

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DE MINAS GERAIS – CAMPUS OURO BRANCO
BACHARELADO EM ENGENHARIA

Aloísio Armando Vieira

**VIABILIZAÇÃO DA ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE CONTINGÊNCIA PARA
A TROCA DE CORREIA EM UM TRANSPORTADOR DE MINÉRIO DE FERRO A
LONGA DISTÂNCIA**

Ouro Branco – MG

2024

ALOÍSIO ARMANDO VIEIRA

**VIABILIZAÇÃO DA ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE CONTINGÊNCIA PARA
A TROCA DE CORREIA EM UM TRANSPORTADOR DE MINÉRIO DE FERRO A
LONGA DISTÂNCIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia Metalúrgica do Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Ouro Branco para obtenção do grau de bacharel em Engenharia Metalúrgica.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Roberto Ferreira

Ouro Branco – MG

2024

V658v Vieira, Aloísio Armando.

Viabilização da elaboração de um plano de contingência para a troca de correia em um transportador de minério de ferro a longa distância / Aloísio Armando Vieira. – 2024.

56f.: il.col.

Orientador: Carlos Roberto Ferreira.

Trabalho de Conclusão de Curso (bacharelado) – Instituto Federal de Minas Gerais. *Campus* Ouro Branco, 2024.

1. Transportador de correia. 2. Correia. 3. Falhas. 4. Manutenção. 5. Plano de contingência. I. Vieira, Aloísio Armando. II. Ferreira, Carlos Roberto. III. Instituto Federal de Minas Gerais. *Campus* Ouro Branco. IV. Título.

CDU: 621.74.



INSTITUTO FEDERAL DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA METALÚRGICA
CURSO DE ENGENHARIA METALÚRGICA

DOCUMENTO ÚNICO DE DEFESA DE TCC (ANEXO IV)

ATA DA DEFESA DE TCC

No dia 24/08/2024, às 08:00 horas, o aluno Aloísio Armando Vieira do curso de Bach. Eng. Metalúrgica turma _____ do IFMG – Campus Ouro Branco defendeu o () TCC I (X) TCC II e foi Aprovado (aprovado/reprovado) com a nota 95, que está condicionada ao cumprimento dos procedimentos pós-defesa do TCC. Caso seja aprovado, deverá apresentar o trabalho com as devidas modificações e no formato solicitado em 06/09/2024.

O aluno está ciente de que, caso não cumpra os procedimentos pós-defesa de TCC até a data estipulada, sua nota será considerada **zero** e a sua defesa será **anulada**. Também está ciente de que o trabalho de conclusão de seu curso poderá ser divulgado pela Instituição através dos seus meios de comunicação.

Observações pertinentes da defesa:

DECLARAÇÃO ANTI-PLÁGIO

Eu, _____, estudante do curso _____ do IFMG – Campus Ouro Branco, declaro, para os devidos fins e efeitos, e para fazer prova junto ao IFMG – Campus Ouro Branco, que, **sob as penalidades previstas no art. 299 do Código Penal Brasileiro**, que é de minha criação o trabalho de conclusão de curso que ora apresento.

Art. 299 do Código Penal Brasileiro, que dispõe sobre o crime de Falsidade Ideológica:

"Omitir, em documento público ou particular, declaração que dele devia constar, ou nele inserir ou fazer inserir declaração falsa ou diversa da que devia estar escrita, com o fim de prejudicar direito, criar obrigação ou alterar verdade sobre fato juridicamente relevante: Pena — reclusão, de 1 (um) a 5 (cinco) anos, e multa, se o documento é público, e reclusão de 1 (um) a 3 (três) anos, e multa, se o documento é particular.

Parágrafo único. Se o agente é funcionário público, e comete o crime prevalecendo-se do cargo, ou se a falsificação ou alteração é de assentamento de registro civil, aumenta-se a pena de sexta parte." Este crime engloba plágio e compra fraudulenta de documentos científicos.

Por ser verdade, e por ter ciência do referido artigo, firmo a presente declaração.

Assinatura do aluno: Aloísio Armando Vieira

NOME COMPLETO E ASSINATURA DOS COMPONENTES DA BANCA E DO ORIENTADO

Orientador(a): Nome: Carlos Roberto Ferreira Assinatura: [Assinatura]
Membro 2: Nome: Leticia Mariadeneles Cheloni Assinatura: [Assinatura]
Membro 3: Nome: Vanessa Graciana Fiala Lima Assinatura: [Assinatura]
Membro 4: Nome: _____ Assinatura: _____
Membro 5: Nome: _____ Assinatura: _____
Aluno: Nome: Aloísio Armando Vieira Assinatura: [Assinatura]

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Diagrama típico de tratamento de minério.....	12
Figura 02 – Correia Transportadora.....	15
Figura 03 – Visão geral de uma correia transportadora plana.....	17
Figura 04 – Visão geral de uma correia transportadora abaulada.....	17
Figura 05 – Diferentes angulações da correia de seção abaulada.....	18
Figura 06 – Correias transportadoras Flexsteel.....	20
Figura 07 – Correia de lonas.....	20
Figura 08 – Correia <i>Flexsteel</i>	20
Figura 09 – Esquema de um transportador de correia.....	21
Figura 10 – Correia transportadora de alta temperatura.....	24
Figura 11 – Roletes de correias transportadoras.....	24
Figura 12 – Componentes de um rolo típico.....	25
Figura 13 – Tambor típico e seus componentes.....	28
Figura 14 – Posição de diferentes tambores.....	28
Figura 15 – Acionamento.....	29
Figura 16 – Motor elétrico e motor redutor elétrico.....	30
Figura 17 – Acoplamento hidrodinâmico ligado ao motor.....	30
Figura 18 – Chute.....	31
Figura 19 – Esticadores em uma correia transportadora.....	31
Figura 20 – Correia desalinhada.....	32
Figura 21 – Rolo com revestimento quebrado.....	33
Figura 22 – Montagem de uma emenda Flesxsteel.....	39
Figura 23 – Mapa da correia transportadora 31 – TC – 202 (TCLD).....	40
Figura 24 – Falhas detectadas na correia TCLD.....	43
Figura 25 – Medições realizadas para checagem estrutural.....	44
Figura 26 – Gráfico do processo de investigação.....	46
Figura 27 – Fluxo de comunicação.....	49
Figura 28 – Falha na correia do transportador.....	50

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – Relação de Resistência e Tipo de Cobertura.....	23
QUADRO 2 – Modos de falhas de correias transportadoras.....	34

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	07
1.1 Problema de Pesquisa.....	08
2 OBJETIVOS.....	09
2.1 Objetivo Geral.....	09
2.2 Objetivos Específicos.....	09
3 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA.....	10
4 REVISÃO DA LITERATURA.....	11
4.1 Beneficiamento de minério.....	11
4.2 Correias Transportadoras.....	13
4.2.1 <i>Classificação das correias transportadoras.....</i>	<i>16</i>
4.2.2 Componentes das correias transportadoras.....	20
4.2.2.1 Correias.....	21
4.2.2.2 Borrachas.....	23
4.2.2.3 Roletes.....	24
4.2.2.4 Rolo.....	25
4.2.2.5 Tambor.....	27
4.2.2.6 Acionamento.....	29
4.2.2.7 Motor.....	29
4.2.2.8 Acoplamentos.....	30
4.2.2.9 Chute.....	30
4.2.2.10 Esticadores.....	31
4.2.2.11 Virador de correia.....	32
4.3 Principais falhas encontradas nas correias transportadoras.....	32
4.4 Métodos corretivos das falhas das correias transportadoras.....	35
5 MATERIAIS E MÉTODOS.....	38
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	40
6.1 Invetigação do desalinhamento da TCLD.....	40
6.2 Análise do mapa da correia transportador.....	40
6.3 Implantação de ações estratégicas para a execução do plano de contingência.....	47
6.4 A troca do equipamento.....	49
7 CONCLUSÃO.....	52
8 REFERÊNCIAS.....	53

RESUMO

O estudo refere-se à elaboração de um plano de contingência para a troca de correia em um transportador de minério de ferro a longa distância, que tem por objetivo geral analisar a viabilidade de um plano de contingência para o transportador para a redução das falhas constatadas após a troca parcial de correias. Os objetivos específicos visam apresentar a relevância do transportador de correia para o fluxo de produção; analisar a relevância da manutenção para a redução das paradas de equipamentos e monitoramento de falhas nos maquinários; propor um plano de contingência para o transportador como meio de sanar as falhas detectadas no equipamento após a substituição parcial da correia. A metodologia do estudo caracteriza-se pela pesquisa bibliográfica, exploratória e qualitativa com estudo de caso. Os resultados destacam-se em razão da criação de um plano de contingência para o transportador com a finalidade de redução das falhas detectadas no equipamento após a substituição parcial da correia, e a ampliação dos conhecimentos referente ao plano de correção de falhas. Dessa maneira, após toda a investigação realizada, bem com o conserto frente aos trechos danificados necessários para a melhoria do fluxo de produção da empresa mineradora, foi possível constatar que as oportunidades apresentadas viabilizam o plano de contingência, uma vez que, ocorre a investigação detalhada de todas as possibilidades de melhorias que contribuam para com os objetivos da empresa. Portanto, a elaboração do plano de contingência precisa ser compreendido como sendo a oportunidade e o processo de otimização frente as operações de manutenção realizadas pelas empresas, possibilitando além da detecção da falha, as oportunidades de reestruturação das atividades realizadas, garantindo melhor segurança, agilidade e confiabilidade em todo o processo de manutenção.

Palavras-chaves: Transportador de Correia. Correia. Falhas. Manutenção. Plano de Contingência.

1 INTRODUÇÃO

As empresas mineradoras são importantes organizações que constituem o setor industrial de extração de minérios, sendo um dos setores responsáveis pelo aquecimento da economia brasileira e empregabilidade em decorrência de seu fluxo de produção o qual abrange desde a extração da matéria prima, ao processo de beneficiamento e comercialização dos produtos (DALPIAN, 2018).

O processo produtivo das mineradoras constitui-se em diferentes etapas, as quais utilizam equipamentos fundamentais para que todas as atividades sejam desenvolvidas de forma a promover o alcance dos objetivos e metas das organizações em relação à produtividade, lucratividade e crescimento de mercado (LUZ; LINS, 2018). As empresas que atuam no setor de mineração no Brasil são constituídas de organizações de grande porte, e que possuem inúmeros profissionais que atuam nos mais diferentes setores e unidades destas empresas (GONÇALVES, 2019).

As empresas mineradoras vêm se destacando frente ao mercado por sua contribuição da economia. No Brasil, elas são responsáveis por uma parcela significativa do aquecimento da economia, por meio de seus empreendimentos que ultrapassam as fronteiras do país, estabelecendo negócios com países de outros continentes (SANTOS JÚNIOR, 2017).

Os investimentos do setor mineração vêm sendo destaque, promovendo a compreensão de que esse setor através de suas atividades deve acompanhar além da questão de produtividade, o aspecto da adoção de tecnologias para que as organizações possam ampliar cada vez mais as suas atividades (MOREIRA, 2022).

De acordo com o Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM (2020), as empresas mineradoras apresentaram um crescimento significativo de acordo com o Relatório anual de Lavra, demonstrando que o mercado da mineração vem se expandindo de maneira relevante frente à ampliação de seus empreendimentos.

Salienta-se que a atividade minerária, apesar de apresentar hoje em destaque o uso de tecnologias de ponta que propiciam maior produtividade e segurança, não está livre de falhas que podem comprometer o desempenho dos profissionais, bem como a sua produtividade (MACHADO, 2020). A contribuição do setor de mineração para o aquecimento da economia nacional é significativa. Os recursos financeiros gerados da extração minerária promovem o crescimento das empresas que se encontram distribuídas pelas regiões brasileiras, concentrando a sua maioria, no estado de Minas Gerais (MESQUITA; CARVALHO; OGANDO, 2021).

As atividades desenvolvidas nos canteiros das empresas mineradoras são monitoradas por profissionais, mas não garante a segurança totalitária, frente ao fato de que, possíveis falhas podem ocorrer colocando em risco a segurança e a saúde dos profissionais que trabalham nos diferentes setores que constituem o processo de produção do minério comercializado (NUNES, 2011). Por isso, investimentos em pesquisas, aquisição de equipamentos e máquinas é um fator primordial para que as empresas mineradoras otimizem as suas atividades.

O uso de correias transportadoras para o transporte de minério é uma atividade comum, sendo um importante equipamento devido ao montante de matéria-prima que é destinado ao processo de beneficiamento do minério. De acordo com Rahmanpour & Osanloo (2016) a utilização do sistema de correias contribui para a redução do custo operacional, se apresentando correlativo com o plano de lavra, o que favorece o aumento da lucratividade das empresas mineradoras, tendo em vista que, além de aumentar a produtividade, este equipamento diminui o uso de caminhões para o transporte do minério de ferro. Dessa forma haverá um menor consumo de diesel e até mesmo uma diminuição nas emissões de GEE (gases do efeito estufa).

1.1 Problema de Pesquisa

As empresas mineradoras utilizam equipamentos que são imprescindíveis para a realização de seus planejamentos. Cada equipamento no processo de beneficiamento precisa estar em pleno funcionamento, para que não ocorram atrasos e paralisações que comprometam o fluxo de produção.

A ocorrência de falhas dos equipamentos acarreta prejuízos de diferentes dimensões, como atraso na produção, comprometimento no cumprimento dos prazos de entrega aos clientes, insatisfação dos clientes, prejuízos em relação aos gastos e custos para o reparo nos equipamentos para que voltem a desempenhar as suas atividades, além dos profissionais que se tornam apreensivos e inseguros frente às falhas dos maquinários que operam.

Quando ocorrem falhas no transporte de correia, a produção é comprometida, uma vez que as correias transportadoras realizam a ligação entre as etapas de produção. Neste sentido, visando o não comprometimento do processo de produção surge a seguinte indagação: Como prevenir as falhas do transportador após a troca parcial da correia?

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar a viabilidade de um plano de contingência para o transportador para a redução das falhas constatadas após a troca parcial de correias.

2.2 Objetivos específicos

- Apresentar as fases do beneficiamento do minério de ferro;
- Apresentar a relevância do transportador de correia para o fluxo de produção.
- Analisar a relevância da manutenção para a redução das paradas de equipamentos e monitoramento de falhas.
- Propor um plano de contingência para o transportador como meio de sanar as falhas detectadas no equipamento após a substituição parcial da correia.

3 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

O presente trabalho se justifica quanto ao desenvolvimento de estudos relacionados à análise da viabilidade de um plano de contingência para o transportador para a redução das falhas constatadas após a troca parcial de correias, evidenciando a melhoria do desempenho do equipamento para melhor estabelecimento do fluxo de produção das empresas mineradoras.

Além disso, por meio do estudo realizado justifica a ampliação do diálogo frente à necessidade do aprofundamento dos conhecimentos referentes ao transportador de correia evidenciando a discussão em relação à busca por soluções que reduzam os riscos de prejuízos para as empresas, desencadeando o entendimento sobre a responsabilidade de o profissional monitorar e verificar o aparecimento de possíveis falhas que possam comprometer o alcance dos objetivos e metas das organizações.

A relevância do tema proposto para a comunidade acadêmica constitui-se na aplicação dos conhecimentos adquiridos durante o curso de graduação, primando pelo aprofundamento dos conhecimentos que são essenciais para o aperfeiçoamento das técnicas já existentes e que se encontram em meio às organizações.

Para a sociedade, a relevância do tema proposto configura-se no entendimento sobre as atividades que são desenvolvidas no ambiente interno de uma empresa mineradora, propiciando a compreensão em relação à responsabilidade das organizações em cumprirem os seus prazos de entrega dos produtos comercializados, possibilitando a sua permanência no mercado competitivo.

4 REVISÃO DA LITERATURA

4.1 Beneficiamento de minério

O processo de beneficiamento do minério é composto por várias etapas com a finalidade realizar a separação seletiva das espécies de minerais presentes em um minério (LUZ e LINS, 2018).

As etapas ou fases referentes ao processo de beneficiamento do minério são apresentadas como sendo de maneira genérica, fatores intrínsecos e extrínsecos ao minério a ser processado. Os fatores intrínsecos ao minério podem ser considerados as características físico-químicas do ROM (*Run of Mine*): a distribuição granulométrica, a granulometria de liberação das partículas minerais, os teores químicos e as associações mineralógicas. Em relação aos fatores extrínsecos, as características físico-químicas são correspondentes à aglomeração (briquetagem, sinterização e pelotização), redução em alto-forno ou processos de redução direta (ANDRADE, 2018, p. 20).

O fluxograma de beneficiamento do minério de ferro variará de acordo com as características físicas, químicas e mineralógicas do minério (REIS, 2015). Para tanto, os minérios ricos em ferro são processados por meio de um circuito de fragmentação, classificação por tamanho e desaguamento (ANDRADE, 2018).

Sobre os produtos do beneficiamento de minério de ferro, salienta-se que, os mesmos são classificados de três maneiras distintas que variam em concordância com a sua granulometria e características que são definidas de acordo com a sua utilização das indústrias. Tal classificação é apresentada pela Usiminas (2017) citada por Andrade (2018) como sendo, o granulado (*Lump ore*), que se trata de um material grosso resultante da cominuição e da classificação do ROM, com granulometria entre 6,35mm e 32mm; o *Sinter Feed*, que é o material que será submetido ao processo de aglomeração para ser utilizado no alto-forno, com tamanho variando entre 0,15mm e 6,35mm; e, o *Pellet Feed*, que é um material também submetido a um processo de aglomeração, pelotização, utilizado no alto forno, com tamanho de partículas finas com granulometria abaixo de 0,15 mm

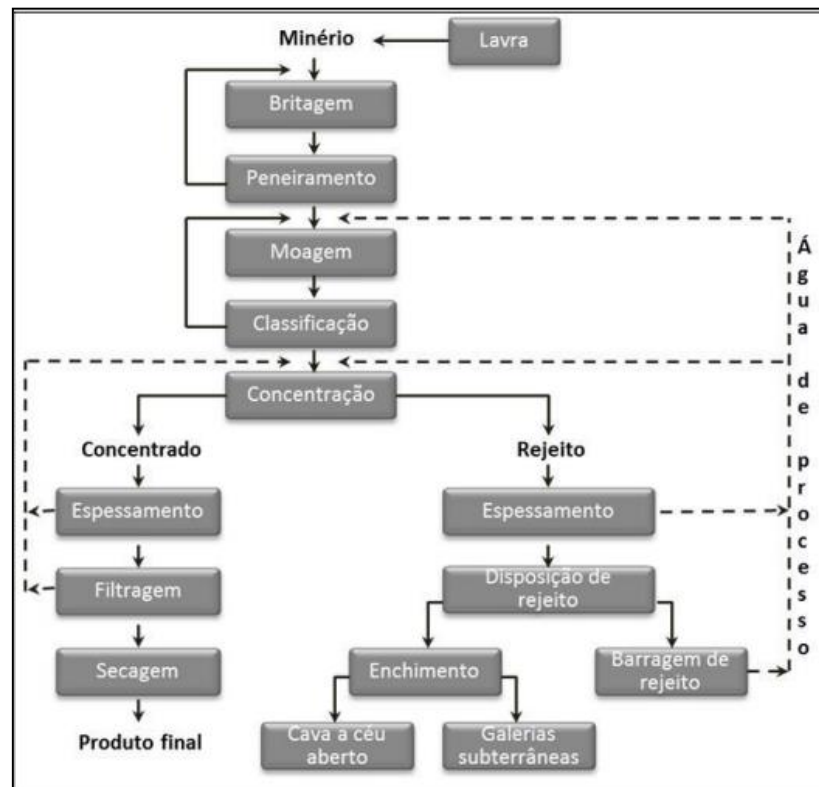
O processo de beneficiamento de minério de forma genérica apresenta as seguintes etapas: fragmentação, classificação, concentração, amostragem, manuseio dos materiais, disposição dos rejeitos e desaguamento (JESUS, 2017). Os minérios que são classificados com baixo teor de ferro precisam do processo de moagem mais fina, para que ocorra a sua concentração que gera produtos com a granulometria de *sinter feed* e *pellet feed*, de acordo com as características apresentadas por cada minério (REIS, 2022).

No processo de cominuição, os equipamentos utilizados são britadores e moinhos conjugados com equipamentos que realizam a classificação, em que são utilizadas peneiras, além dos classificadores mecânicos e os hidrociclones. Durante a concentração, a atividade realizada constitui na separação do material útil do material de ganga, nesta etapa do processo de beneficiamento, são exigidos tamanhos de partículas distintas para o aprimoramento do processo de concentração (LUZ e LINS, 2018). Os principais processos de concentração são: concentração gravítica, separação magnética, flotação, seleção mecanizada, através de dispositivos automáticos de detecção, identificação e separação (REIS, 2022).

Os processos de concentração são realizados a úmido, introduzindo etapas de desaguamento com a finalidade de separação do sólido do líquido do beneficiamento, realizado por meio da sedimentação, filtragem, centrifugação e secagem (LUZ; LINS, 2018).

A Figura 1 apresenta um fluxograma com as principais operações unitárias do tratamento de minério.

Figura 1 - Diagrama típico de tratamento de minério



Fonte: LUZ; LINS (2018).

O minério bruto denominado de ROM (*run-of-mine*) procede da frente de lavra de uma mina, sendo submetido este minério às seguintes operações: britagem e moagem;

peneiramento (separação por tamanhos) e classificação (hidrociclone, classificador espiral); concentração gravítica, magnética, eletrostática, flotação, floculação seletiva, etc.; desaguamento do concentrado (decantação, espessamento e filtragem); desaguamento do rejeito (espessamento). Todo material é seguido de recuperação de água para o processo; secagem do concentrado em secador rotativo, *spray dryer*, secador de leito fluidizado; e, disposição de rejeito em cavas de mina a céu aberto, galeria subterrânea, barragem de rejeito (LUZ; LINS, 2018).

Com a descrição do processo de beneficiamento de minério destaca-se que cada fase é responsável por uma etapa da transformação da matéria-prima em produto comercializável. Porém, além de toda a tecnologia que é empregada, salienta-se que, o transporte dos produtos precisa ser realizado de uma fase para outra, em que se destacam os caminhões fora de estrada e outros maquinários, mas também as correias transportadoras, que desempenham a função de transportar o minério para a continuidade do processo de produção.

A importância das correias transportadoras permite o entendimento de que, a sua utilização é indispensável, por promover maior agilidade e o transporte em maior quantidade dos minérios, o que favorece a continuidade do processo de produção, além de garantir o atendimento da demanda dos clientes, principalmente no que tange ao tempo de escoamento da matéria-prima no processo de beneficiamento. Para melhor compreensão em relação às correias transportadoras, faz-se relevante explanar sobre este equipamento que se encontra presente nas empresas mineradoras.

4.2 Correias Transportadoras

A NBR6177:2016 apresenta a definição do termo correia transportadora como sendo, “correia contínua (ou sem-fim) destinada a formar a superfície de sustentação sobre a qual será assentado o material a ser transportado; o movimento da correia produz o transporte propriamente dito”. Sendo assim, a definição de transportador de correia ou abreviadamente “TC”, como sendo:

Arranjo de componentes mecânicos, elétricos e estruturas metálicas, consistindo em um dispositivo horizontal ou inclinado (ascendente ou descendente) ou em curvas (côncavas ou convexas) ou, ainda, uma combinação de quaisquer destes perfis, destinado à movimentação ou transporte de materiais a granel. Através de uma correia contínua com movimento reversível ou não, que se deslocam sobre os tambores, roletes e/ou mesas de

deslizamento, segundo uma trajetória predeterminada pelas condições de projeto, possuindo partes ou regiões características de carregamento e descarga (ABNT/NBR 6177:2016).

De acordo com Ribeiro (2013), as correias transportadoras são consideradas como equipamentos utilizados pelas indústrias de grande porte para a realização de transportes ou movimentação de materiais por uma correia constante, a qual se utiliza tambores e roletes e motores para a sua movimentação. Ainda de acordo com o autor citado, a segurança de operação, a confiança, a versatilidade, a logística e a agilidade de transporte são algumas das vantagens promovidas pelas correias transportadoras, propiciando as empresas, maior desempenho, rapidez e redução dos custos operacionais.

Santos e Malagoni (2014) complementam a explanação sobre as correias transportadoras evidenciando que, no setor metalúrgico, as correias transportadoras são os equipamentos mais utilizados para o transporte em decorrência do elevado volume de materiais que são transportados, durante o processo de beneficiamento do minério. Diante disso, como vantagem para as empresas de mineração constata-se a redução do quantitativo de caminhões e o custo deste transporte, que se apresenta menor em comparação com a manutenção e custos de funcionamento constante dos caminhões.

Para Oliveira (2019), as correias transportadoras se apresentam de diferentes tipos, sendo necessária a avaliação por parte das empresas para a escolha daquela que melhor atenda as suas necessidades. Para tanto, faz-se relevante se atentar para as características dos materiais a serem transportados, condições climáticas, o tipo de atividade, as condições de instalação, as vantagens e desvantagens de sua construção, e, principalmente o alinhamento com outras correias transportadoras, caso a empresa já possua outras em suas dependências.

Neste sentido, faz-se relevante compreender que, as correias transportadoras nas áreas de mineração são responsáveis pelo transporte de materiais que precisam ser beneficiados para o alcance do produto final a ser comercializado. Todo o processo de beneficiamento se apresenta contínuo, e o transporte é um dos pilares para a conclusão satisfatória do processo de produção, uma vez que, são toneladas de minérios diários que são beneficiados para o atendimento do mercado nacional e internacional. A Figura 2 apresenta uma correia transportadora.

Figura 2 – Correia Transportadora



Fonte: VALE (2023)

Sacramento (2010) observa que a correia é o principal componente de um transportador de correia, a qual possui critérios estabelecidos, como sendo: características do material transportado, condições de serviço, tipos de roletes, largura da correia, tensão máxima admissível, tempo de percurso e temperatura do material.

De acordo com o Manual Técnico de Correias Transportadoras (2016, p. 16), “podem ser formadas por lonas têxteis ou cabos de aço e sua correta especificação tem fundamental importância no desempenho da correia”. Ainda de acordo com o Manual Técnico de Correias Transportadoras, a correia é responsável por resistir às tensões geradas pelo transportador; resistir, em conjunto com o revestimento, ao impacto do material sobre a correia; garantir o correto acamamento da correia sobre os roletes.

A estrutura de sustentação das correias transportadoras é composta por materiais metálicos, principalmente o aço, com a função de suportar as cargas de trabalho do equipamento, em que todo o sistema de construção é industrializado. Teixeira (2021) comenta que, a estrutura metálica das correias transportadoras precisa ter enorme resistência, versatilidade, rapidez na obra, sustentabilidade, padronização, custo-benefício, que caracterizam as suas vantagens. Em contrapartida, as desvantagens se apresentam em relação a possível vulnerabilidade contra eventos da natureza, a exigência de mão de obra especializada, possível corrosão devido às intempéries climáticas, maior propagação de chamas durante incêndios.

4.2.1 Classificação das correias transportadoras

As correias transportadoras apresentam uma variedade de composição em razão de sua finalidade de transporte, atendendo a diferentes ramos do setor industrial por permitir maior quantidade de produção, redução dos custos com manutenção, ganho de tempo em transporte (SOUZA, 2020).

As correias transportadoras podem ser classificadas em concordância com NBR6177/1999, como é apresentado por Oliveira (2019) da seguinte forma, salientando que foram descritas somente as correias utilizadas no setor de mineração.

- **Transportador de correia reversível (*reversible belt conveyor*):** Pode descarregar o material em dois sentidos opostos, invertendo-se o sentido de movimento da correia transportadora;
- **Transportador de correia sobre cabos (*rope conveyor*):** Os roletes são apoiados e fixados em cabos de aço dispostos nas laterais do mesmo. Este tipo de transportador geralmente é instalado dentro de minas de extração, onde o nível do solo é irregular e o comprimento do transportador necessita ser alterado frequentemente conforme o desenvolvimento da escavação;
- **Transportador de correia tubular (*pipe conveyor*):** A correia plana é conformada por rolos, na forma tubular, na seção intermediária entre o ponto de carregamento e de descarga, tanto no lado de carga como no lado de retorno;
- **Transportador de correia de alta inclinação (*high angle conveyor*):** Provido de correia especiais ou dispositivos específicos que permitem o transporte de material com um ângulo de inclinação muito superior ao dos transportadores convencionais;
- **Alimentador de correia (*belt feeder*):** Pequeno comprimento, usualmente de velocidade baixa e variável, localizado abaixo de dispositivos de armazenamento tais como silos, moegas etc., com a finalidade de extrair e regular a taxa de alimentação do material.

Mesmo apresentando a classificação detalhada do tipo de correias transportadoras, salienta-se ainda que, há três formas mais comuns de se classificar os transportadores de acordo com a forma que operam, sendo esta classificação referente às correias planas, as correias de seção abaulada e as correias *Flexsteel*.

De acordo com Silva (2020, p. 15), as correias transportadoras planas “são utilizadas no transporte de sacas, caixas e cargas a granel”. Segundo Silva (2020), tais correias são formadas por uma estrutura normalmente treliçada, dois rolos com eixos e mancais, que

servem de apoio para uma correia infinita. Oliveira (2019) ainda corrobora ressaltando que o seu funcionamento se apresenta suave, porém, apresentam a metade de capacidade das correias abauladas, mas apresenta funcionamento satisfatório quando utilizadas em alta velocidade. A Figura 3 mostra uma correia transportadora plana.

Figura 3 – Visão geral de uma correia transportadora plana



Fonte: SILVA (2020)

Sobre as correias de secção abaulada, apresenta-se de maneira mais comum nas empresas de mineração e outras que as utilizam para o transporte de produtos em grande quantidade. As correias se movem por meio de roletes que são colocados em ângulo, o que permite que a correia adquira a forma abaulada. Silva (2020) comenta que este tipo de correia se apresenta o modelo mais econômico para o transporte de material a granel, em razão de sua elevada capacidade de carga, facilidade em carregar e descarregar, além disso, fácil de realização da manutenção, podendo ser transportado qualquer tipo de material. A Figura 4 apresenta uma correia transportadora abaulada.

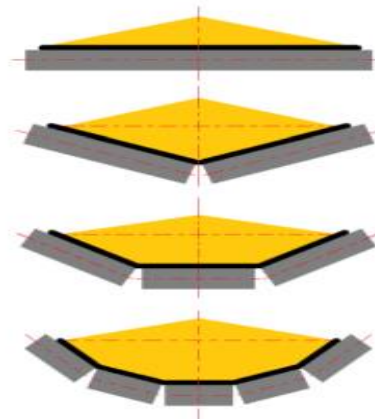
Figura 4 – Visão geral de uma correia transportadora abaulada



Fonte: CSEM (2019)

Oliveira (2019) em seus estudos relata que, a correia se move sobre roletes dispostos em diferentes ângulos que resulta na formação côncava da correia. As vantagens deste tipo de correia se apresentam em relação a sua elevada capacidade de carga, facilidade em carregar e descarregar e sua manutenção. A Figura 5 demonstra os diferentes tipos de angulação que a correia pode operar.

Figura 5 – Diferentes angulações da correia de seção abaulada



Fonte: OLIVEIRA (2019)

Outro tipo de correia transportadora é classificado como correia *Flexsteel*, as quais são projetadas para as aplicações de correias transportadoras para serviços pesados. Em relação à descrição da correia transportadora *Flexsteel*, Vieira (2012) a apresenta como sendo composta por cabos de aço dentro da correia que apresenta um desempenho superior devido à sua rigidez ser mais eficaz, transporta o mesmo material (*Sinter Feed* e Granulado), com a capacidade de operação de transporte de 4.800 toneladas/horas com a velocidade 4,2 m/s. A tecnologia utilizada neste tipo de correia é caracterizada como uma tecnologia de ponta, e com um design superior que proporciona maior desempenho (CONTINENTAL 2023). A faixa de tensão disponível encontra-se, de acordo com o fabricante, até ST4500.

Os benefícios e recursos da correia transportadora *Flexsteel*, são apresentados de acordo com a empresa fabricante *Continental Industry* (2023, p. 01), sendo estas descritas a seguir:

- **Menos pontos de transferência:** as capacidades de alta tensão da *Flexsteel* permitem distâncias extremamente longas, elevações excepcionalmente altas e múltiplas curvas horizontais. Isso permite que o projetista reduza o número de pontos de transferência para minimizar uma grande fonte de problemas de manutenção e tempo de inatividade.

- **Movimentação reduzida do esticador:** o alongamento permanente da *Flexsteel* é em média 0,7% na tensão nominal. Isso permite sistemas de esticamento de custo mais baixo em muitas aplicações e torna a *Flexsteel* a escolha preferida para sistemas de recuperação/empilhadeira curta e correias de longa distância, onde alongamento mínimo é crítico.
- **Características de flexibilidade transversal superior:** como as correias *Flexsteel* não são entrelaçadas na direção transversal, elas proporcionam flexibilidade transversal superior. Mesmo as correias *Flexsteel* de maior resistência em roletes com ângulo acentuado passam perfeitamente, levando a um alinhamento fácil da correia e capacidade de carga total.
- **Alinhamento de correia excepcional:** as correias *Flexsteel* são construídas em uma construção "uniplano", onde os cabos são colocados precisamente no mesmo plano com a tensão cuidadosamente controlada e equalizada sob cura. As correias operam alinhadas porque os cabos são colocados com torção alternada para a esquerda e para a direita. As características de flexibilidade transversal superior ajudam a garantir que a correia esteja em contato constante com os roletes, o que aumenta ainda mais sua capacidade de operar alinhada.
- **Menor custo por tonelada:** menos correias transportadoras e emendas, esticadores mais curtos e estoque reduzido de correias resultam em economias de custo significativas imediatas. Maior vida útil da correia e emenda, excelente alinhamento da correia e tempo de inatividade reduzido proporcionando economias ainda maiores a longo prazo. Correias transportadoras terrestres são normalmente mais eficientes do que caminhões ou ferrovias.

Todos esses aspectos resultam em um menor custo por tonelada de material transportado, o que pode representar uma grande melhoria em seus resultados financeiros. A Figura 6 exemplifica as correias transportadoras *Flexsteel*.

Figura 6 – Correias transportadoras *Flexsteel*



Fonte: CONTINENTAL INDUSTRY (2023)

As correias *Flexsteel* se diferenciam das correias de lonas, demonstrada pela Figura 7, pois são compostas por cabos de aço na carcaça, como pode ser visto na Figura 8 e projetadas para serviços pesados, ou seja, possuem uma maior tensão de ruptura, quando comparadas com as correias comuns, que são compostas por lonas na carcaça.

Figura 7 – Correia de lonas

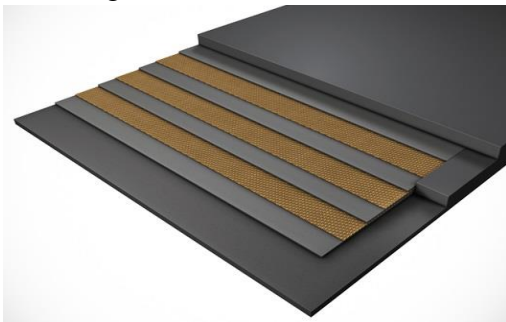


Figura 8 – Correia *Flexsteel*

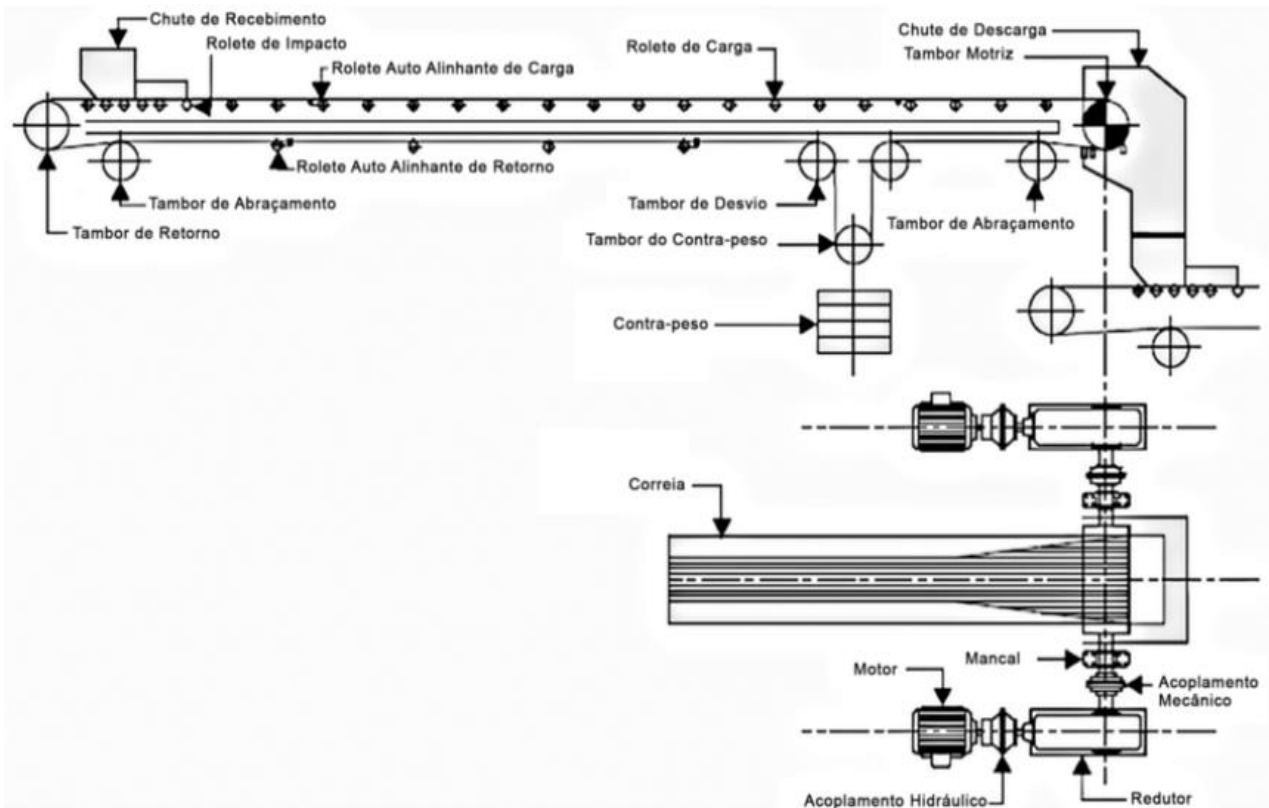


Fonte: CONTINENTAL INDUSTRY (2023)

4.2.2 Componentes das correias transportadoras

Um transportador de correias trata-se de um equipamento de grandes proporções, sendo amplamente utilizado pelas empresas mineradoras, a sua formação se estabelece pelo conjunto de várias partes que trabalham em conjunto, para que ocorra o seu funcionamento de maneira adequada. A Figura 9 apresenta o esquema de um transportador de correia.

Figura 9 – Esquema de um transportador de correia



Fonte: VIEIRA; SANTOS (2018).

4.2.2.1 Correias

As coberturas das correias são feitas de borrachas vulcanizadas para a garantia da proteção da carcaça em relação aos possíveis danos ou deterioração que possa ocorrer no ambiente de sua instalação. Em se tratando da carcaça, esta deve suportar as tensões referentes à partida, parada e movimento do material, além dos impactos causados pela queda do material durante a alimentação e promover a estabilidade para que o alinhamento seja mantido durante todo o curso do transportador (OLIVEIRA, 2019). Ainda de acordo com autor, para a escolha do tipo de correia para o transportador, se faz necessária à observação das condições de serviço, das características do material a ser transportado, o tempo de percurso da correia, a largura, inclinação dos roletes, a tensão máxima da correia, a temperatura do material.

Vale salientar que as correias utilizadas nos transportadores apresentam emendas, as quais são necessárias para o alinhamento da correia e atendimento às distâncias que são

necessárias. Existem dois tipos de emendas, sendo elas a vulcanizada e a mecânica (CARNIZELLO, 2011).

De acordo com Oliveira (2019), os dois tipos de emendas existentes apresentam características importantes, sendo o primeiro tipo, a emenda vulcanizada, com custo elevado, maior tempo de fabricação, porém, com garantia de resistência bem maior em comparação com a emenda mecânica, apresentando maior vida útil. Em relação à emenda mecânica, esta é economicamente mais viável e mais rápida. A emenda mecânica é aplicada em correias com carcaça de lona, podendo acarretar danos aos tambores, roletes, raspadores, limpadores.

Em relação aos tipos de correia transportadora, podem ser descritas em relação as suas propriedades, de acordo com Caetano (2022, p. 03), como sendo:

- **Correias lisas:** são correias transportadoras que possuem as superfícies dos revestimentos lisas. Este tipo de correia opera em modo plano, abaulado, em U ou em tubular. As correias que operam em modo plano ou abaulado normalmente não excedem inclinações de 20°. As correias em U e as correias tubulares não excedem ângulos de 35°.
- **Correias com Nervuras, Travessas ou Bordos de Contenção:** são correias transportadoras que possuem nervuras, travessas ou bordos de contenção de modo a facilitar o transporte dos materiais, a evitar o retorno ou mesmo perda dos materiais transportados e aumentar a capacidade de carga. Operam com ângulos de inclinação compreendidos entre 35° e 45°.
- **Correias em sanduíche:** é um conjunto de duas correias que operam paralelamente, sendo o material a transportar conduzido entre elas. Operam também com elevados ângulos de inclinação (65° a 90°) e podem considerar-se um tipo particular de correias elevadoras.
- **Correias elevadoras:** as correias elevadoras mais utilizadas são as de alcatruzes. São correias que operam quase verticalmente, normalmente com ângulos e inclinação superiores a 85°.
- **Correias deslizantes:** em muitas operações de transporte é vantajoso e reduz o atrito entre a correia transportadora e o elemento ou elemento de suporte. Neste caso, não existe qualquer revestimento de borracha na contraface e a correia apresenta tela à vista.

Sobre as correias planas, são caracterizadas como sendo as correias que operam sem abaulamento, sendo útil no transporte de certos tipos de produtos. As correias abauladas se caracterizam por operarem com uma seção transversal de forma abaulada. Um fator importante a ser comentado em relação às correias abauladas configura-se ao ângulo de abaulamento, sendo o ângulo de cava apresentando-se variável, se adequando ao tipo de material a ser transportado (SILVEIRA, 2019).

Em relação às correias em tubo, são consideradas como uma série de conjuntos de sistemas de roletes que progressivamente se fecham constituindo a forma tubular sobreposto. As correias em U operam com a sua seção transversal em U. As correias com perfil de centragem apresentam a forma de V ou de um trapézio, que se aloja na cavidade existente nas polias e guia desse modo de correia, evitando o efeito dos impactos do material a transportar na zona de carga e das movimentações dos mesmos materiais ao longo do sistema de transportador, deslocando para um dos lados, o que acarreta perdas de materiais e danos à correia. (ALVES, 2022). As correias circulares apresentam uma trajetória circular, ligando dois sistemas de transporte que fazem 90° entre si (SILVEIRA, 2019).

4.2.2.2 Borrachas

A borracha presente nas correias transportadoras desempenha um papel essencial nas coberturas superiores e inferiores das correias cuja finalidade é proteger a carcaça contra abrasão e os efeitos dos materiais transportados. A resistência e tipo de cobertura (borracha) utilizada é apresentada pelo Quadro 1.

QUADRO 1 – Relação de Resistência e Tipo de Cobertura

Elastômero	Resistência abrasão	Resistência derivados do petróleo	Resistência ácidos	Resistência temperatura
Borracha natural	Excelente	Baixa	Baixa	Boa
Borracha nitrílica	Muito boa	Baixa	Baixa	Muito boa
Borracha cloropreno	Boa	Excelente	Boa	Boa
Borracha etileno-propileno	Baixa	Baixa	Boa	Excelente

Fonte: GUASTALA (2013).

A composição da borracha das correias transportadoras apresenta propriedades mecânicas específicas, enfatizando o fato de que, a correia deve ter resistência à tração e ao desgaste, propriedades que se encontram em sua composição química. Os componentes que são utilizados para a fabricação da cobertura das correias variam de acordo com o tipo de material a ser transportado (GUASTALA, 2013). De acordo com o autor supracitado, a cobertura de borracha ou elastômero pode variar para conferir maior resistência à abrasão, ácidos e altas temperaturas, melhorando o desempenho durante o transporte.

As correias podem apresentar coberturas lisas ou não lisas. Sendo que, as coberturas lisas atendem ao transporte de material em plano horizontal e inclinado. As

correias com cobertura não lisa são utilizadas no transporte de produtos que apresentam inclinações que atingem 45°, sendo fabricadas em vários relevos (GUASTALA, 2013).

A Figura 10 mostra uma correia de alta temperatura na saída do forno de pelotização e as condições de uma troca de correia de alta temperatura.

Figura 10 - Correia transportadora de alta temperatura.

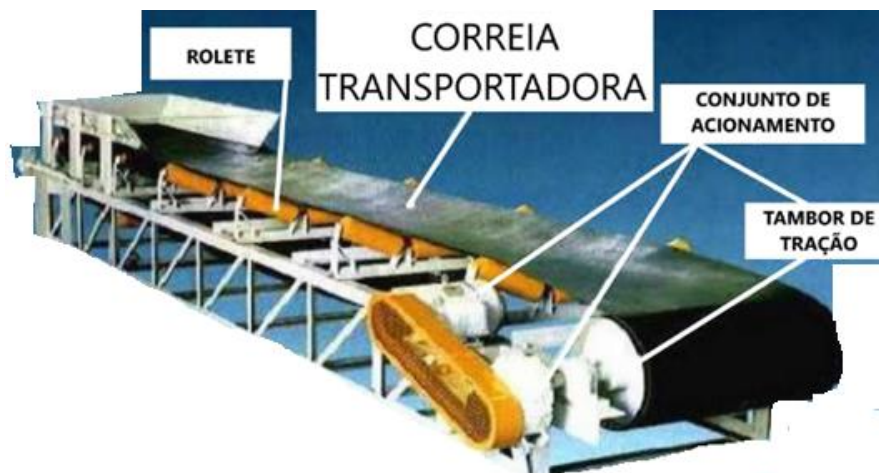


Fonte: GUASTALA (2013).

4.2.2.3 Roletes

De acordo com a NBR 6177/1999, o rolete é definido como “o conjunto de um ou mais rolos, devidamente apoiado em um suporte, destinado a suportar, girar e conformar a correia transportadora”. A Figura 11 exemplifica alguns dos elementos do transportador, destacando o rolete.

Figura 11 – Roletes das correias transportadoras

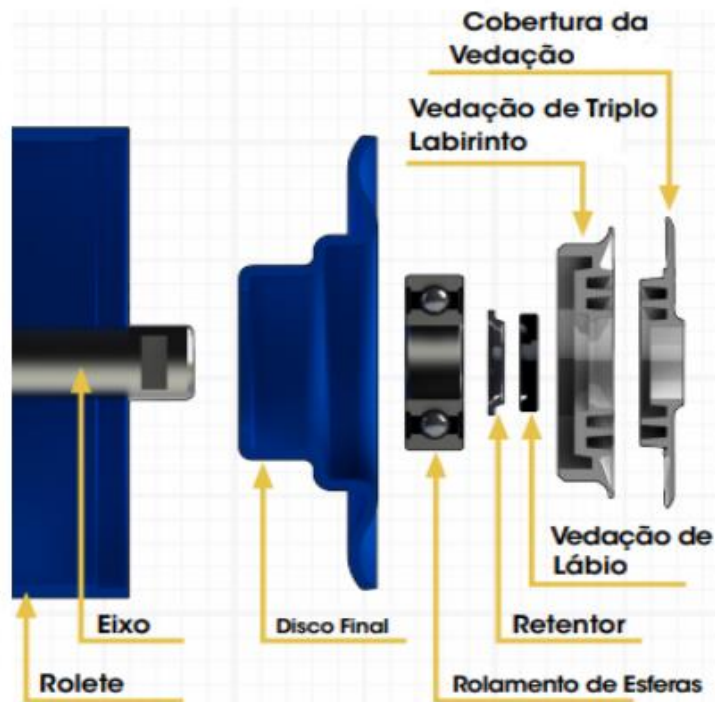


Fonte: JW ENGENHARIA (2023).

4.2.2.4 Rolo

O rolo, em conformidade com a NBR 6177/1999, constitui-se como sendo um elemento cilíndrico formado de corpo e eixo, capaz de girar livremente em torno do seu eixo, com a finalidade de apoiar a correia. A Figura 12 apresenta os componentes de um rolo típico dos transportadores.

Figura 12 – Componentes de um rolo típico



Fonte: MARTIN (2019)

A ausência de revestimento ou o revestimento dos rolos dependem da resistência à abrasão exigida pelo projeto. Salienta-se que, o sistema de vedação é fundamental para os rolos que são utilizados nas instalações que apresentam variação de ambiente, o qual pode ser variado, como por exemplo, a mineração, uma vez que, o minério ao entrar em contato com o rolamento promove o desgaste prematuro das esferas. Por outro lado, há de salientar que a qualidade de vedação, bem como a vida útil de um rolo está atrelado a fatores referentes às condições de uso e do ambiente no qual o rolo será exposto (OLIVEIRA, 2019).

Na norma existente referente ao estudo de manutenção, destaca-se que há três tipos diferentes de roletes, sendo classificados pela sua geometria, configuração e aplicação. De acordo com a NBR6177/1999, em relação à geometria, são apresentados os seguintes tipos de roletes:

- **Rolete plano (*flat belt idler*):** mantém a forma integralmente plana da correia e na horizontal não faz nenhum ângulo;

- **Rolete inclinado (*troughed idler*):** mantém a forma côncava da correia e na horizontal possui inclinação nos seus rolos laterais.

Quanto à configuração, a NBR 6177/1999, apresenta os tipos de roletes utilizados:

- **Roletes de carga (*carrying idlers*)** que se subdividem em:
 - *Rolete triplo (three equal rolls idler):* são três rolos dispostos dois inclinados na lateral e na horizontal um rolo central;
 - *Rolete seletor (picking idler):* similar ao triplo, com a mesma disposição, porém o rolo na horizontal central é mais comprido que os da lateral, usualmente este tipo de rolete são empregados em alimentadores de correia;
 - *Rolete duplo (two equal rolls idler):* são dois rolos inclinados;
 - *Rolete plano (flat belt idler):* somente um único rolo;
 - *Rolete quántuplo (five equal rolls idler):* similar ao triplo com a diferença que este rolete é possui dois rolos laterais de cada lado ao invés de somente um;

- **Roletes de retorno (*return idlers*)** que se subdividem em:

- *Rolete plano (flat idler):* somente um rolo com anéis de borracha ou liso;
- *Rolete duplo em "V" ("V" idler):* dois rolos inclinados com anéis de borracha ou de aço.

- **Rolete de proteção (*protection idler*):** um rolo vertical material sintético ou de aço, que, fixado ortogonalmente às bordas da correia, evita o contato entre a correia e a estrutura do transportador.

Quanto à aplicação, a NBR6177/1999, classifica os roletes como sendo:

- **Rolete de carga (*carrying idler*):** um conjunto de rolos responsáveis por suportar o peso da correia e do material transportado. Os roletes de carga podem ter dois tipos de configuração: planos ou inclinados. Atualmente, os roletes inclinados são mais comuns, por conseguir transportar uma quantidade consideravelmente maior de material. Eles são compostos por um rolo central horizontal e por dois rolos laterais geralmente inclinados de 20°, 35° ou 45°. Os roletes planos são normalmente compostos por um só rolo horizontal sustentado por suportes que são fixados na estrutura do transportador.
- **Rolete de impacto (*impact idler*):** são responsáveis por suportar o impacto da queda do material na seção de alimentação do transportador. São normalmente cilindros de aço revestidos com discos de borracha vulcanizada para absorver o impacto e proteger a carcaça da correia de danos

- **Rolete de retorno (*return idler*):** são responsáveis por suportar o peso da correia durante o retorno da mesma, não suportam o material transportado. Geralmente, são compostos de um rolo plano horizontal sustentado por suportes fixados na parte inferior da estrutura do transportador. Atualmente, têm sido comumente utilizados roletes de retorno em V, que são compostos por dois rolos que formam um ângulo de 10o com a horizontal. Esse tipo de rolete de retorno ajuda a manter o alinhamento da correia.
- **Rolete de transição (*transition idler*):** esses roletes possuem rolos laterais com regulagem de ângulo e são utilizados para diminuir gradativamente a curvatura da correia conforme ela se aproxima do tambor de descarga ou de retorno (ABNT, 1999).
- **Rolete em catenária (*catenary idler*):** conjunto de rolos suspensos, dotados de interligações articuladas, de modo a permitir livre conformação dos mesmos, auxiliando a centralização automática da correia transportadora. Pode ser utilizado tanto no lado de carregamento quanto no lado de retorno da correia (ABNT, 1999).
- **Rolete autoalinhante (*belt training idler*):** são responsáveis para atuar no movimento sentido pela correia transportadora, ou seja, garantir o alinhamento da correia. Esses roletes podem ser usados tanto do lado carregado quanto no retorno e são dotados de um mecanismo giratório, além de pequenos rolos perpendiculares à correia. Qualquer desalinhamento da correia fará com que ela toque o rolo vertical, provocando um giro no rolete e formando certo ângulo em relação à correia. Esse desvio angular cria uma força que obriga a correia a voltar ao seu centro.
- **Rolete helicoidal (*helical idler*):** tipo de rolete de retorno com os rolos em forma helicoidal, destinado a promover o desprendimento do material aderido à superfície da correia.

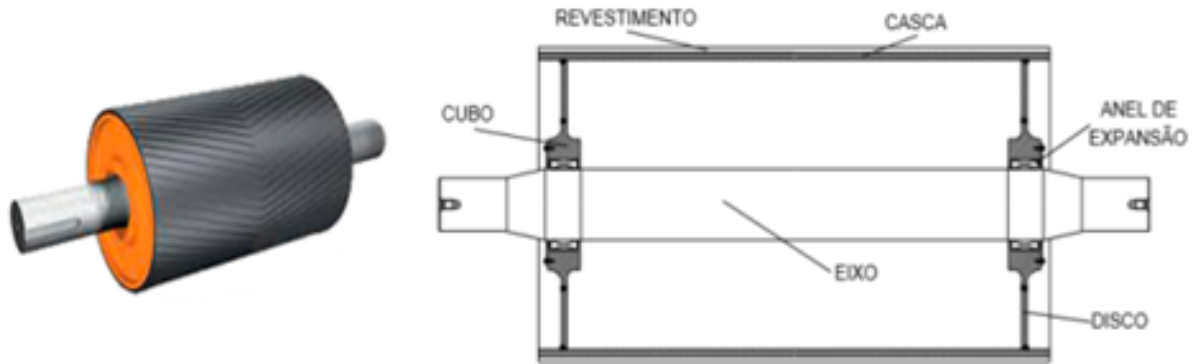
4.2.2.5 Tambor

O tambor conhecido como polia de retorno e acionamento, trata-se de um componente que tem a funcionalidade de transferir a potência, ou seja, configura-se como um elemento que propicia o movimento, apoiando a correia tracionando, tensionado ou mudando a direção da correia (OLIVEIRA, 2019).

A composição de um tambor é efetivada por um cubo, que se apresenta como o elemento responsável por unir o disco lateral ao eixo, sendo o revestimento aplicado na parte externa do cilindro com a finalidade de proteção de desgaste e elevação do coeficiente de

atrito com a correia. Além disso, apresentam-se os discos laterais que unem a carcaça do cilindro ao cubo, por meio de dispositivos de fixação do eixo no cubo e casca ou cilindro. Na ponta do eixo são montados os mancais de rolamentos que são responsáveis pelo movimento de rotação. A Figura 13 apresenta um tambor típico e seus componentes.

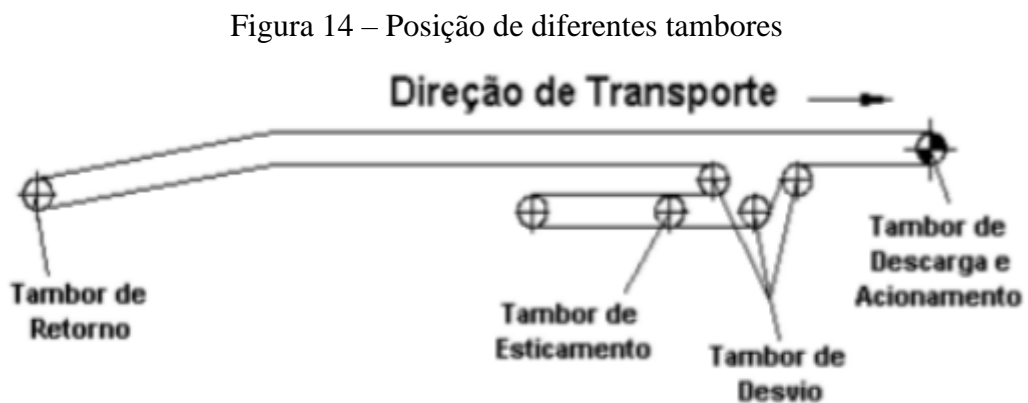
Figura 13 – Tambor típico e seus componentes



Fonte: GELAIS (2016)

Carnizello (2011 *apud* Oliveira, 2019), em relação às diferentes classificações dos tambores, os apresentam como sendo, de esticamento, de desvio e de encosto, o qual é utilizado para ampliar o ângulo de abraçamento em outro tambor.

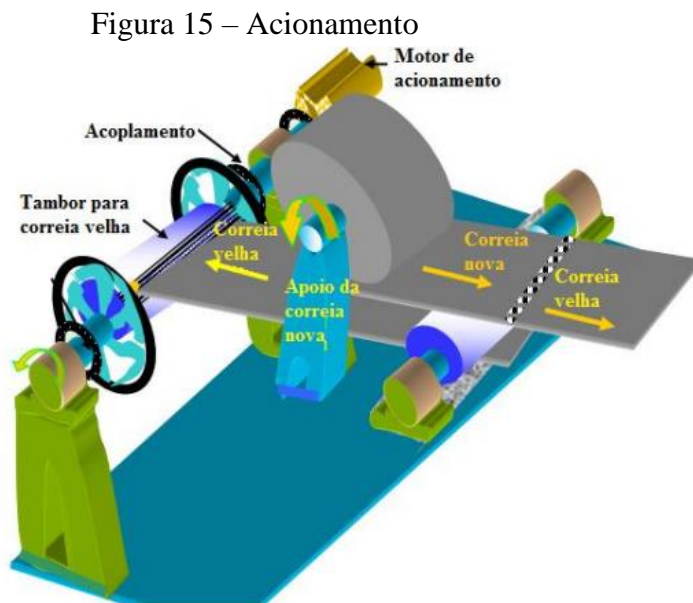
A Figura 14 apresenta a posição dos diferentes tambores existentes, em concordância com a NBR6177/1999.



Fonte: NBR6177/1999

4.2.2.6 Acionamento

O acionamento tem por finalidade de movimentar a correia por meio de disponibilização de tração para o tambor, ou seja, dispõe de torque e potência fundamental para a geração do movimento na correia (BRANCO; FIGUEIREDO; FUJIYAMA, 2021). A sua composição se efetiva com a presença de um motor, acoplamentos e um sistema de transmissão, conforme apresentado na Figura 15.



Fonte: BRANCO; FIGUEIREDO; FUJIYAMA (2021)

4.2.2.7 Motor

O motor elétrico que compõe o transportador de correia é responsável por fornecer a potência e o torque necessários para o funcionamento eficiente do sistema. Para garantir seu desempenho adequado são utilizados conjuntos de acionamento. Esses motores têm como vantagens o uso de energia elétrica, uma montagem simples e a adaptabilidade a diferentes cargas. Junto ao motor pode ser acoplado um redutor de velocidade para a redução da rotação recebida pelo motor e realizar a transferência para o tambor, como afirma Branco; Figueiredo e Fujiyama (2021). A Figura 16 exemplifica um motor elétrico e um motorreductor elétrico.

Figura 16 – Motor elétrico e motorreductor elétrico



Fonte: OLIVEIRA (2019)

4.2.2.8 Acoplamentos

Os acoplamentos são componentes que transmitem potência e torque sendo utilizados para a conexão entre o motor e o redutor em altas rotações ou redutor e tambor em baixas rotações. Os motores mais utilizados são os hidrodinâmicos, que sempre trabalham em elevada rotação (OLIVEIRA, 2019). A Figura 17 exemplifica o acoplamento hidrodinâmico ligado ao motor.

Figura 17 – Acoplamento hidrodinâmico ligado ao motor



Fonte: HENFEL (2019)

4.2.2.9 Chute

O chute, de acordo com a NBR6177/1999 é considerado um elemento de transportador responsável pela carga e descarga do material que será transportado, sendo compostos por chapas de aço revestidas por um material com boa resistência ao desgaste.

Segundo o Manual de Correias Transportadoras e Emendas - Mercúrio (2016, p. 79), “um chute de alimentação ideal seria aquele que garantisse, além do carregamento

homogêneo e centralizado, que o material caísse sobre a correia com a mesma velocidade, em valor e direção” (Figura 18).

Figura 18 – Chute

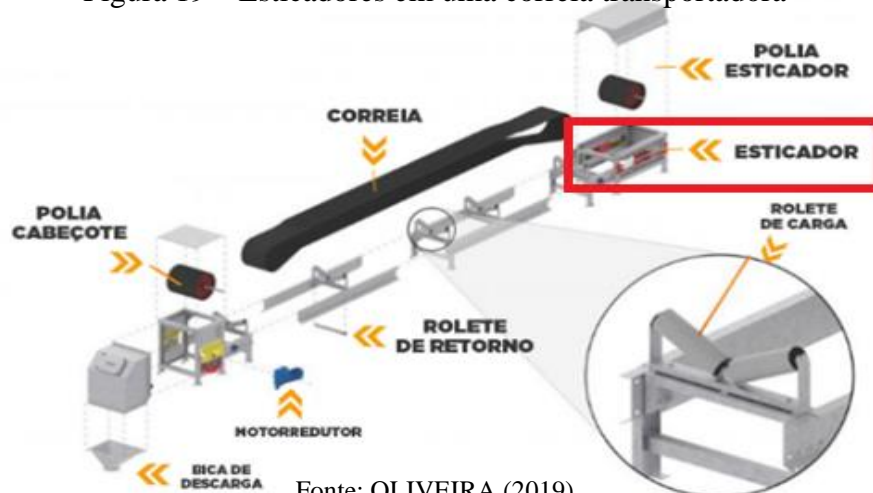


Fonte: OLIVEIRA (2019)

4.2.2.10 Esticadores

Os esticadores são responsáveis por fornecer a tensão necessária para que a correia possa transportar e suportar a carga material. Um sistema de esticamento permite a transmissão do torque do tambor de acionamento para a correia. Os esticadores podem ser fixos, caracterizados por barras roscadas, ou por gravidade, onde massas suspensas são conectadas ao tambor de esticamento por roldanas e cabos de aço. (SILVA, 2020). A Figura 19 exemplifica os esticadores em uma correia transportadora.

Figura 19 – Esticadores em uma correia transportadora



Fonte: OLIVEIRA (2019)

4.2.2.11 Virador de correia

Os viradores de correia são utilizados para manter o lado sujo da correia virado para cima, mantendo o equipamento limpo ao longo do seu comprimento (GELAIS, 2016, p. 45). De acordo com o autor citado, são sempre dois viradores, um instalado o mais próximo possível do tambor de descarga, responsável por girar a correia em 180°, trazendo o lado sujo para cima e outro virador instalado próximo ao tambor de retorno, girando a correia novamente em 180° voltando o lado sujo da correia para baixo.

4.3 Principais falhas encontradas nas correias transportadoras

As correias transportadoras são utilizadas continuamente, com fluxo elevado de material em concordância com as necessidades das empresas que as utilizam. A relevância da detecção das falhas se apresenta na busca da redução dos custos e diminuição dos impactos na produção (OLIVEIRA, 2019). Dessa maneira, faz-se prioritária a proteção da correia transportadora, uma vez que, se trata do componente de maior custo de aquisição do conjunto.

O desalinhamento da correia é apontado como uma das falhas mais comuns, que acarreta danos à borda da correia, em razão do desnivelamento dos tambores, por roletes empenados, além da ausência de centralização do fluxo de material na saída das áreas de transferência ou mesmo em decorrência ao não tensionamento da correia (CAMPELO, 2019).

Para a identificação do desalinhamento da correia, são utilizadas chaves de desalinhamento que se localizam nos extremos de cada lado da correia, com uma distância pré-definida fora do alcance do fluxo, sendo as chaves acionadas somente em condições extremas. A Figura 20 apresenta uma correia transportadora em que foi detectada a falha identificada com o desalinhamento.

Figura 20 – Correia desalinhada



Fonte: CAMPELO (2019)

Em relação às possíveis causas do desalinhamento das correias, estas são identificadas como sendo problemas nas emendas, problemas estruturais os quais evidenciam a análise do carro esticador, dos tambores, cavaletes, chutes e demais componentes, que possuem contato direto com a correia. Outra causa seria problemas na correia, evidenciando a falha no processo de fabricação, evidenciando falhas no tensionamento dos cabos durante a fabricação, sendo esta a causa raiz, além da falha na prensagem durante a fabricação.

Outra falha considerada comum configura-se como a troca prematura de rolos, que se faz necessária em razão do acúmulo de material sobre eles, o que acarreta avarias no seu corpo, desgaste no revestimento, quebra de rolamentos, travamento do eixo e deslocamento do espelho (CAMPELO, 2019). Ainda de acordo com o autor, a atenção em relação aos rolos travados é fundamental, uma vez que, o contato direto com a correia sem a rotação necessária pode resultar em uma superfície cortante com riscos a correia. A Figura 21 exemplifica um rolo com revestimento quebrado.

Figura 21 – Rolo com revestimento quebrado



Fonte: CAMPELO (2019)

O sistema de contrapeso trata-se de outro segmento o qual pode apresentar falhas, sendo elas identificadas como avarias nos cabos de aço, em razão das elevadas cargas, acarretando desgastes nas polias e trincas das estruturas de sustentação (CAMPELO, 2019).

Já os rolos e os tambores, estes se apresentam relacionados à degradação devido ao contato direto com o material transportado, ocorrendo à perda de seu revestimento o que danifica a carcaça; além disso, a ausência de abastecimento no sistema de lubrificação pode danificar a estrutura interna (OLIVEIRA, 2019).

Outro tipo de falha apresentada corresponde ao sistema de cabeça móvel, que precisa ser projetado tendo como finalidade o perfeito funcionamento dos motores e freios de maneira sincronizada, uma vez que são caracterizados por um conjunto de quatro acionamentos, sendo essencial o respeito aos limites e a velocidade, para que sejam evitadas as falhas de posicionamento (LUZ; LINS, 2018). Além disso, Ferreira (2021) relata que, a mesma preocupação ocorre em relação aos demais acionamentos dos transportadores, para que não ocorram falhas elétricas nos motores, ausência de lubrificação nos redutores e desgastes das pastilhas de freio.

Os chutes podem apresentar furos em suas paredes em razão do desgaste ocasionado pelo impacto contínuo com o material, sendo verificada queda de chapas internas com corrosão de suas soldas (CAMPELO, 2019).

De acordo com Ferraz (2018), o Quadro 2 apresenta modos de falhas de correias transportadoras.

QUADRO 2 – Modos de falhas de correias transportadoras

COMPONENTES	FALHA FUNCIONAL	MODO DE FALHA
ACIONAMENTO	Acionar o transportador de correia com velocidade pré-determinada	Motor elétrico
		Motor elétrico sem energia
		Motor elétrico sobrecarregado
		Redutor com vibração por desalinhamento com motor elétrico
		Redutor com elementos de máquinas danificados
	Fazer o atrito e contato entre o tambor de acionamento e a correia transportadora	Revestimento do tambor solto ou desgastado. Danos nos mancais de rolamento
RASPADOR	Não limpa a correia	Lâmina desgastada ou danificada
		Suporte do raspador danificado
TENSIONADOR DE CORREIA	Não tensiona a correia	Danos nos tambores e nos carros tensionados.
CORREIA TRANSPORTADORA	Não conduz o material transportado do chute de alimentação até o chute de descarga	Cavaletes e roletes danificados por quedas de material
		Correia rasgada
		Correia travada por material com excesso de umidade
		Correia desalinhada
ESTRUTURA	Não sustenta o transportador	Danos na estrutura metálica treliçada por corrosão
CHUTES DE ALIMENTAÇÃO	Não recebe e alimenta a correia com minério proveniente de outro equipamento	Danos ao chute e seus acessórios e vedação

Fonte: FERRAZ (2019)

4.4 Métodos corretivos das falhas das correias transportadoras

Os métodos existentes referentes às correções das falhas das correias apresentam-se basicamente relacionadas à manutenção preventiva e a manutenção corretiva. Em relação à manutenção preventiva, esta pode ser compreendida como sendo o conhecimento do estado dos equipamentos, permitindo o controle direto das atividades realizadas por eles, favorecendo a detecção de possíveis danos que necessitam de reparos, antes que ocorra a paralisação do equipamento (RAMOS, 2012).

Almeida (2011) define a manutenção preditiva baseada na condição de uso de medições e métodos de processamento de sinais para o diagnóstico da condição do equipamento durante a sua operação. Para tanto, utilizam técnicas que incluem a análise de vibração, ultrassom, ferrografia, tribologia, monitoria, dentre outras.

Seleme (2015) define a manutenção preditiva como sendo um plano disposto por situações do equipamento, evidenciando que, em vez de submeter-se aos planos e estatísticos do ciclo comum de vida, se faz o monitoramento claro de estado do mecanismo, da eficiência do processo e de outros indicadores que determinam o valor real do período até a possibilidade de falhas ou perda da eficiência das máquinas e equipamentos.

A base de cálculo do tempo para reparo é analisada por meio da realização de um planejamento e monitoramento das peças e maquinários, ampliando a possibilidade de redução das medidas referentes ao tempo de parada total das atividades (MESQUITA *et al.*, 2021).

A necessidade de verificação das vantagens e desvantagens da manutenção preditiva se estabelece em razão da necessidade expressa pela empresa. Sendo percebido que, a organização precisa estar estruturada para a sua realização, permitindo com que os profissionais do setor executem as suas atividades em conformidade com o planejamento que deve ser realizado e monitorado, permitindo com que a vida útil dos equipamentos seja utilizada de forma satisfatória em virtude das verificações periódicas que precisam ser agendadas (MESQUITA *et al.*, 2021).

Para que ocorra a manutenção preditiva é fundamental que seja organizada uma série de ações que são estabelecidas nos planejamentos que precisam ser realizados pelas empresas, buscando por meio de técnicas reduzirem as possibilidades de paradas dos equipamentos para a manutenção, o que pode comprometer o cumprimento de seus contratos, o que é determinante para a sua permanência no mercado competitivo (FERREIRA, 2021).

A manutenção corretiva configura-se como sendo uma estratégia que as

organizações dentro de suas especificidades adotam, mediante as suas necessidades para que a atividade desenvolvida alcance os seus objetivos e metas frente às propostas das empresas.

Uma das questões a ser refletida sobre a manutenção corretiva se estabelece no fato de que, ela é efetivada somente quando ocorre à parada dos equipamentos, o que nem sempre é analisado como sendo uma vantagem, já que, ocorre a paralisação do equipamento. No entanto, a parada para a realização da manutenção corretiva não precisa ser realizada durante o fluxo de produção, podendo ser programada de maneira a não intervir na produtividade (JESUS, 2015).

As principais vantagens e desvantagens em relação à manutenção preventiva são apontadas por Azevedo (2019, p. 15) como sendo as vantagens: diminuição da probabilidade da falha e o aumento do ciclo de vida do equipamento; e, as desvantagens: frequentemente deve-se parar o equipamento em momentos programados para a realização da manutenção. A manutenção corretiva apresenta duas classificações, de acordo com Kardec e Nascif (2009, p.36), sendo elas, “manutenção corretiva não planejada e manutenção corretiva planejada”.

De acordo com Oliveira (2018, p. 15), a manutenção corretiva não planejada pode ser definida “pela ação do manutentor quanto ao dano ou desempenho inferior do que o previsto já ocorreu, ou seja, não houve tempo para a elaboração do serviço”. Ainda de acordo com o autor supracitado, infelizmente este tipo de manutenção é mais praticado do que deveria, acarretando custos elevados, pois a quebra inesperada de uma máquina ou equipamento gera perda de produção, e qualidade do produto elevando custos indiretos de manutenção.

A manutenção corretiva não planejada tem por característica a atuação em fatos que já ocorreram, sendo estes identificados em relação ao desempenho inferior ao esperado ou mesmo de uma falha que não detectada, não havendo tempo para o planejamento do serviço, o que a identifica como sendo a correção da falha de modo aleatório, sem planejamento com o objetivo de se evitar consequências mais agravantes que possam gerar custos elevados às empresas (SANTOS, 2018).

A manutenção corretiva planejada consiste “na correção de desempenhos inferiores aos previstos, ou das quebras por determinação gerencial, ou seja, pelo trabalho e atuação do acompanhamento” (OLIVEIRA, 2018, p. 14).

Santos (2018, p. 12) define a manutenção corretiva planejada como sendo, “em casos que tenham uma falha ou condição anormal de operação de um equipamento e a correção dependa de decisão gerencial, seja de acompanhamento preditivo ou pela decisão de operar até a quebra”. Ainda de acordo com o autor supracitado, a decisão de adotar a política

de manutenção corretiva planejada pode ser originada com base em vários fatores, tais como: negociação de parada do processo produtivo com a equipe de operação, aspectos ligados à segurança, melhor planejamento dos serviços, garantia de ferramentas e peças sobressalentes, necessidade de recursos humanos, tais como serviços terceirizados, possibilitando o planejamento dos recursos necessários para a intervenção de manutenção, uma vez que a falha é esperada.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

O método adotado durante a pesquisa configurou como sendo um estudo de revisão bibliográfica, qualitativa, exploratória e estudo de caso vislumbrando o desenvolvimento do tema proposto. Em relação aos procedimentos técnicos, o estudo apresentará uma pesquisa bibliográfica, que segundo Gil (2017), configurou-se como sendo a pesquisa desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos.

Para Denzin; Lincoln (2016), a pesquisa qualitativa envolve uma abordagem interpretativa do mundo, o que significa que seus pesquisadores estudam os assuntos em seus cenários naturais, tentando entender os fenômenos em termos dos significados que as pessoas a eles conferem. Vieira e Zouain (2015) afirmam que a pesquisa qualitativa atribui importância fundamental aos depoimentos dos atores sociais envolvidos, aos discursos e aos significados transmitidos por eles. Nesse sentido, esse tipo de pesquisa preza pela descrição detalhada dos fenômenos e dos elementos que o envolvem.

A pesquisa exploratória tem por objetivo aprimorar hipóteses, validar instrumentos e proporcionar familiaridade com o campo de estudo. Constitui a primeira etapa de um estudo mais amplo, e é muito utilizada em pesquisas cujo tema foi pouco explorado, podendo ser aplicada em estudos iniciais para se obter uma visão geral acerca de determinados fatos (GIL, 2017).

Para Gil (2017) o estudo de caso é evidenciado como o aprofundamento em um tema, de maneira que expresse amplo e detalhado conhecimento. Após a coleta de informações tendo como base os objetivos propostos para o estudo, os dados foram analisados em busca de consolidar os objetivos de forma a permitir o aprofundamento do conhecimento sobre o tema proposto.

Neste sentido, o método utilizado neste estudo de caso evidenciou a elaboração de um plano de contingência para restabelecimento da condição operacional do TCLD em caso de uma falha na correia transportadora. O plano emergencial apresentou três focos principais, sendo eles: troca parcial, manutenção das emendas e troca total.

Para que ocorra melhor organização do estudo proposto, o plano de contingência foi constituído sobre os seguintes aspectos:

- Fluxo de comunicação no caso de falhas;
- Estoque mínimo de bobinas de correia;

- Área apropriada para preparação da correia;
- Transporte de bobinas para área de preparação;
- Mão de obra necessária e
- Recursos necessários.

Além destes aspectos, ressaltou-se que foi demonstrado os procedimentos para a realização da emenda, como é apresentado na Figura 22.

Figura 22 – Montagem de uma emenda Flexsteel



Fonte: REMA TIP TOP (2022)

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Investigação do desalinhamento da TCLD

Neste estudo foi proposto o plano de contingência como meio de solucionar a falha detectada na empresa em estudo frente à paralização dos equipamentos, o que resulta em um dano para o processo produtivo, e, portanto, faz-se necessário buscar alternativas que contribuam para sanar a falha existente.

Em um primeiro momento foi realizada a investigação do desalinhamento da TCLD, sendo constadados os seguintes impactos:

- Impacto na produção devido à taxa reduzida para operar o transportador;
- Desalinhamento da correia com interferência estrutural;
- Impacto em custo para retrabalho de substituição dos trechos não conformes.

Além disso, foi detectado que, durante o retorno operacional após intervenção com substituição de 3.100m de correia TCLD, foram verificados desalinhamentos constantes com interferência estrutural ao longo do transportador, borda frouxa da correia na carga e transbordo de material na região do virador próximo ao contrapeso/acionamento da correia.

6.2 Análise do mapa da correia transportadora

Após a detecção das falhas existentes foi realizada a análise do mapa da correia transportadora 31-TC-202 (TCLD). A Figura 23 apresenta o trecho crítico em conformidade com a detecção realizada pelos profissionais que atuam no setor de manutenção.

Figura 23 – Mapa da Correia Transportadora 31-TC-202 (TCLD).



FONTE: Registros do autor (2024).

A análise do mapa do transportador de correia 31-TC – 202 (TCLD) ocorreu a partir dos dados e informações coletadas após a identificação dos trechos desalinhados, apresentando as ponderações a seguir:

- As 04 bobinas de 500m aplicadas do fornecedor M apresentam falta de tensão na borda coincidindo com a marcação baixo relevo das prensadas de fabricação. A bobina de 100m aplicada do fornecedor M não apresenta anomalia;
- As 02 bobinas de 500m aplicadas do fornecedor C não apresentam anomalia;
- O trechos da correia anterior aplicados em 2017 e Jan/ 2021 não apresentam as anomalias observadas nos trechos novos do fornecedor M;
- Os trechos com anomalia se comportam com desalinhamentos hora para a esquerda hora para a direita;
- O trecho mais crítico está compreendido entre as emendas 5 e 6 em que há bastante contato com a estrutura do transportador;
- Não foi observado nenhuma anormalidade na descarga TCLD x 32TC208. Correia sem retorno de material, sem vazamento pelas guias e carga centralizada na correia;
- A taxa ficou reduzida com o retorno operacional após a grande parada de Novembro, devido a transbordos de material na área do sump próximo ao contrapeso/acionamento;
- As interferências estruturais e danos nas bordas não alteram com a variação da taxa do transportador;
- Como 5.100 m foram substituídos em 2021, a correia está com peso de coberturas maior, o que requer análise do contrapeso a fim de manter tensão efetiva da correia. O fornecedor M solicitou os desenhos, mas não apresentou nenhum cálculo de avaliação do sistema de esticamento;
- O contrapeso possui lastro superior ao projeto (7 toneladas) desde o início das operações do TCLD. Em 2016 foi feito o nivelamento deste material para garantir estabilidade e balanceamento de carga. A pesagem do lastro ocorreu em 2016, com a utilização de um guindaste de 220T.
- Após análises preliminares de campo e escaneamento da correia pela Empresa M não foram encontradas ou indicadas nenhuma não conformidade nas emendas ou no sistema de esticamento, levantando suspeita de falha no processo de fabricação da correia (em investigação por corpo técnico da empresa – aguardando fragmento de correia para ensaio destrutivo).

Neste sentido, salienta-se ainda o fato de que, toda a investigação realizada foi registrada fotograficamente, com o intuito de análises detalhadas para a detecção do problema

que ameaçava o processo produtivo da empresa. As Figuras 24 e 25 apresentam os registros realizados de todo o processo.

A Figura 24 apresenta o registro fotográfico das falhas detectadas.

Figura 24 – Falhas detectadas na correia TCLD.



Desalinhamento para a Esquerda



Alinhada



Desalinhamento para a Direita



Correia Danificando Estrutura do Transportador



Falta de Tensão na Borda



Transbordo na Região do Virador



Obstrução da canaleta do TCLD proveniente da queda de material por desalinhamento. Um turno inteiro para regularizar situação. Risco de Queima do motor 2.

FONTE: Registros do autor (2024).

Figura 25: Medições realizadas para checagem estrutural.



Abertura do Freio do Contrapeso In loco e pela Sala de Controle.



Conferência das Medidas do Carro Tensor



Dupla checagem das medidas da Emenda



Correia Velha Alinhada no Carro Tensor



Correia Velha na Região do Sump Rodando Alinhada



Pior Trecho Entre a 5ª e 6ª Emendas, provocou a quebra do Rolete Vertical de Alinhamento.



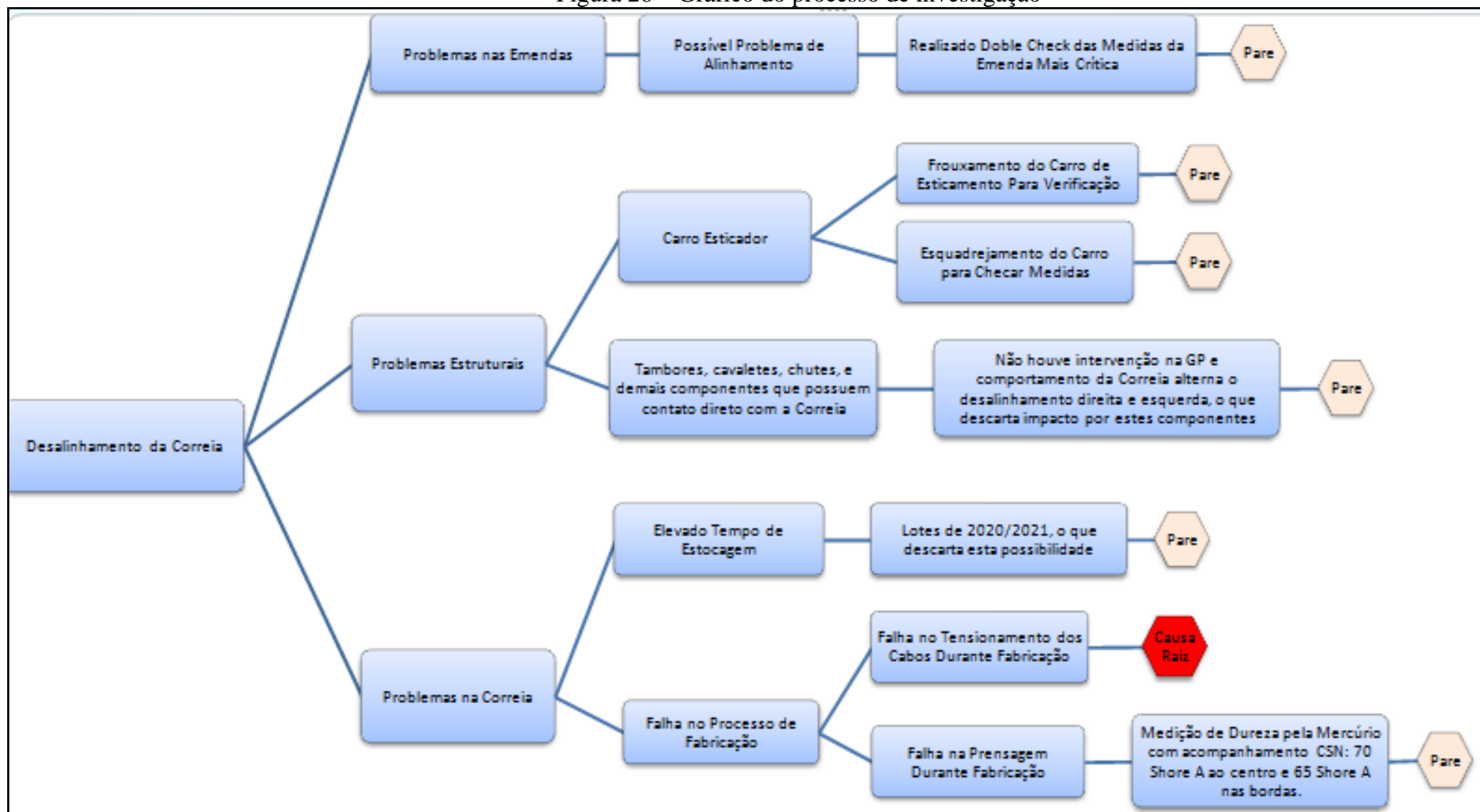
Instalação de roletes guia para evitar danos por contato estrutural com a correia



FONTE: Registros do autor (2024).

Neste sentido, com os registros realizados das falhas detectadas, utilizou-se a ferramenta da qualidade para que fosse gerado o gráfico contendo as informações investigadas em relação às falhas existentes. A Figura 26 apresenta o gráfico gerado relacionado ao processo de investigação da falha detectada na correia TCLD utilizada pela empresa em estudo.

Figura 26 – Gráfico do processo de investigação



FONTE: Registros do autor (2024).

6.3 Implantação de ações estratégicas para a execução do plano de contingência

Para a implementação de ações e estratégias para sanar o problema apresentado, a fase seguinte apresentou-se em relação à descrição das atividades a serem realizadas, sendo estas apresentadas:

- *Check* das medidas da emenda, esquadreamento do carrinho esticador, frouxamento do cabo de içamento do contrapeso e não foi encontrada nenhuma divergência que possa justificar o desalinhamento e a correia bamba no retorno; teste de subida e descida da caixa do contrapeso; conferência nos trilhos do carro tensor; medição do carro tensor, a fim de verificar possível torção e não foi encontrada nenhuma anormalidade. Conferência da abertura do freio do contrapeso peso no local e na sala elétrica; verificação de tensionamento do cabo do contrapeso e se o cabo estava com folga.
- Trazer fornecedor responsável (Correias M) para verificação das não conformidades apresentadas na correia transportadora.
- Realizar inspeção da correia turno a turno na região dos tambores de saída do turnover (virador de correia), verificando se a correia está tocando na estrutura e informar à coordenação de manutenção caso a mesma esteja em risco de rasgo ou dano excessivo na borda.
- Instalar rolo horizontal para apoio da correia na região do virador de correia (*turnover*) na descarga
- Instalar rolo vertical na estrutura próximo ao tambor de desvio na saída do *turnover* da descarga conforme solicitação do representante das Correias M
- Fornecer às Correias M os desenhos de arranjo geral, ficha de dados e informações referente à atual carga do contrapeso (lastro).
- Apresentar relatório das emendas instaladas no TCLD, referente ao trecho de 3100 metros.
- Efetuar e apresentar o planejamento detalhado para a execução de uma possível troca de trecho da correia do TCLD.
- 2º Visita a Empresa M para escaneamento da correia.
- Apresentação do relatório conclusivo com os diagnósticos e recomendações para correção das não conformidades.

Com todos os dados analisados, a detecção de falha apresentada, iniciou o desenvolvimento das atividades necessárias, sendo evidenciadas as ações executadas. Após a análise dos trechos da correia detectada o desalinhamento, foi necessária a realização do

cálculo do peso da correia e do comprimento do rolo da correia, para maior detalhamento da atividade a ser realizada.

O estoque atual referente à condição de armazenamento da correia apresentou os seguintes dados: correia adquirida em 28.09.2010 em bobinas de 500 metros e estocada na área 10, de estocagem oficial da empresa em estudo, com a qualidade estocada de 3000 metros.

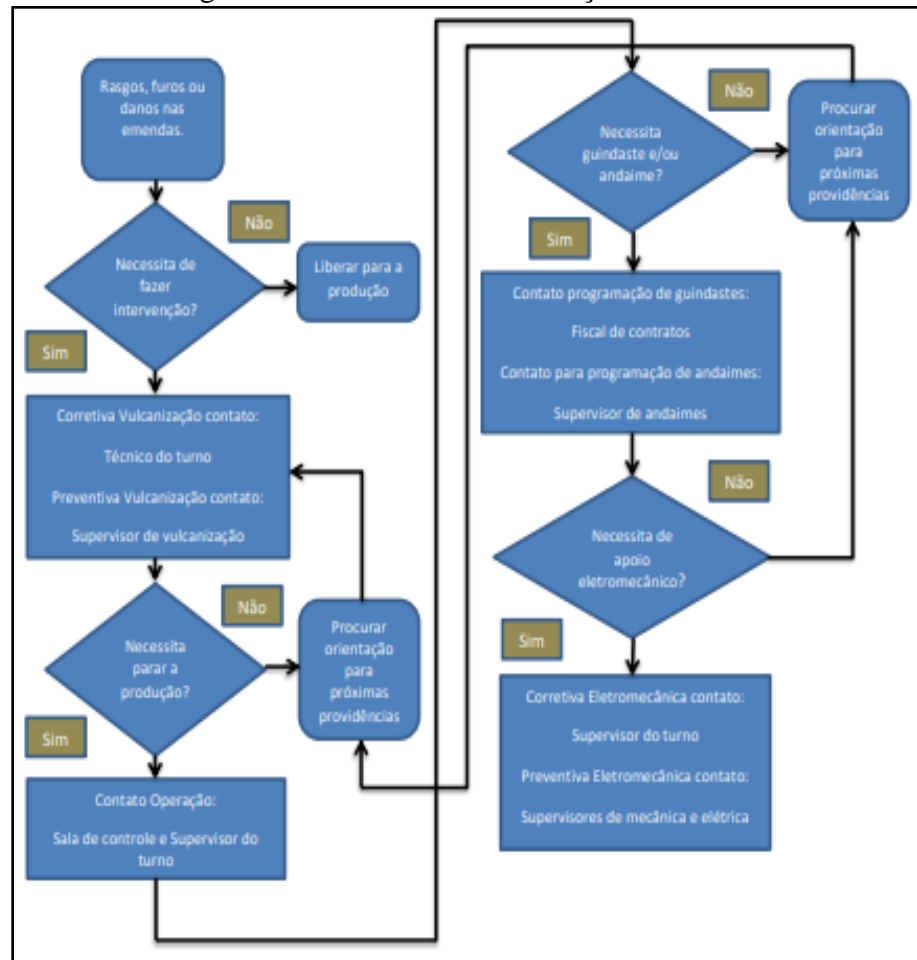
As condições de armazenamento da bobina da correia do TCLD são satisfatórias, apresentando o tamanho de cada bobina de 500 metros.

Em relação ao cálculo do peso da correia, faz-se necessário os dados da correia do TCLD: TCLD ST3500 – RMA 1 – 10+6 – 1219mm (48”), comprimento de 500 metros. Sendo que, os revestimentos são classificados em graus, em conformidade com o tipo de serviço e características do material. Neste sentido, para a construção do plano de contingência propostos, o cálculo é realizado sobre a classificação RMA grau - Serviços Pesados.

Em relação ao fluxo de comunicação, este se apresentou ao público específico de profissionais que trabalham diretamente ligados ao TCLD, que são responsáveis pela execução, operação, turno, inspeção e planejamento.

A Figura 27 apresenta o fluxo de comunicação realizado no plano de contingência.

Figura 27 – Fluxo de Comunicação



FONTE: Registros do autor (2024).

Com a fase do fluxo de comunicação estabelecida, iniciou-se a preparação para a troca do trecho desalinhado, com o transporte antecipado de uma bobina da área 10 para descarga do TCLD, retirada dos resíduos de andaime e sucata que estavam estocadas inadequadamente. Desta forma, favorecendo o trabalho a ser desenvolvido pela equipe de manutenção da empresa em estudo.

6.4 A troca do equipamento

Os procedimentos realizados para a execução do plano de contingência desencadearam o transporte antecipado de uma bobina da área 10 para descarga o TCLD. Além disso, também foram realizadas melhorias no chute de descarga para a redução do tempo de passagem da correia, apresentando benefícios relacionados à segurança dos executantes, redução no tempo de passagem da correia e a garantia de não danificar a correia instalada.

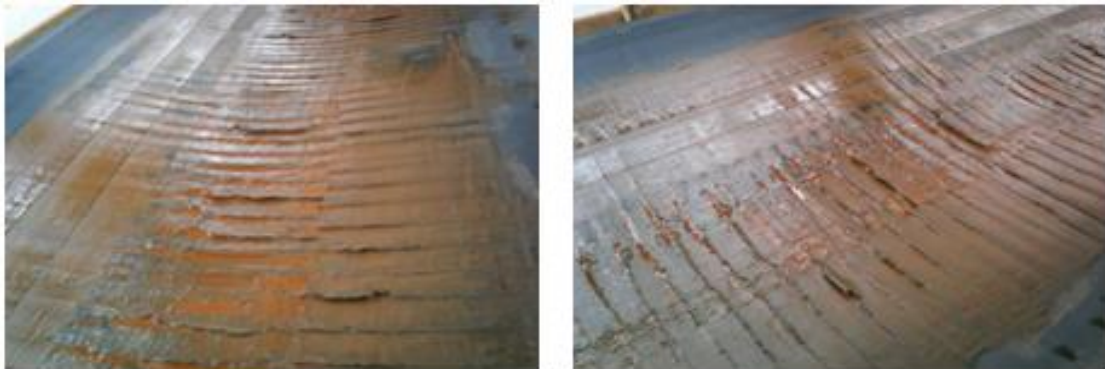
Na sequência realizou-se a vulcanização das emendas, utilizando diferentes tipos de equipamentos, sendo que o uso de prensa de vulcanização com bolsas, para a aplicação da pressão sob toda a superfície do platô flexível. Além da utilização de outros equipamentos que proporcionaram a distribuição uniforme de temperatura e pressão.

Em relação às condições do tapete do TCLD, são apresentadas de acordo com a análise realizada pelos profissionais responsáveis pelo plano de contingência, sendo destacado:

- Frisos transversais na região da emenda, ocasionado pelo raspador;
- Friso ao longo de toda a correia danificando a cobertura superior no ponto detectado;
- Lixamento de rebarbas das emendas;
- Arracamento pontual da cobertura superior das emendas 7P;
- Intensificação da inspeção diária das correias.

A Figura 28 apresenta a falha na correia do transportador.

Figura 28: Falha na correia do transportador



FONTE: Registros do autor (2024).

Com a realização do processo de vulcanização dos trechos da correia danificados foram necessários a realização de acompanhamentos do funcionamento da mesma, por meio de laudos de inspeção preditiva da correia. Dessa maneira, após todo o levantamento de campo realizado, foi possível a identificação das seguintes oportunidades:

- Falta de praça para dar manutenção na correia do TCLD,
- Falta definição do guindaste que será utilizado para manutenção da correia do TCLD,
- Falta definição do recurso a ser usado nas manutenções (Mão de obra) do TCLD,
- Não existe lista de material com quantidade prevista de ferramentas para troca da correia,
- Falta dimensionar do peso e volume da bobina do TCLD,
- Falta definição de equipamentos móveis para manutenção do TCLD

- Falta definir pontos de bloqueio para TCLD,
- Falta lista de ferramentas especiais, como: Talisca, Rolo desviador, Cabo de aço, emenda Flextil,
- Falta plano de comunicação telefones para emergência e fluxo para acionar cadeia de ajuda,
- Deficiência e falta de confiabilidade do sistema de proteção da correia.
- Falta procedimento de reparo nas correias,
- Falta relatório de mapeamento das 19 emendas da correia bem como do friso de 11mm profundidade na correia TCLD com recomendações,
- Falta definição do tempo de pequenos reparos nas emendas e frisos do TCLD,
- Falta restante correia para troca total no TCLD,
- Falta de definição do que fazer para corrigir friso crítico,
- Divergência de especificação da correia no TCLD, aplicada e correia em estoque,
- Falta de segurança operacional quanto a rasgo da correia no retorno,
- Falta de planejamentos detalhados de trocas de duas bobinas na descarga do TCLD, e outro planejamento de troca de uma bobina, com uma emenda sendo realizada em frente o chute de descarga,
- Correias estocadas sem proteção fora do galpão,
- Correia estocada longe do local da troca,
- Falta montar cavalete na saída do chute de descarga do TCLD para passar a correia durante a troca,
- Falta de rolete para montar no cavalete de saída do chute para passar a correia,
- Falta projeto de escaneamento da correia do TCLD,
- Falta alterar o plano diretor de manutenção (PDM) da correia do TCLD,
- Falta desenho janela de vista na saída do chute de descarga TCLD,
- Falta fabricar janela de visita para montagem no chute do TCLD,
- Falta mais uma prensa compacta para fazer emenda simultaneamente no TCLD,
- Máquina de esteira para puxar a correia,
- Peças de andaime estocadas indevidamente em frente ao chute descarga TCLD,
- Falta código da cabeça leitora do sensor guard do TCLD.

Dessa forma, o plano de contingência é apresentado como uma ferramenta eficaz, após toda a investigação realizada, pois auxilia na melhoria do fluxo de produção da empresa mineradora, uma vez que, ocorre a investigação detalhada de todas as possibilidades de melhorias que contribuem para os objetivos da empresa.

7 CONCLUSÃO

Após o estudo realizado referente à elaboração de um plano de contingência para a troca de correia em um transportado de minério de ferro a longa distância foi possível concluir que, se faz fundamental a realização do monitoramento constante do funcionamento das máquinas e equipamentos com o objetivo de detectar as falhas que podem comprometer o trabalho das empresas.

Durante o estudo realizado foi analisado a viabilidade de um plano de contingência para o transportador para a redução das falhas constatadas após a troca parcial de correias, sendo concluída a viabilidade em razão do plano proposto, com apresentação de resultados satisfatórios às necessidades da empresa, demonstrando que as etapas desenvolvidas permitiram agilidade e eficiência em relação ao equipamento danificado.

A compreensão apresentada durante o desenvolvimento do estudo promoveu o aprofundamento em relação aos conceitos e definições do beneficiamento do minério, sendo este realizado em etapas que visam alcançar o padrão de qualidade de comercialização no mercado nacional e internacional de seus produtos. Além do conhecimento referente aos diferentes tipos de correias transportadoras e seus componentes, fundamentando o estudo para a compreensão das ações propostas nesta pesquisa.

Em relação ao desenvolvimento do estudo de caso relacionado à elaboração de um plano de contingência para a troca de correia de um transportador foi possível verificar que, as etapas de desenvolvimento de um projeto são fundamentais para o alcance de seu sucesso.

Dessa maneira, após toda a investigação realizada, bem com o conserto frente aos trechos danificados necessários para a melhoria do fluxo de produção da empresa mineradora, foi possível constatar que às oportunidades apresentadas viabilizam o plano de contingência, uma vez que, ocorre a investigação detalhada de todas as possibilidades de melhorias que contribuam para os objetivos da empresa.

Portanto, a elaboração do plano de contingência precisa ser compreendido como sendo a oportunidade e o processo de otimização frente as operações de manutenção realizadas pelas empresas, possibilitando além da detecção da falha, às oportunidades de reestruturação das atividades realizadas, garantindo melhor segurança, agilidade e confiabilidade em todo o processo de manutenção.

8 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. V. **Utilização da termografia na manutenção de locomotivas e inspeção de vagões**. Dissertação, Revista Ferroviária, 2011.

ALVES, M.A.L. **Transmissões por correias**. Artigo Original. Universidade de São Paulo, SP, 2022. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7887694/mod_resource/content/1/TRANSMISS%C3%B5ES%20POR%20CORREIAS.pdf Acesso em; 15 out. 2023.

ANDRADE, E. J.P. **Estudo da carga circulante elevada na britagem terciária na planta de IB3 na Mina de Alegria (VALE)**. Monografia. Universidade Federal de Ouro Preto, MG, 2010. Disponível em: http://www.ufop.br/demin/arquivos/beneficiamento_mineral/ESTUDO%20DA%20CARGA%20CIRCULANTE%20ELEVADA%20NA%20BRITAGEM%20TERCIARIA%20NA%20PLANTA%20DE%20IB3%20NA%20MINA%20DE%20ALEGRIA.pdf Acesso em 10 ago. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6177: Transportadores contínuos - transportadores de correia - terminologia**. Rio de Janeiro, 1999.

AZEVEDO, E. A. M. GUEDES, E. E. V. **Aplicação da metodologia DMAIC para reduzir o tempo de atendimento em uma loja de materiais elétricos**. Artigo de Revisão, 2019. Disponível em: <http://repositorio.unis.edu.br/bitstream/prefix/1200/1/TCC%20Eduardo%20Augusto%20Ok.pdf> Acesso em: 10 set. 2023.

BRANCO, C. T.N. M.; FIGUEIREDO, J.M.S.; FUJIYAMA, R. T. Dimensionamento de componentes para um enrolador de correias transportadoras visando à melhoria das operações de uma mineradora de bauxita. Artigo de Revisão. *Brazillian Journal of Development*, v.7, n.6, 2021.

CAETANO, M.J.L. **Classificação das correias transportadoras**. Artigo Original, 2022. Disponível em: <https://www.ctborracha.com/borracha-sintese-historica/aplicacoes/correias-transportadoras/classificacao-das-correias-transportadoras/> Acesso em: 10 out. 2023.

CARNIZELLO, D. C. Transportador de correia: componentes e cálculos básicos para seu dimensionamento. Universidade Estadual Paulista (UNESP), 2011.

CONTINENTAL INDUSTRY. **Correias Transportadoras Flexsteel**. 2023. Disponível em: <https://www.continental-industry.com/pt/solutions/conveyor-belt-systems/material-handling/steel-cord-conveyor-belts/products/product-range/flexsteel-belts> Acesso em: 10 ago. 2023.

COSTA, M. A.; FRANCO JÚNIOR, M. R. Análise de alimentadores de correia HDRN segundo seu consumo de energia, as suas variáveis de projeto e a densidade do material. *Revista de Casos e Consultoria*, v.12, n.1, 2021.

CRESWELL, J. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed. 2010.

DALPIAN, H. **O lucro privado da atividade mineradora brasileira enquanto sub-remuneração do Estado**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre, RS, 2018.

DENZIN, N. K. e LINCOLN, Y. S. Introdução: a disciplina e a prática da pesquisa qualitativa. In: DENZIN, N. K. e LINCOLN, Y. S. (Orgs.). **O planejamento da pesquisa qualitativa: teorias e abordagens**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2016.

FERRAZ, P.D. **Estudo de confiabilidade e melhoria de transportadores de correia e calcário em uma fábrica de cimento**. Projeto de Graduação. Universidade de Brasília, UniB, Brasília, 2019.

FERREIRA, P. H. A. **Estudo das contribuições da manutenção centrada na confiabilidade na implementação do perfil de perdas com auxílio do Business Intelligence: o caso da manutenção de equipamentos móveis de uma empresa de mineração**. Monografia. Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, MG, 2021.

GELAIS, M. A. **Cálculo dinâmico de transportadores de correia: uma análise comparativa ao cálculo estático corroborada por medições de campo**. Monografia. Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Belo Horizonte, MG, 2016.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 3ed. São Paulo: Atlas, 2017.

GUASTALA, F. A. **Estudo feito da degradação térmica nas propriedades mecânicas de correias transportadoras operando em alta temperatura**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP, MG, 2013.

GONÇALVES, E. F. O. **A mineração no Brasil. Boletim de produção**. 2 ed. São Paulo: Melhoramento, 2019.

HENFEL. **Acoplamentos hidrodinâmicos com água como meio de acionamento**. 2019. Disponível em: <https://www.henfel.com.br/produtos/acoplamentos-hidrodinamicos> Acesso em: 20 ago. 2023.

JESUS, A.S. **O papel estratégico da função manutenção**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Cruz das Almas, BA, 2015. Disponível em: https://ufrb.edu.br/bcet/components/com_chronoforms5/chronoforms/uploads/tcc/20190314162851_2015.X_TCC_Alisson_De_Jesus__O_Papel_Estratgico_Da_Funo_Manuten.pdf Acesso em 20 out. 2023.

JESUS, W. G. M. **Análise do processo de adequação da usina de Conceição I**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, 2017. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/180143/001070231.pdf?sequence=1> Acesso em: 14 ago. 2023.

LUZ, A. B.; LINS, F. A. F.. **Introdução ao tratamento de minério**. Capítulo 1. CETEM, 6 ed. Brasília, DF, 2018. Disponível em: <https://www.cetem.gov.br/antigo/images/capitulos/2018/capitulo1.pdf> Acesso em: 10 ago. 2023.

MACHADO, I. F. FIGUEIRÔA, S. **História da Mineração Brasileira**. Curitiba: CRV, 2020.

MANUAL DE CORREIAS TRANSPORTADORAS E EMENDAS. **Treinamento Técnico: correias transportadoras e emendas/Correias Mercúrio S/A Indústria e Comércio**. São Paulo: Schoba, 2016.

MERCÚRIO. **Manual de Correias Transportadoras E Emendas**. São Paulo: Schoba, 2016.

MESQUITA, B. R. PEREIRA, C. H. S. FERNANDES, D. F. S. JUDICE, G. H. **Estudo de Manutenção Industrial com Base na Gestão de Processos**. Artigo Científico, 2021. Disponível em:

<https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/18853/1/Estudo%20da%20Manuten%C3%A7%C3%A3o%20Industrial%20com%20Base%20na%20Gest%C3%A3o%20de%20Processos%20.pdf> Acesso em: 20 out. 2023.

MESQUITA, P. P. D.; CARVALHO, P. S. L.; OGANDO, L. D. **Desenvolvimento e inovação em mineração e metais**. Artigo de Revisão, 2021. Disponível em:

https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/9577/2/BS%2043%20Desenvolvimento%20e%20inova%C3%A7%C3%A3o%20em%20minera%C3%A7%C3%A3o%20e%20metais.%20_P_BD.pdf Acesso em: 10 jul. 2023.

MOREIRA, J. C. **Legislação régia em terras minerais: uma análise do processo de exploração de diamantes na Comarca do Serro Frio, 1720 – 1771**. Tese de Doutorado. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, RJ, 2022.

NUNES, G. Z. **Análise de perigos e riscos associados à extração e beneficiamento de carvão mineral**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC. Criciúma, SC, 2011. Disponível em:

<http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/1275/1/Gabriel%20Zappellini%20Nunes.pdf> Acesso em: 12 set. 2023.

OLIVEIRA, P. S. **Elaboração de um plano de lubrificação para maquinário que compõe o processo de corte e solda em uma empresa que atua no setor de embalagens plásticas**. Trabalho de Conclusão de Curso. Centro Universitário do Sul de Minas. Varginha, MG, 2018.

OLIVEIRA, R.T. **Automação em Inspeções de Correias Transportadoras Aplicadas à Mineração**. Monografia. Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP, Ouro Preto, MG, 2019. Disponível em:

https://monografias.ufop.br/bitstream/35400000/2493/1/MONOGRAFIA_Automa%c3%a7%c3%a3oInspe%c3%a7%c3%b5esCorreias.pdf Acesso em: 30 ago. 2023.

risco para planejamento de produção de longo prazo em minas a céu aberto na presença de incerteza de preços. **Jornal do Instituto de Mineração e Metalurgia da África Austral**. v.116, n.3, Joanesburgo, 2016. Disponível em:

http://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2225-62532016000300007

Acesso em: 10 ago. 2023.

RAMOS, P.G.D. **Organização e Gestão da Manutenção Industrial**: aplicação teórico-prática às fábricas Lusitana – Produtos alimentares, S.A. Dissertação de mestrado. Universidade da Beira Interior. Covilhã, Portugal, 2012. Disponível em:

https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/2439/1/Tese_PedroRamos_M3905.pdf Acesso em 15 out. 2023.

REIS, M. V. L. **Avaliação das causas, impactos e alternativas relacionados ao rompimento de barragens convencionais na indústria de mineração.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, SP, 2022. Disponível em: [https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/16110/TG%20Maria%20Vitoria%20Reis%20\(1\).pdf?sequence=1](https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/16110/TG%20Maria%20Vitoria%20Reis%20(1).pdf?sequence=1) Acesso em: 10 set. 2023.

SANTOS, D.; MALAGONI, R. **Projeto de Correias Transportadoras: Um Estudo Computacional de Comparação dos Métodos Cema e Prático.** Rio Grande do Norte, 2014.

SANTOS JÚNIOR, A. A. **Instrumentos financeiros e incentivos fiscais aplicáveis a projetos de controle ambiental no setor de mineração: caso das pedreiras de agregados (brita) da região metropolitana do Recife.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco – UFP, Recife, PE, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/25659/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O%20Amaro%20Agostinho%20dos%20Santos%20Junior.pdf> Acesso em: 10 set. 2023.

SANTOS, R. S. **Manutenção Preventiva e corretiva.** Estudo de Caso: máquinas de envase de manteiga em pote em uma fábrica de laticínio. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia, MG, 2018.

SELEME, R. **Manutenção industrial: mantendo a fábrica em funcionamento.** Curitiba: Intersaberes, 2015.

SILVEIRA, Z.C. **Transmissão flexível: correia/polia.** Elementos de Máquinas. Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo – EESC-USP, São Paulo, SP, 2019. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4654858/mod_resource/content/0/Aula_Correias_Polias_2019.pdf Acesso em: 15 out. 2023.

TEIXEIRA, D.. **Estudo de caso das longarinas de aço do viaduto do BRT da DF 065 do Catetinho.** Gama, 2021.

VIEIRA, M. M. F. e ZOUAIN, D. M. **Pesquisa qualitativa em administração: teoria e prática.** Rio de Janeiro: Editora FGV, 2015.

VIEIRA, J. C. A. O. **A tecnologia do Transportador de Correias de Longa Distância (TCLD) como estratégia do sistema de transporte numa mineradora em Minas Gerais.** Monografia. Universidade Federal de Minas Gerais, MG, 2012. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUBD9GJQ9W/1/monografia_final_josiane_cristiane.pdf Acesso em: 10 set. 2023.