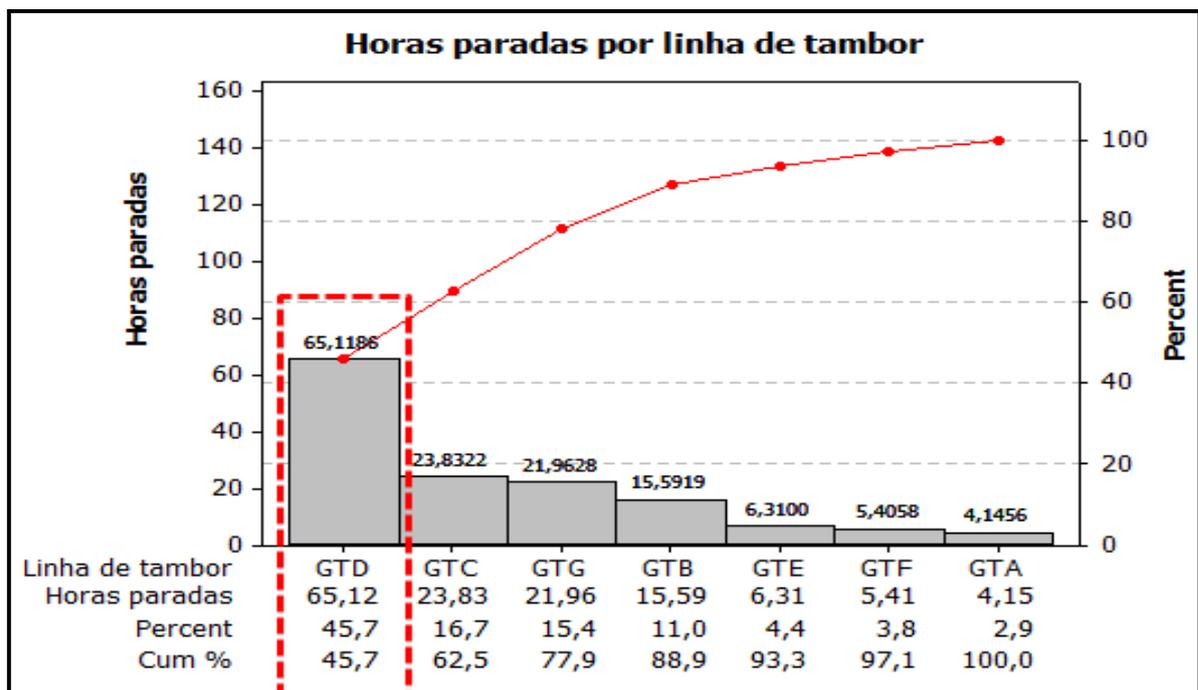


Gráfico 09: Horas paradas por linha de tambor - da linha D – Outubro de 2018  
 Fonte: Dados pesquisados pelo autor (2019)

Os dados coletados demonstraram que, a linha D ficou 65:1186 horas paradas identificando ter sido a linha que menos produziu no setor de pelotamento no mês de outubro de 2018.

No mês de dezembro de 2018, foram realizados os testes finais para o estudo proposto, sendo verificado que a linha D, novamente apresentou o maior quantitativo de horas paradas para a manutenção no setor de pelotamento que é demonstrado no Gráfico 10.

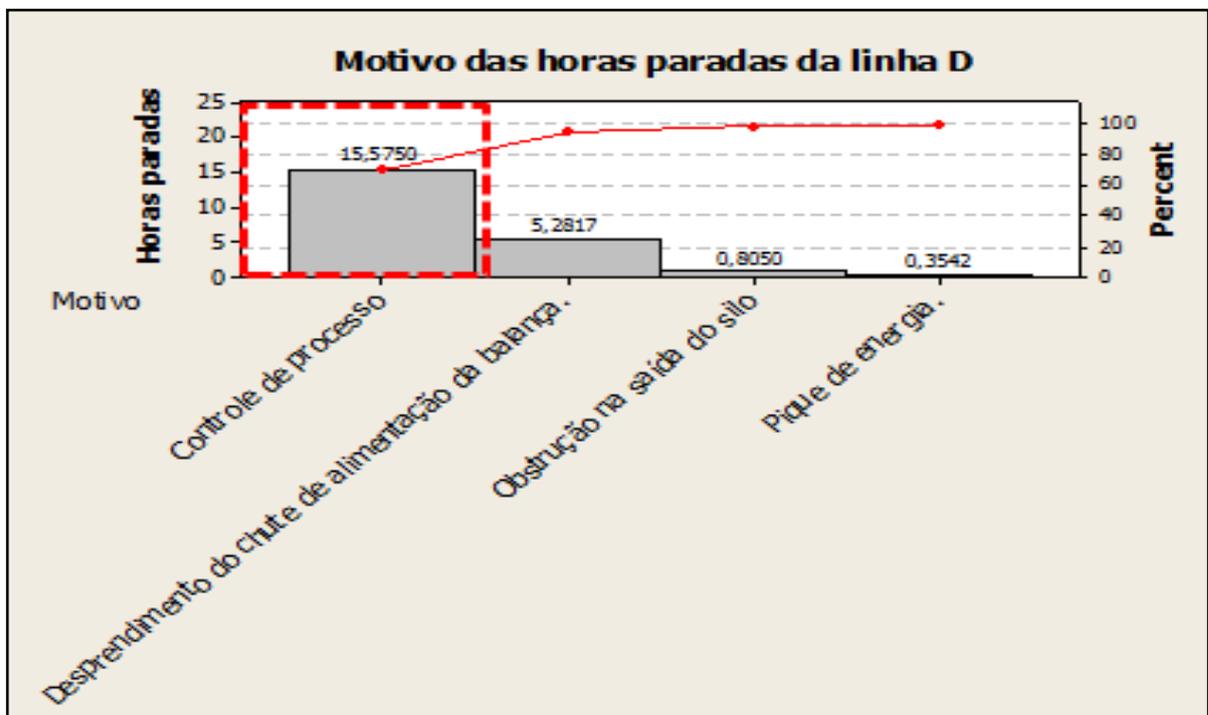


Gráfico 10: Horas paradas por motivo da linha D – Dezembro de 2018.  
 Fonte: Dados pesquisados pelo autor (2019)

Através dos dados coletados foi possível verificar que, o controle de processo foi o principal motivo das horas e do número de paradas da linha D, durante o mês de dezembro de 2018, alcançando o quantitativo de 15:5750hs.

Este dado se destacou em razão da diferença expressiva frente aos outros motivos apresentados que juntos contribuíram para que a linha D fosse identificada como o setor que ficou o maior tempo sem produtividade.

Estas constatações configuram-se como preocupações para as empresas em razão da perda de produtividade e gastos com reparos frente a quebra dos equipamentos e horas gastas para a sua manutenção.

As atividades realizadas no mês de dezembro de 2018 na linha D foram identificadas na Tabela 06.

Tabela 06: Descrição das atividades realizadas na Linha D - 2018

DESCRIÇÃO	TOTAL
Controle de processo	03
Desprendimento de chute de alimentação da balança	01
Obstrução na saída do silo	01
Pique de energia	01
Total Geral	06

Fonte: Dados pesquisados pelo autor (2019)

#### **4.2 Estratégias de melhoria das linhas no setor de pelotamento para a redução das paradas para a manutenção**

Após a coleta de dados realizados foi necessária a construção de estratégias que reduzissem as paradas dos equipamentos no setor de pelotamento, sendo identificado que as horas de parada acarretam perdas significativas de produção e lucratividade para a empresa, em todas as linhas de produção do setor, sendo em maior destaque na linha D, como demonstrado por meio dos gráficos e tabelas apresentadas.

Com os resultados apresentados, as estratégias propostas para a redução das paradas no setor de pelotamento foram definidas tendo como foco a otimização do setor, com menor número de paradas e ampliação da vida útil dos equipamentos utilizados.

Por isso, a primeira estratégia proposta tratou-se da substituição do sistema de esticamento, aumento o curso do esticador de correntes de forma a não ser necessário realizar paradas temporariamente.

Foi proposto ainda, o monitoramento da vida de 12 correntes, correspondentes as 06 linhas analisadas levando a conclusão de que cada corrente teria a necessidade de retirar 15 elos durante sua vida útil. Esta constatação foi evidenciada em relação ao comprimento do elo da corrente que passaria para corresponder a 50mm; e, o comprimento total de deformação que passaria a corresponder a 750mm.

A Figura 20, apresenta as correntes utilizadas no setor de pelotamento da empresa mineradora evidenciando o processo desenvolvido para o procedimento de peneiramento.

Figura 20: Correntes utilizados no acionamento



Fonte: Registro realizado pelo autor (2019)

Outra ação realizada para a redução das paradas das linhas analisadas, foi o trabalho desenvolvido com um Fator de Serviço  $F_s=1m25$  e dimensionou-se o novo curso do pistão.

A Figura 21, apresenta o sistema de esticamento de correntes, o atuador está desatuado, sendo percebido que a corrente apresenta folga que compromete o

trabalho desenvolvido, sendo um dos fatores que acarreta o problema apresentado para este estudo.

Figura 21: Sistema de esticamento de correntes com a folga da corrente



Fonte: Registro realizado pelo autor (2019)

A Figura 22, apresenta a modificação realizada sobre o fato do aumento do curso como era de 100mm para o curso de 500mm.

Figura 22: Mudança do curso de 100mm para o curso de 500mm



Fonte: Registro realizado pelo autor (2019)

Outra estratégia apresentada referiu-se a modificação do acionamento das coroas de forma que o mesmo seja independente, uma vez que o desgaste das correntes

não se apresenta uniforme. Dessa maneira, constatou-se que as paradas seriam menores em razão de não ser necessário à troca das coroas em conjunto, o que possibilita a agilidade da manutenção a ser realizada.

A Figura 23, apresenta o esticamento das coroas em eixos independentes.

Figura 23: Esticamento das coroas em eixos independentes



Fonte: Registro realizado pelo autor (2019)

A Figura 24, exemplifica a coroa utilizada no esticamento com os eixos independentes.

Figura 24: Coroa no esticamento com os eixos independentes



Fonte: Registro realizado pelo autor (2019)

As estratégias implementadas para a redução das paradas apresentaram vantagens que foram ressaltadas durante a análise das ações realizadas, sendo apresentado em relação à facilidade de implementação da alteração no esticamento da corrente, o que permitirá a não paralização do equipamento para cortar a corrente; redução dos riscos de acidentes, o que se encontra relacionado a relação ganho do homem e hora de manutenção; eliminação das perdas de produção devido a instabilidade do processo.

Portanto, por meio dos testes aplicados e análise detalhada dos dados que resultaram na construção das estratégias implementadas, concluiu-se que, tais ações contribuíram significativamente para a empresa devido a eficiência demonstrada, uma vez que o novo esticador de correntes foi implantado nas outras 06 linhas, propiciando maior produtividade, rentabilidade e segurança para os profissionais que trabalham no setor de pelotamento da empresa mineradora em estudo.

## 5 CONCLUSÃO

Após o estudo realizado sobre os atuadores pneumáticos funcionamento como esticadores de correntes de acionamento concluiu-se que, os atuadores pneumáticos ao ser modificado a sua extensão contribui para a redução das paradas no setor de pelotamento, que promove a redução da lucratividade e produção da empresa, além de acarretar perda em questão de horas trabalhadas pelas várias paradas que eram necessárias para que os equipamentos do setor possam funcionar.

O processo de beneficiamento de minério trata-se de um fator crucial para o desenvolvimento das atividades desenvolvidas pelas empresas mineradoras. Todas as atividades realizadas remetem ao alcance do produto final que tende a ser comercializado tanto no mercado nacional, quanto internacional. O processo de pelotização consiste na recuperação dos minérios finos que são partículas minúsculas do minério de ferro.

Os esticadores de corrente são definidos como sendo peças fundamentais para que as correntes de acionamento se mantenham esticadas de forma a desempenhar com maior eficiência a sua finalidade.

Sobre o sistema pneumático, faz-se relevante comentar que se trata de um mecanismo de grande importância para as indústrias em razão de suas características e possibilidades de melhoria na automação das organizações.

Os atuadores pneumáticos são conhecidos como cilindros ou pistões pneumáticos, que realizam a transformação da energia do ar comprimido em trabalho mecânico através de movimentos lineares ou giratórios.

Em relação à pesquisa realizada no setor de pelotamento concluiu-se que, as estratégias implementadas para a redução das paradas apresentaram vantagens

que foram ressaltadas durante a análise das ações realizadas, sendo apresentado em relação à facilidade de implementação da alteração no esticamento da corrente, o que permitirá a não paralização do equipamento para cortar a corrente; redução dos riscos de acidentes, o que se encontra relacionado a relação ganho do homem e hora de manutenção; eliminação das perdas de produção devido a instabilidade do processo.

Portanto, por meio dos testes aplicados e análise detalhada dos dados que resultaram na construção das estratégias implementadas, concluiu-se que, tais ações contribuíram significativamente para a empresa devido a eficiência demonstrada, uma vez que o novo esticador de correntes foi implantado nas outras 06 linhas, propiciando maior produtividade, rentabilidade e segurança para os profissionais que trabalham no setor de pelotamento da empresa mineradora em estudo.

## REFERÊNCIAS

BOCCATO, V.R. C. Metodologia da pesquisa bibliográfica na área odontológica e o artigo científico como forma de comunicação. **Revista odontol. Cidade de São Paulo, São Paulo, v.18, n.3, 2006.**

BORCHERT, F. **Projeto conceitual de um sistema para estufagem de contêiner.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ. Panambi, SC, 2013.

CAMARGO, G. O. **Comandos Hidráulicos e Pneumáticos.** Florianópolis: Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial - SENAI, SC, 2010. Disponível em: <https://docplayer.com.br/17824459-Hidraulica-e-tecnicas-de-comando.html> Acesso em 10 de maio de 2019.

DALL'AMICO, R. **Fundamentos da Pneumática III.** Artigo Original, 2017. Disponível em: <http://www.marioloureiro.net/tecnica/pneumatica/fundamentos3.pdf> Acesso em 15 de abril de 2019.

DIAS, Í. M. GUIMARÃES, F. G. SOUZA, M. J.F. **Sistema de controle granulométrico de pelotas de minério de ferro:** um estudo de caso. Artigo Original, Instituto tecnológico Vale. Universidade Federal de Ouro Preto, MG, 2017. Disponível em: <https://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/10726> Acesso em: 10 de março de 2019.

DIAS, J.C. **Avaliação do fechamento e mina a partir dos processos minerários da superintendência do DNPM de Minas Gerais.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP. Ouro Preto, MG, 2013.

DUTRA, R. **Beneficiamento de minerais industriais.** Artigo de Revisão, 2008. Disponível em: [https://mafiadoc.com/beneficiamento-de-minerais-industriais-utfpr\\_5a0b8f061723dd009f77a3e4.html](https://mafiadoc.com/beneficiamento-de-minerais-industriais-utfpr_5a0b8f061723dd009f77a3e4.html) Acesso em 15 de março de 2019.

FERRANTE, F. **Estudo de viabilidade para a recuperação de minério de ferro em rejeitos contidos em barragens.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP, MG, 2014.

FERREIRA, G.G. GOMES, L.P.R. FARIA, L.R. AGOSTINI, R.D. SANTOS, M.A. **Relatório de tratamento de minérios.** Universidade Federal de Minas Gerais. Departamento de Engenharia de Minas, Belo Horizonte – Minas Gerais, 2009.

FERREIRA, D.H.O. **Principais etapas do tratamento de minérios itabiríticos do Quadrilátero Ferrífero.** Monografia. Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Belo Horizonte, MG, 2011. Disponível em: <http://www.ceermin.demin.ufmg.br/monografias/38.PDF> Acesso em 15 de março de 2019.

FREITAS, H.M.LESCA,H. **Competitividade empresarial na era da informação.** Revista de Administração. São Paulo, vol. 27. 2017.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 3ed. São Paulo: Atlas, 2010.

LAKATOS, E.M.; MARCONI, M.A. **Fundamentos de metodologia científica**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2010.

LUZ, A. B.; LINS, F. A. F. **Introdução ao tratamento de minérios**. Artigo Original. CETEM – Centro de Tecnologia Mineral. Rio de Janeiro, RJ, 2010.

MARINS, A. **Circuitos Pneumáticos e Comandos Eletropneumáticos**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – IFMG/SP, 2009. Disponível em: <https://www.ebah.com.br/content/ABAAAhOTsAL/apostila-pneumatica> Acesso em 15 de abril de 2019.

MELO, T.F. S. **Diagnóstico ambiental em área de exploração mineral: o porto de areia estrela, em Ponta Grossa – PR**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa, 2010. Disponível em: <http://tede2.uepg.br/jspui/bitstream/prefix/546/1/ThiagoFelipe.pdf> Acesso em 02 de março de 2019.

MESQUITA, C. C.B. **Gestão ambiental: oportunidade de melhorias em pedreiras de granulito da região metropolitana de Salvador**. Tese de Mestrado. Universidade Federal da Bahia, BA, 2010.

MOURÃO, J.M. **Aspectos conceituais relativos à pelotização de minérios de ferro**. Revista Conceitual Consultoria minero-siderúrgica. Vitória, ES, 2017.

NAKAZATO, A. Z. **Desenvolvimento de máquina universal de ensaios mecânicos portátil de baixo custo para fins didáticos utilizando o conceito *open-source***. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista. Guaratinguetá, SP, 2019. Disponível em: [https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/181723/nakazato\\_az\\_me\\_guara.pdf?sequence=5](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/181723/nakazato_az_me_guara.pdf?sequence=5) Acesso em 20 de abril de 2019.

PAVANI, S.A. **Comandos pneumáticos e hidráulicos**. 3. ed. – Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria: Colégio Técnico Industrial de Santa Maria, 2010.

PILLETTI, N. **História Crítica Contemporânea**. São Paulo: Atlas, 2007.

ROCHA, B.V. **Atuadores pneumáticos: atuadores lineares e rotativos**. Artigo Original, 2016. Disponíveis em: <https://docplayer.com.br/47266372-Aula-04-atuadores-pneumaticos-atuadores-lineares-e-rotativos.html> Acesso em 12 de abril de 2019.

RODRIGUES, W. C. **Metodologia Científica**. FAETEC/IST. Paracambi, 2007.

SANTANA, D.C.; CHARBEL, P.A. **Tratamento De Minérios II – Parte I – Britagem**. Notas de aula do Curso Técnico de Mineração. 2009. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAABrGoAB/britagem> Acesso em 05 de abril de 2019.

SOARES, D.G. **Transformação de um sistema mecânico em pneumático.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade de Rio Verde. Rio Verde. GO, 2015. Disponível em:  
<http://www.unirv.edu.br/conteudos/fckfiles/files/TRANSFORMA%C3%87AO%20DE%20UM%20SISTEMA%20MECANICO%20EM%20PNEUMATICO.pdf> Acesso em 10 de maio de 2019.

TRIVIÑOS, A.N.S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação.** São Paulo: Atlas, 1987.