



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO – UFOP

ESCOLA DE MINAS

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA



JOAO PEDRO AMBROSIO

**TÉCNICAS DE INSPEÇÃO EM CORREIAS TRANSPORTADORAS
POR MANUTENÇÃO DE INTEGRIDADE ESTRUTURAL: O CASO DE
UMA INDÚSTRIA DE MINERAÇÃO**

**OURO PRETO - MG
2022**

JOAO PEDRO AMBROSIO
joao.ambrosio1@aluno.ufop.edu.br

**TÉCNICAS DE INSPEÇÃO EM CORREIAS TRANSPORTADORAS
POR MANUTENÇÃO DE INTEGRIDADE ESTRUTURAL: O CASO DE
UMA INDÚSTRIA DE MINERAÇÃO**

Monografia apresentada ao Curso de
Graduação em Engenharia Mecânica
da Universidade Federal de Ouro
Preto como requisito para a obtenção
do título de Engenheiro Mecânico.

Professor orientador: MSc. Sávio Sade Tayer

OURO PRETO – MG
2022

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

A496t Ambrosio, Joao Pedro.

Técnicas de inspeção em correias transportadoras por manutenção de integridade estrutural o caso de uma indústria de mineração.

[manuscrito] / Joao Pedro Ambrosio. - 2022.

74 f.

Orientador: Prof. Me. Savio Tayer.

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

1. Indústria mineral - Finanças - Gestão de ativos. 2. Indústria mineral - Finanças - Integridade estrutural. 3. criticidade. 4. Correias transportadoras - Inspeção. 5. Correias transportadoras - Manutenção. 6. Indústria mineral - Finanças. I. Tayer, Savio. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 621

Bibliotecário(a) Responsável: Maristela Sanches Lima Mesquita - CRB-1716



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
REITORIA
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA



FOLHA DE APROVAÇÃO

Joao Pedro Ambrosio

Técnicas de inspeção em correias transportadoras por manutenção de integridade estrutural: o caso de uma indústria de mineração

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de graduação

Aprovada em 06 de outubro de 2022

Membros da banca

Msc. Sávio Sade Tayer- Orientador UFOP
Dsc. Washington Vieira da Silva - UFOP
Dsc. Diogo Antônio de Souza - UFOP

Sávio Sade Tayer, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 14/10/2022.



Documento assinado eletronicamente por **Sávio Sade Tayer, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 14/10/2022, às 14:55, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0412442** e o código CRC **74B2A5CB**.

Referência: Caso responda este documento, indicar expressamente o Processo nº 23109.014195/2022-86

SEI nº 0412442

R. Diogo de Vasconcelos, 122, - Bairro Pilar Ouro Preto/MG, CEP 35400-000
Telefone: (31)3559-1533 - www.ufop.br

A Deus dedico mais esta etapa vencida.
À minha família, pelo apoio
incondicional, por sempre acreditarem
em mim e me incentivarem. E a todos
que de alguma forma estiveram
presentes em mais essa conquista.

AGRADECIMENTO

Agradeço acima de tudo a Deus pela vida e por me dar forças pra chegar até aqui.

Agradeço também, a todos que participaram e contribuíram de uma das etapas mais importantes da minha vida. Muito aconteceu nesses anos e por nada escolheria estar ao lado de pessoas diferentes.

Aos meus pais, meu porto seguro. Palavras nunca serão suficientes, minha eterna gratidão e admiração.

Ao meu irmão Michel, meu melhor amigo e uma das pessoas mais incríveis que conheço, Sou grato à UFOP, EM, professores e funcionários, pela excelência no ensino.

Ao DEMEC, CAEMEC e Diferencial EJ pelo suporte e formação da minha vida acadêmica.

A vida republicana de Ouro Preto, que me ensinou muito sobre respeito e dedicação as coisas que amo. Em especial a república Pif-Paf.

Ao Washington, pela paciência em transmitir todo o conhecimento que foram base para criação do meu trabalho final de curso.

Ao meu orientador Sávio Sade Tayer, professor diferenciado, pelo incentivo e total disponibilidade na realização deste trabalho.

“Talvez não tenhamos conseguido fazer o melhor. Mas lutamos para que o melhor fosse feito. Não somos o que deveríamos ser, não somos o que iremos ser, mas graças a Deus não somos o que éramos”.

Martin Luther King

RESUMO

AMBROSIO, Joao Pedro. Como técnicas de inspeção de estruturas e correias transportadoras auxiliam na manutenção da integridade estrutural, em um momento de retorno das operações de uma empresa do setor de mineração. 2022. Monografia. Graduação em Engenharia Mecânica. Universidade Federal de Ouro Preto.

O trabalho em questão teve como objetivo apresentar técnicas de inspeção realizadas para detecção de falhas e ser material base para a manutenção da integridade estrutural de correias transportadoras no retorno de operações. O processo ocorreu em uma indústria de mineração, onde surgiu a necessidade de retorno de uma linha de correia transportadora que realizava o transporte de minério, que liga a mina ao local da pilha pulmão, antes desativada. Assim, realizou-se um estudo teórico a respeito de gestão de ativos, integridade estrutural, inspeções, tipos de manutenção, entre outros. Este trabalho tido, por meio de planos e execução de inspeções e manutenção, foi realizado por observação direta e para a coleta de todos os dados foi utilizado planilhas e software interno da empresa. Existe uma deficiência na periodicidade de execução dessas atividades de manutenção dos ativos, evidenciando a necessidade de um processo estruturado de inspeções dentro da organização. As atividades e processos executados, foram adequados de acordo com a empresa e com foco em correias transportadoras, um equipamento de grande valia e criticidade. Com o plano de inspeções foi possível que fossem identificadas mais de 29 atividades a serem executadas, que seguindo o modelo de criticidade do equipamento, foi definido que seriam realizadas em menos de 6 meses. Com a definição do plano de manutenção e início das obras, todos os componentes foram reformados e trocados em um período de 3 meses e a partir disso, o equipamento foi testado e colocado à disposição para operação. Logo, a partir desses novos procedimentos implementados, espera-se que a vida do equipamento seja prolongada e não seja necessário o interrompimento do processo produtivo por mal funcionamento. Com isso, espera-se um ambiente de trabalho mais seguro, redução de custos relacionados a manutenções corretivas, assim como aumento produtivo das operações.

Palavras-chave: gestão de ativos, integridade estrutural, criticidade, inspeções, manutenção.

ABSTRACT

AMBROSIO, Joao Pedro. How inspection techniques of structures and conveyor belts assist in maintaining structural integrity, at a time of return to operations of a company in the mining sector. 2022. Monograph. Mechanical Engineering. Federal University of Ouro Preto.

The study in discussion aimed to present inspection techniques performed for failure detection and to be base material for the maintenance of structural integrity of conveyor belts in the return of operations. The process occurred in a mining industry, where the need arose for the return of a conveyor belt line that performed the transport of ore, which connects the mine to the site of the main pile, previously deactivated. Thus, a theoretical study was conducted regarding asset management, structural integrity, inspections, types of maintenance, among others. This work had, through plans and implementation of inspections and maintenance, was performed by direct observation and to collect all data was used spreadsheets and internal software of the company. There is a deficiency in the periodicity of execution of these asset maintenance activities, evidencing the need for a structured process of inspections within the organization. The executed activities and processes were adequate according to the company and focused on conveyor belts, an equipment of great value and criticality. The inspection plan allowed the identification of more than 29 activities to be performed, which, following the equipment criticality model, were defined to be carried out in less than 6 months. With the definition of the maintenance plan and the beginning of the works, all the components were repaired and replaced in a period of 3 months and from that, the equipment was tested and placed at the disposal for operation. Therefore, from these new implemented procedures, it is expected that the life of the equipment is prolonged and it is not necessary to interrupt the production process due to malfunction. With this, a safer working environment is expected, as well as a reduction in costs related to corrective maintenance, and an increase in the productivity of operations.

Key-words: asset management, structural integrity, criticality, inspections, maintenance.

LISTA DE SIMBOLOS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

NBR – Norma Brasileira de Regulamentação

IE – Integridade Estrutural

REC - Recuperação Estrutural

TAC - Tratamentos Anticorrosivos

ROM - Run of Mine

CEPAL - Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe

ANP - Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustível

SDCD - Sistemas Digitais De Controle Distribuídos

VANT - Veículo Aéreo Não Tripulado

ANAC - Agência Nacional de Aviação Civil

RCM - Manutenção Centrada em Confiabilidade

FLT - Flambagem Lateral por Torção

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - O Círculo Vicioso das Falhas.	28
Figura 2 - Esquema estrutural do Transportador de Correia.	33
Figura 3 - Fluxograma macro do processo de inspeção e manutenção.	39
Figura 4 - Ensaio de dureza.	40
Figura 5 - Pontos críticos evidenciados pela análise estrutural.	41
Figura 6 - Análise estrutural da Torre no software SAP 2000 V14.2.0.	42
Figura 7 - Relatório de Inspeção página 01.	43
Figura 8 - Relatório de Inspeção página 02.	44
Figura 9 - Relatório de Inspeção página 03.	45
Figura 10 - Relatório de Inspeção página 03.	46
Figura 11 - Relatório de Inspeção página 04.	47
Figura 12 - Plano de Manutenção da Correia CV-J2000.	52
Figura 13 - Continuação do Plano de Manutenção da Correia CV-J2000.	53
Figura 14 - Fluxograma esquemático de manutenção.	54
Figura 15 - Fluxograma macro de execução de manutenção na IE.	54
Figura 16 - Itens a serem substituídos/reformados da correia CV-J2000.	55
Figura 17 - Montagem e liberação do andaime estrutural.	56
Figura 18 – Evolução física ilustrativa.	56
Figura 19 - Relatório semanal de atividades.	57
Figura 20 - Substituição de parafusos danificados.	57
Figura 21 - Substituição de parafusos em viga nova. Fonte: Pesquisa direta (2022).	57
Figura 22 - Substituição de vigas danificadas.	61
Figura 23 - Jateamento em estruturas.	61
Figura 24 - Tratamento Anticorrosivo nas estruturas.	61
Figura 25 - TAC nas estruturas.	1
Figura 26 - Aplicação de tinta, no revestimento. Fonte: Pesquisa direta (2022).	1
Figura 27 - Tratamento anticorrosivo em vigas substituídas.	1
Figura 28 - Ilustração geral de itens substituídos.	62
Figura 29 - Estrutura antes da manutenção.	63
Figura 30 - Estrutura da correia após manutenção.	63
Figura 31 - Gráfico de acompanhamento semanal após conclusão de atividades.	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Fluxograma da metodologia utilizada.	32
Tabela 2 - Variáveis e Indicadores	34
Tabela 3 - Tabela de dados inspeção “GUT”.	49
Tabela 4 - Tabela de dados do plano de manutenção e prazo.	50

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
1.1	Formulação do Problema.....	8
1.2	Justificativa.....	11
1.3	Objetivos.....	12
1.3.1	Geral	12
1.3.2	Específicos.....	12
1.4	Estrutura do Trabalho	12
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1	Gestão de Ativos.....	14
2.2	Manutenção	15
2.2.1	Conceito.....	15
2.2.2	Tipos de Manutenção.....	16
2.3	Integridade Estrutural	17
2.4	Inspeção	18
2.4.1	Conceito.....	19
2.4.2	Tipos de inspeção e Ensaio não destrutivos.....	19
2.4.3	Inspeção em Correias Transportadoras ou Máquinas em Balanço.....	24
2.4.4	Inspeção em Estruturas	24
2.5	Falhas.....	25
2.5.1	Conceito.....	25
2.5.2	Mecanismos Causadores de Falhas em Correias Transportadoras.....	26
2.5.3	Sistema de Tratamento de Falhas	27
2.5.4	O Círculo vicioso das falhas.....	27
2.6	Correias Transportadoras (Equipamentos)	28
2.7	Estruturas	29
2.7.1	Estrutura Metálica.....	29
2.8	Considerações Finais	30
3	METODOLOGIA.....	31
3.1	Tipos de Pesquisas.....	31
3.2	Materiais e Métodos	32
3.3	Variáveis de Pesquisa e Indicadores.....	33
3.4	Coleta de Dados.....	34

3.5	Tabulação dos Dados.....	35
3.6	Considerações finais	35
4	RESULTADOS	36
4.1	A Empresa	36
4.2	Classificação de Criticidade dos Ativos Estruturais.....	36
4.3	Plano de Inspeção	38
4.4	Estratégia de Manutenção Estrutural.....	47
4.5	Plano de Manutenção.....	50
4.6	Execução de Manutenções Estruturais	53
4.7	Conclusão da Manutenção e Atividades.....	62
5	CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	64
5.1	Conclusão	64
5.2	Recomendações	64
	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	66

1 INTRODUÇÃO

1.1 Formulação do Problema

A mineração é uma atividade econômica e industrial que consiste na exploração, lavra (extração) e beneficiamento de minérios presentes no subsolo. Com a expansão da globalização e o aumento tido pelo consumo de metais, essa indústria mineral tem crescido em ritmo acelerado, tanto quando se analisa em volume de extração, mas também na quantidade de novas minas que são descobertas e exploradas.

Segundo dados retirados no site governamental Comex Stat (2021), o Minério de Ferro é o principal minério exportado no Brasil e está na 2ª Posição do Ranking dos produtos mais exportados em 2020. O produto é referência para a economia nacional e, ao fim desse ano, teve 12,3% de Participação nas Exportações Totais do Brasil (COMEXSTAT, 2020).

Apesar do expressivo volume de exportações tidas, Borges (2013) mostra como os custos operacionais na mineração vêm aumentando significativamente a cada ano, devido a elevação dos preços com óleo diesel, pneus para os caminhões de grande porte, manutenção e mão de obra especializada e sendo assim, a competitividade do setor está cada vez mais presente para a sobrevivência no setor.

No setor de mineração no Mundo, entre 1990 e 1997, os investimentos cresceram 90%, enquanto na América Latina esse aumento representou cerca de 400% (BEBBINGTON *apud* SCOTTO, 2011). Quando é observado as exportações de produtos de minas e pedreiras, segundo dados da Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL) (2008), provenientes da Argentina, Bolívia, Brasil, Chile, Paraguai e Uruguai mostram que houve um salto de US\$ 20 bilhões, em 2004, para mais US\$ 46 bilhões em 2007 (SCOTTO, 2011).

Um bom exemplo de equipamentos/tecnologias pontuado por Ribeiro (2013), que vem sendo cada vez mais adquiridas e incorporadas pelo setor para reduzir custos é com a utilização de correias transportadoras, que se demonstra extremamente eficaz e com baixo custo operacional.

Essa tecnologia pode operar 24 horas por dia, que demonstra grande vantagens quando comparados aos demais meios de transporte de material e segundo a norma NBR 6177 (2016, p.1), correias transportadoras convencional consiste em:

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 nas condições de projeto, possuindo partes ou regiões características de carregamento e descarga.

Nas empresas de mineração, por exemplo, essa prática é utilizada possuindo longas distâncias de correias para o transporte de minério, sendo aplicada ao transporte de *Run of Mine* (ROM), trabalhando com o transporte de diferentes tipos de materiais (RIBEIRO, 2013). Segundo o mesmo trabalho quantitativo realizado por Ribeiro (2013), o custo de implementação desse tipo de tecnologia, seria aproximadamente US\$10.000,00 por quilômetro, evidenciando a importância do ativo para a empresa.

Existe alguns cenários que possibilitam um mal funcionamento ou perda de um equipamento como esse de alto valor, relacionados ao mal uso, assim como incorreta ou deficiente manutenção. No trabalho de Pannoni (2004) é destacado fenômenos como a corrosão, sendo o principal responsável pela degradação de indústrias, realizado por meio de transformações químicas tidas pelo o contato da estrutura ou equipamento tem com o meio ambiente.

Em um ambiente industrial, o nível de corrosão de acordo com a norma brasileira NBR 6181 (2003), está entre as mais altas, sendo assim, torna urgente que técnicas sejam utilizadas para um maior controle.

Assim como é observado o estudo de caso realizado por Silva (2008), o tratamento dos casos onde o grau de deterioração por corrosão excede o nível aceitável estabelecido pela empresa, envolve a chamada Recuperação Estrutural (REC), ou seja, a substituição completa das áreas mais danificadas por uma nova estrutura com as mesmas características.

Os tratamentos de proteção anticorrosiva são usados quando o metal ainda está em condições de ser usado sem substituição, para retardar o processo de corrosão, que é a principal causa de danos a esses materiais (PROMAR, 2020). Segundo o mesmo, os dois tipos de Tratamentos Anticorrosivos (TAC) principais são:

- Por Jateamento Abrasivo, que é um processo que limpa a superfície das camadas de corrosão e crostas e a prepara para a pintura posterior. Neste processo, os materiais abrasivos (jateamento, óxido de alumínio, contas de vidro, etc.) são aplicados na superfície da estrutura metálica em alta velocidade.

- Por pintura líquida industrial, que é o método de tratamento mais utilizado atualmente e em muitos casos é realizado após o tratamento com jateamento de areia. Consiste em aplicar um revestimento industrial de espessura muito fina (menos de 1 mm) para formar uma película de proteção sobre a estrutura metálica para protegê-la do ambiente corrosivo em que se encontra.

A manutenção é a “combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida”, conforme definido pela norma NBR 5462 (1994, p. 6). Sendo assim, representa fazer o que for necessário com o objetivo de assegurar que determinado equipamento desempenhe a atividade em que foi projetado para executar, no nível de exigência determinada (NBR 5462, 1994).

A manutenção deficiente em um sistema, seja em pequena escala como no incorreto isolamento de fios ou como mencionado por Neto (2018) na incorreta gestão de ativos de grandes usinas e desgaste em correias, pode ter como resultado a perda do ativo ou até mesmo acidentes. Um exemplo de acidente ocorrido por uma má gestão de ativos e deficiente integridade estrutural, ocorreu entre 2 e 3 de dezembro de 1984, na planta Petroquímica de Bhopal, na Índia, que segundo o site governamental brasileiro (GOV, 2014), devido à um enorme corte de gastos, reduziu o efetivo qualificado e sucateou atividades de manutenção, ocasionando falhas técnicas que resultaram em diversas mortes.

A metodologia de avaliação de integridade estrutural está baseada na norma ISO 55001 (2014), gestão de ativos. Generalizando segundo a mesma norma, pode-se dizer que a Análise de Integridade Estrutural é a técnica que viabiliza a Disponibilidade de um ativo, além de possibilitar o conhecimento de sua Criticidade, conferindo assim um elevado Índice de Confiabilidade.

Segundo a ANP (Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustível) (2009, p. 7) integridade seria:

Processo sistemático baseado na inspeção do equipamento, na avaliação das indicações resultantes das inspeções, no exame físico do equipamento por diferentes técnicas, na avaliação dos resultados deste exame, na caracterização por severidade e tipo dos defeitos encontrados, e na verificação da Integridade do equipamento através de análise estrutural.

Analisando este conceito, entende-se a importância da análise de integridade do equipamento por meio de inspeções, que com a utilização técnicas embasadas, conseguem

detectar todas as características do equipamento, detectando qualquer tipo de avaria para propor melhorias.

Na mineração, um ambiente agressivo a utilização dessas técnicas que permitam acompanhamento da vida de um ativo vem se destacando, sendo descobertas inovações e metodologias de detecção que permitem resultados cada vez mais precisos (NETO, 2018)

Diante dos fatores apresentados, em busca da devida gestão de ativos, respeitando e corrigindo os impactos causados na integridade estrutural, surge a seguinte pergunta:

Como técnicas inspeções em estruturas e correias transportadoras auxiliam na manutenção da integridade estrutural?

1.2 Justificativa

Segundo levantamento da Nexa Resources (2021), cerca de 30% da produção mundial de ferro e aço é perdida com a corrosão, e os custos correspondem de 1% a 5% do produto interno bruto (PIB) dos países. Baseado no mesmo artigo (2021), em 2019, por exemplo, no Brasil o equivalente 4% do PIB (R\$ 290 bilhões) foi gastado a com manutenção da corrosão, segundo informou a empresa.

A aderência de procedimentos/métodos que auxiliem na prévia identificação de defeitos e assim, seja feita a manutenção, utilizando de atividades voltadas a integridade estrutural, com tratamento e recuperação de componentes representa uma possível e viável solução para a problemática.

De acordo com Viana (2002) novas tecnologias presentes nos equipamentos visam a garantir produtividade dos processos, exigindo que haja também um planejamento a respeito da disponibilidade dos mesmos, tendo em vista que a inatividade e baixa eficiência não são mais justificáveis nos meios produtivos.

Utilizando esse desgaste por corrosão tido na mineração como exemplo, a realização de um correto trabalho de Recuperação Estrutural (REC) e Tratamento Anticorrosivo (TAC), em um caso de retomada de operações de uma indústria de mineração é extremamente importante quando é objetivado uma maior eficiência na manutenção e com isso, maior disponibilidade e segurança operacional (TAVARES, 1999). Segundo o mesmo, isso só é possível quando as atividades estão diretamente ligadas à uma correta metodologia e técnicas de inspeções.

A Integridade Estrutural está diretamente ligada à processos de manutenção e gestão de ativos e pela definição de Fachinelli e Alberdi (2014), a integridade estrutural pode definir necessidades, coletar, avaliar as ações para a tomada de decisão.

As atividades de inspeções segundo Camila (2007) são muito importantes e devem ser bem definidas ao planejamento estratégico da empresa, com responsabilidades, cronogramas, identificação e análise dos ativos, para que dentre as opções, seja escolhida a solução correta, menos custosa e dessa forma, seja retomado e mantido o processo produtivo com maior agilidade e segurança.

Espera-se que com os procedimentos, critérios escolhidos, cronogramas e resultados, apresentados neste trabalho, sirvam como um estudo esclarecedor e de estímulo as práticas de manutenção junto de inspeções, devido aos benefícios e vantagens no correto cumprimento na gestão dos ativos.

1.3 Objetivos

1.3.1 Geral

Realizar técnicas de inspeções em correias transportadoras e sua estrutura para tomada de decisão na manutenção, para manter a integridade estrutural das operações.

1.3.2 Específicos

- Realizar estudos utilizando bibliografia e conceitos de manutenção, sua evolução e benefícios; conceitualizar falhas, gestão de ativos; e postulando o tema de integridade estrutural; entender técnicas de inspeção, estruturas, correias transportadoras;
- Elaborar plano e cronograma de inspeções e metodologias, levantamento de materiais necessário, medidas de segurança utilizados quando identificados locais inseguros;
- Fazer um estudo de caso, de uma mineradora brasileira, durante a retomada de operações de uma linha de produção desativada e o plano de ação adotado, parâmetros de análise;

1.4 Estrutura do Trabalho

O presente nesse trabalho será realizado em 5 capítulos, seguindo a seguinte estrutura:

O primeiro capítulo tem o intuito de apresentar a formulação do problema, introduzindo o primeiro contato com o assunto tratado; a justificativa para a realização deste trabalho; e os objetivos geral e específicos (o que se deve esperar sobre o trabalho em questão). No segundo capítulo há a fundamentação bibliográfica que visa tratar e avaliar os conceitos através da fundamentação teórica apresentada neste trabalho, tais como gestão de ativos e integridade estrutural, manutenção, técnicas de inspeção.

Em seguida, no terceiro capítulo mostra a metodologia adotada para que se chegasse ao objetivo proposto, bem como todo seu desenvolvimento. Dando sequência, é mostrado o resultado obtido de acordo com a metodologia adotada e com base na pergunta problema proposta no início do trabalho no capítulo quatro. E finalmente no quinto capítulo são apresentadas as conclusões com base nos resultados, os pontos que necessitam de melhorias e as recomendações para trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Gestão de Ativos

Na gestão de Ativos, entendendo a norma ISO 55000-1 (2014) inicia-se um momento no planejamento estratégico dentro das empresas totalmente diferente de antes. Agora existe uma mudança na cultura, com uma concepção de que os Ativos da empresa possuem e podem gerar valor ao negócio. Segundo mesma norma, entende-se que as metas da empresa são realizadas de acordo com os ativos da mesma, sendo assim, a gestão de Ativos integra entre diferentes áreas, seus papéis e responsabilidades.

Em 2004, pela British Standards Institution foi emitido o documento PAS 55 uma vez que existia a necessidade de uma maior padronização sobre a gestão de Ativos, em resposta a demanda da indústria (BSI *apud* MARCO, 2014). Apesar de não ser considerado uma norma, representa 28 requisitos e definições claras e necessárias, com o objetivo de implantar e auditar um sistema de gestão abrangente e otimizado para todo o ciclo de vida de qualquer ativo físico (MARCO, 2014).

A PAS 55-1 (2008) foi dividida de duas formas, com a especialização para a gestão otimizada de ativos físicos e as diretrizes para aplicação do procedimento. Esse procedimento se torna aplicável a qualquer organização em que, para o atingimento dos objetivos da empresa, os ativos físicos são considerados fatores chaves ou críticos (BSI, 2008).

Segundo a NBR ISO 55000 (2014), a Gestão de Ativos tem por definição como uma atividade coordenada de uma organização para obter valor a partir dos Ativos por meio do equilíbrio entre custos, riscos e oportunidades.

Na mesma ISO 55000 (2014) entendemos outros conceitos importantes como:

Um ativo é um item, algo ou entidade que tem valor real ou potencial para uma organização. O valor pode ser tangível ou intangível, financeiro ou não financeiro, e inclui a consideração de riscos e passivos (BSI, 2014).

Sobre o Plano Estratégico de Gestão de Ativos pontuado pela BSI (2014, p.16) tem-se:

Informações documentadas que especificam como converter os objetivos organizacionais em objetivos da gestão de Ativos, a abordagem para o desenvolvimento de planos de gestão de Ativos e o papel do sistema de Gestão de Ativos no apoio à realização dos objetivos dessa Gestão de Ativos.

Por fim, como plano de Gestão de Ativos entende-se por informação documentada que especifica as atividades, recursos e prazos requeridos para um ativo individual, ou um agrupamento de Ativos, atingir objetivos da gestão de Ativos da Organização (BSI, 2014).

2.2 Manutenção

Utilizando estudo de Viana (2002), atualmente com o desenvolvimento de novas tecnologias e com a competitividade do mercado por produtos com menor custo tem proporcionado o surgimento de equipamentos cada vez mais tecnológicos, precisos e eficiente gerando alta produtividade. Os custos conferidos à companhia por inatividade de um instrumento de produção são elevados, por isso empresas desenvolvem estratégias de manutenção para o uso racional e produtivo desses instrumentos (VIANA, 2002).

A manutenção existe para evitar a degradação dos equipamentos e instalações causada pelo desgaste natural em decorrência do uso, a fim de garantir que o desempenho das funções pelas quais o equipamento foi projetado sejam mantidas (XENOS, 1998). A manifestação dessa degradação no decorrer do uso pode ser percebida desde a aparência externa ruim até através de perdas de desempenho por paradas de produção, fabricação de produtos de má qualidade e poluição ambiental (XENOS, 1998).

2.2.1 Conceito

Utilizando a definição de manutenção, derivado do latim *manus tenere*, definido pela NBR 5462 (1994, p. 2) como “um conjunto de ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida”. Monchy (1994), complementa que manter é escolher os meios de prevenir, de corrigir ou renovar segundo a utilização do material e do que é economicamente crítico, afim de otimizar o custo global de propriedade.

A manutenção pode ser considerada como um conjunto de ações conduzidas para substituição, revisão ou modificação de componentes ou grupos identificáveis de componentes de um equipamento (ROSA, 2006). Tudo isto, objetivando que não seja interrompido a operação e disponibilidade em um intervalo de tempo especificado (ROSA, 2006).

2.2.2 Tipos de Manutenção

2.2.2.1 Manutenção Corretiva

Essa manutenção é a mais antiga e segundo Bambilra (2019) é realizada em um momento após a quebra ou mau funcionamento do componente ou equipamento e desta forma representa uma intervenção que chega com o objetivo de corrigir as falhas para que os equipamentos retornem ao que foram projetados para desempenhar, constituindo assim, a forma mais dispendiosa de manutenção quando é analisado por ponto de vista global da manutenção para um sistema.

Utilizando a NBR 5674 (2012, p. 3), mostra que “a Manutenção Corretiva é determinada por serviços de ação ou intervenção imediata a fim de liberar o uso dos sistemas, elementos ou componentes das edificações. Outra função da manutenção corretiva é evitar prejuízos patrimoniais e/ou pessoais aos seus proprietários ou usuários”. Ela pode ser dividida em duas classificações:

Em manutenção corretiva planejada, segundo Pinto e Xavier (2001) é um resultado de um acompanhamento preditivo, detectivo, ou até pela decisão gerencial de se operar até a falha em que a correção seja realizada intencionalmente. Segundo Marques *apud* Bambilra (2010, p. 10), “Esta decisão, para ser eficaz, deve ser baseada em estudos técnico-financeiros. Decide-se pela manutenção corretiva porque, no equipamento ou componente específico, o custo será menor que outros métodos”.

A manutenção corretiva não planejada, para Pinto e Xavier (2001) representa a manutenção agindo de forma impulsiva, atuando no momento de falha do equipamento, sendo a correção aleatória de falhas. Segundo Marques *apud* Bambilra (2010, p. 10), “Caracteriza-se pela ação, sempre após a ocorrência da falha, que é aleatória, e sua adoção leva em conta fatores técnicos e econômicos”.

2.2.2.2 Manutenção Preventiva

A manutenção preventiva e planejada para Costa (2013), tem como objetivo reduzir ou evitar o surgimento das falhas do sistema ou componentes, se dando de forma periódica com a realização de trocas de equipamentos, componentes, avaliação por meio de inspeções de desgastes ou avarias sendo normalmente são programadas seguindo um intervalo específico, como quilometragem, horas de trabalho ou ciclos de operação.

Segundo SLACK *et al* (2002, p. 645), “visa eliminar ou reduzir as probabilidades de falhas por manutenção (limpeza, lubrificação, substituição e verificação) das instalações em intervalos de tempo pré-planejados”

2.2.2.3 Manutenção Preditiva

Essa se trata de uma gestão da manutenção abordada mais recentemente e segundo Pinto e Xavier (2001, p.7), “seu objetivo é prevenirem falhas nos equipamentos ou sistemas através de acompanhamento de parâmetros diversos, permitindo a operação contínua do equipamento pelo maior tempo possível”.

Almeida completa dizendo que (2018, p. 4): “(...) trata-se de um meio de se melhorar a produtividade, a qualidade do produto, o lucro, e a efetividade global de nossas plantas industriais de manufatura e de produção”.

2.2.2.4 Manutenção Detectiva

A manutenção detectiva segundo Pinto e Xavier (2001), consiste na inspeção das funcionalidades ocultas, com o objetivo de detectar a ocorrência de falhas e trata-las. Kardec e Nascif (2009) definem manutenção detectiva como a atuação efetuada em sistemas de proteção, de comando e de controle, buscando detectar falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção.

Esse sistema de detecção apresenta uma crescente tendência na medida que existe uma maior automação das plantas e da utilização de computadores digitais em instrumentação (sistemas digitais de controle distribuídos – SDCCD) (KARDEC e NASCIF, 2009). Segundo mesmos autores (2009), torna importante o treinamento do pessoal, a fim de garantir a confiabilidade e diferente da manutenção preditiva que é necessário o diagnóstico a partir de parâmetros, na manutenção detectiva, o diagnóstico é definido após o processamento das informações colhidas na planta.

2.3 Integridade Estrutural

Na evolução da indústria, o conceito de Integridade Estrutural é extremamente importante que seja aplicado, para o desenvolvimento de novos produtos e tecnologias (CARDOSO, 2018). Tem-se por Integridade Estrutural como um conjunto de metodologias e abordagens que tornam possível uma avaliação objetiva do desempenho estrutural, assim como entender o surgimento de falhas (NBR 6118, 2004). Segundo Medina (2009, p 24):

Diz-se que um componente estrutural está íntegro quando atende às funções para as quais foi projetado, suporta os carregamentos máximos de trabalho, e apresenta um comportamento confiável, previsível e repetitivo por tantos ciclos quanto forem necessários para a sua vida de serviço.

Sendo assim, a Integridade Estrutural (IE) é a metodologia que busca avaliar as estruturas de equipamentos, máquinas instalações e assim estabelecer indicadores indicando risco, necessidades de reparos, reforços, intervenções, entre outras (NBR 6118, 2004).

Através dos conceitos acerca do tema, postulando Silva (2010) entende-se como componente estrutural como qualquer parte, peça ou equipamento que são desenvolvidos para suportar esforços e os exemplos são os mais diversos como travas de pressão nos celulares ou até mesmo, ancoras de navios.

A importância no correto entendimento e estudo de cada componente, permite que esses elementos sejam utilizados de maneira correta, sendo adequados à cada tipo de necessidade e projeto de forma segura (SILVA, 2010).

Acidentes envolvendo componentes estruturais que perderam sua resistência pode ser muito perigoso e é extremamente comum e previsível, sendo assim, uma vez que é feito o correto inspeccionamento do elemento torna possível que seja identificadas necessidades e realizados os devidos procedimentos de manutenção, estendendo assim, a vida útil do mesmo (MEDINA *apud* SILVA, 2010). Segundo Medina (2009, p 24):

A Avaliação de Integridade Estrutural (AIE) é o resultado da aplicação de técnicas e procedimentos que permitem estabelecer a situação de dano de uma estrutura, para prever seu comportamento futuro e indicar suas necessidades de inspeção, monitoração, recuperação e reforço.

A aplicação da Manutenção na Integridade Estrutural de estrategicamente é muito importante para que os esforços sejam direcionados de forma correta e essa estratégia segue uma gestão de risco que tem como objetivo, prevenir falhas e diminuir consequências (MEDINA, 2009). Segundo mesmo autor, com ela é possível que seja tomadas decisões respeitando os recursos, à mão de obra, tempo, assim como outros fatores operacionais com maior precisão.

2.4 Inspeção

Muitas estratégias visam alcançar maior eficiência, disponibilidade e previsibilidade na empresa, o que não seria possível sem o estabelecimento de uma estratégia correta de inspeção e diagnóstico de equipamentos e estruturas. Portanto, diferentes fatores, como o tipo

de estrutura, localização, materiais, entre outros, são levados em consideração (OLIVEIRA, 2019).

Cada particularidade resulta em diferentes formas e procedimentos que devem ser seguidos a fim de realizar uma inspeção adequada e utilizar as informações coletadas para a tomada de decisões (OLIVEIRA, 2019).

2.4.1 Conceito

A inspeção é uma atividade que utiliza métodos e testes específicos preventivos ou preditivos para encontrar falhas, onde procedimentos de inspeção permitem monitorar e avaliar a criticidade das falhas em estruturas e equipamentos e as atividades de manutenção estão diretamente relacionadas à inspeção (OLIVEIRA, 2019).

Segundo Medina (2009), os conceitos de ações corretivas, preventivas e preditivas, bastante associados às atividades de manutenção, podem ser também aplicados à inspeção, sendo uma atividade voltada a prospecção de defeitos.

2.4.2 Tipos de inspeção e Ensaio não destrutivos

2.4.2.1 Ensaio Visual

A inspeção visual é um método de inspeção não destrutivo, mais simples e amplamente utilizado, destinado a avaliar a condição ou propriedades de um componente, estrutura ou solda. É uma técnica simples de realizar em qualquer etapa do processo e não requer nenhum equipamento especial e baixo custo, representando uma das técnicas mais importantes utilizadas para a integridade estrutural das empresas (NBR 315, 2017).

Este tipo de inspeção requer boa visibilidade e condições de luz, bem como experiência na detecção de defeitos, sendo utilizado para verificar alterações dimensionais, acabamento superficial padrão, observação de descontinuidades superficiais, deformações, fissuras, corrosão, entre outras e é assim aplicado a estruturas metálicas, tubagens, maquinagem, pintura, condições externas dos equipamentos e mecanismos, soldaduras, entre outros (NBR 315, 2017).

Normas aplicáveis:

NM 315:2017 – Ensaio não destrutivos – Ensaio Visual – Requisitos e práticas recomendadas.

2.4.2.2 Ensaio por Líquido Penetrante

Este teste é um método de ensaio não destrutivo que permite detectar descontinuidades superficiais em materiais ferrosos e não ferrosos que não são visíveis a olho nu. Os penetrantes são projetados para detectar descontinuidades com uma largura de 0,01 a 1 mm, sendo que o líquido utilizado é uma solução química à base de óleo com corante que pode ser visível ou fluorescente (NBR 334, 2017).

Este líquido, quando aplicado na superfície do material, pode migrar para descontinuidades abertas à superfície, que são absorvidas pela capilaridade, revelando possíveis descontinuidades em materiais ferrosos e não ferrosos, cerâmicos e plásticos, assim como são aplicáveis a peças com geometrias simples e complexas (NBR 334, 2017).

O procedimento para esta inspeção começa com a limpeza da peça e depois o líquido de penetração é aplicado. Passado algum tempo é removido e um novo processo de limpeza e secagem é realizado, após o qual é aplicado um revelador. Após esta etapa, é possível que a inspeção seja concluída (NBR 334, 2017).

Tem a vantagem de ser um processo simples, rápido e econômico que pode ser aplicado a uma ampla gama de materiais e pode ser facilmente adaptado às inspeções de linhas de produção de alto volume (NBR 334, 2017).

Normas aplicáveis:

NM 334:2017 – Ensaio não destrutivo — Líquidos penetrantes — Detecção de descontinuidades.

2.4.2.3 Ensaio por ultrassom

O ensaio por ultrassom é um método não destrutivo destinado a detectar defeitos ou descontinuidades internas em vários tipos ou formas de materiais ferrosos ou não ferrosos (ANDREUCCI, 2014).

Ainda segundo Andreucci (2014), tais defeitos são caracterizados pelo processo de fabricação da peça ou componentes, tais como bolhas de gás em peças fundidas, dupla laminação em produtos laminados, micro fendas em produtos forjados, escória em juntas soldadas e muitos outros.

Como uma técnica amplamente utilizada no campo da integridade estrutural, os testes ultrassônicos de materiais são realizados utilizando ondas mecânicas ou acústicas atuando

sobre o meio a ser testado, ao contrário do método radiográfico, que utiliza ondas eletromagnéticas (NM 335, 2012).

Existem várias técnicas tais como A-Scan, B-Scan e C-Scan e a mais avançada Phased array e Tofd (NM 335, 2012).

O *Phased Array* permite uma melhor rastreabilidade dos resultados, pois tem a vantagem de registrar 100% da inspeção e pode, portanto, substituir a ultrassom tradicional. Outra vantagem é o menor custo em comparação com outros métodos, já que não é necessário fechar a área e interromper as operações (NM 335, 2012).

A tecnologia e a forma de representação, *Time of Flight Diffraction* (TOFD), também têm a vantagem de registrar 100% da inspeção, proporcionando o melhor acompanhamento histórico das inspeções. Além disso, como no caso de *Phased Array*, não há necessidade de fechar a área ou parar serviços/trabalhos, evitando custos desnecessários, sendo assim, este método pode substituir a ultrassom tradicional com algumas vantagens, pois a altura, comprimento e profundidade das descontinuidades são medidas com precisão (NM 335, 2012).

Este tipo de inspeção pode ser usado em soldas, ao inspecionar equipamentos que requerem monitoramento de espessura, ao inspecionar vasos de pressão, entre outros (NM 335, 2012).

Normas aplicáveis:

NM 335:2012 – Ensaios não destrutivos — Ultrassom terminologia.

2.4.2.4 Partículas Magnéticas

É um método de teste não destrutivo que pode detectar descontinuidades de superfície e subsuperfície e fissuras em materiais ferromagnéticos. Neste método, a superfície do aço é magnetizada e são aplicadas partículas de aço fosforescentes. Estas partículas são feitas de pó de ferro ou óxido de ferro (NBR NM ISO 12707, 2019).

Este método de teste é rápido, barato, muito eficiente e simples de usar e tem a grande vantagem de poder ser automatizado, permitindo assim testes em grandes quantidades (NBR NM ISO 12707, 2019).

Normas aplicáveis:

NBR NM ISO 12707:2019 – Ensaios não destrutivo — Partículas Magnéticas — Terminologia

2.4.2.5 Ensaio Radiográfico

A inspeção radiográfica é um método para detectar as características internas e defeitos volumétricos com alta sensibilidade, pois pertence aos testes não-destrutivos. Ele tem como princípio na absorção diferencial de radiação pelos equipamentos, estruturas inspecionadas. No exame radiográfico, são utilizados raios X e raios gama para detectar a presença de descontinuidades internas no material. Esta absorção é detectada através de filmes, tubos de imagem e detectores eletrônicos de radiação. Este filme é chamado de imagem de raio X (NBR 314, 2016).

Este tipo de teste é frequentemente utilizado para testar soldas, materiais fundidos e forjados e tem a vantagem de ser muito móvel devido ao equipamento utilizado (irradiador) (NBR 314, 2016).

Normas aplicáveis:

NBR NM 314:2016 – Ensaios não destrutivo — Radiografia Industrial. — Terminologia

2.4.2.6 Correntes Parasitas

É um método de teste não destrutivo que usa um campo eletromagnético variável e monitorando a interação entre as correntes induzidas e o material, sendo capaz de detectar defeitos volumétricos e consiste essencialmente em induzir correntes elétricas em materiais eletricamente condutores. Neste caso, são detectadas descontinuidades ou as propriedades físico-químicas da amostra (NBR 316, 2007).

A distribuição das correntes em um material eletricamente condutor não é uniforme e a detecção é possível por mudanças no fluxo de correntes parasitas, pela presença de descontinuidades superficiais e subsuperficiais (rachaduras, dobras ou inclusões) e por mudanças nas propriedades físico-químicas ou estrutura do material (composição química, tamanho do grão, dureza, profundidade da camada endurecida, dureza, etc.) (NBR 316, 2007).

Normas aplicáveis:

NBR NM 316:2007 - Ensaios não destrutivos - Correntes parasitas – Terminologia

2.4.2.7 Emissão Acústica

É um método de ensaio não destrutivo baseado na detecção de ondas transitórias geradas pelo processo de degradação do material, sendo que estes sinais ou ondas de tensão são gerados quando o material é mecanicamente tensionado (NBR NM ISSO 18081, 2020).

Este tipo de teste visa detectar fissuras, corrosão, deformação plástica, deformação elástica, vazamentos e arcos elétricos em materiais isolantes. É utilizado em tanques, estruturas metálicas, equipamentos diversos como guindastes e em diversas partes carregadas (sob pressão, tensão) (NBR NM ISSO 18081, 2020).

Esse tipo de ensaio tem objetivo a detecção de trincas, corrosão, deformação plástica, deformação elástica, vazamentos e arcos elétricos em materiais isolantes e é aplicada em tanques, estruturas metálicas, equipamentos diversos como guindastes e em diversas peças em carga (com solicitação de pressão, tensão) (NBR NM ISSO 18081, 2020).

Normas aplicáveis:

NBR NM ISO 18081:2020, Ensaio não destrutivo – Ensaio de Emissão Acústica - Detecção de vazamentos através de emissão acústica

2.4.2.8 VANT – Veículo Aéreo Não Tripulado

Com o desenvolvimento de novas tecnologias, tornou possível a utilização de VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado) para avaliação de estruturas que, segundo a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) (GOV, 2012, p. 2), seriam “aeronaves projetadas para operar sem piloto a bordo que não seja utilizada para fins meramente recreativos. Nesta definição, incluem-se todos os aviões, helicópteros e dirigíveis controláveis nos três eixos, excluindo-se, portanto, os balões tradicionais e os aeromodelos”.

Esta tecnologia tem apoiado inspeções e o desenvolvimento de trabalhos, tornando possível medir com precisão áreas de difícil acesso, monitorar rotineiramente o desenvolvimento de processos de corrosão, defeitos, deformações, etc., e rastrear processos industriais com vídeos e fotos (LOPES, 2020).

Segundo Lopes (2020, p. 22), “a capacidade de voar sem GPS, resistência à chuva, bateria de grande longevidade, iluminação e possibilidade de instalação de uma câmara com rotação de 360°, são uma mais valia quando se utiliza este equipamento em inspeção de estruturas”.

2.4.3 Inspeção em Correias Transportadoras ou Máquinas em Balanço

A inspeção e o diagnóstico dos ativos devem ser realizados em sua totalidade de acordo com os manuais do fabricante, que incluem aspectos de qualidade, meio ambiente, segurança e saúde ocupacional e são indicados no relatório de inspeção. Estes relatórios destacam todas as informações e especificidades e descrevem o procedimento correto de acordo com as regras de procedimento e segurança (FERREIRA, 2021).

Para este tipo de instalações, existem estratégias e focos que devem seguir procedimentos específicos, tais como inspeção visual com controle dimensional das estruturas metálicas primárias e secundárias, verificação da corrosão, deformações, entre outros e inspeção das juntas soldadas e aparafusadas com o objetivo de analisar a integridade das juntas, verificar o grau de corrosão, a aplicação do parafuso selecionado, o torque, entre outros (FERREIRA, 2021).

As inspeções também devem ser realizadas durante as operações de pintura, monitorando todo o processo desde a obtenção da tinta até a verificação da qualidade de aplicação e inspeção dos cabos de aço existentes de acordo com as normas e exame de equipamentos como compressores, tubulações (FERREIRA, 2021).

Além disso, o desempenho de testes complementares monitora estruturas e pontos críticos de esforço e altas tensões onde podem ocorrer rachaduras devido a fadiga ou esforço excessivo, como por exemplo: Estesimetria, acelerômetros (vibração mecânica), deslocamentos, emissões acústicas, entre outros (OLIVEIRA, 2019).

Finalmente, o monitoramento/controle dos intervalos de inspeção deve ser realizado e o histórico de monitoramento arquivado, o que pode ter um impacto positivo sobre a manutenção destas instalações (FERREIRA, 2021).

2.4.4 Inspeção em Estruturas

2.4.4.1 Inspeção em Estruturas Estáticas

A inspeção de estruturas estáticas tem como objetivo identificar qualquer tipo de avaria e a confecção desses planos de inspeção, devem seguir instruções específicas nas normas que apresentam recomendações técnicas, de como se realizar essas inspeções (OLIVEIRA, 2019).

2.4.4.2 Inspeção em Estrutura Civil

Este tipo de inspeção preventiva visa determinar o estado de preservação da estrutura de concreto utilizando diversas técnicas, a mais importante das quais é uma inspeção visual detalhada da estrutura (FERREIRA, 2021).

Utilizando o material de ACI 228.2R (1998), o uso de outras técnicas relacionadas à inspeção visual é importante, pois se limita à avaliação da superfície de concreto. Para Pearson-Kirk (2008), esta associação é necessária para detectar certos processos de deterioração em um estágio inicial e para assegurar um diagnóstico preciso das causas de deterioração.

Com base em CEB Model Code 90 (1993), o intervalo entre inspeções de rotina de edifícios residenciais e comerciais é de dez anos, e cinco e dez anos para edifícios industriais, já para pontes ferroviárias, de autoestradas e rodoviárias, as inspeções devem ser realizadas em intervalos de dois, quatro e seis anos, respectivamente.

Segundo a norma NBR 9452 (1986), pontes e viadutos devem ser inspecionados a intervalos não superior a um ano e para estas e outras estruturas excepcionais (grandes, muito complexas ou com um histórico), uma inspeção especial deve ser realizada dentro de um período não superior a cinco anos. O padrão DNIT 010 (2004) também menciona o mesmo intervalo para a inspeção especial e dois anos para a inspeção de rotina

2.5 Falhas

2.5.1 Conceito

Utilizando a definição encontrada na ABNT NBR 5462 (1994, p.3), tem-se falha como:

Término da capacidade de um item de desempenhar a função requerida. É a diminuição total ou parcial da capacidade de uma peça, componente ou máquina de desempenhar a sua função durante um período de tempo, quando o item deverá ser reparado ou substituído. A falha leva o item a um estado de indisponibilidade.

De acordo com Nascif e Kardec (2012, p. 127) “falha pode ser definida como a cessação da função de um item ou incapacidade de satisfazer a um padrão de desempenho previsto”.

Para Xenos (2014), as falhas devem estar sempre associadas a parâmetros mensuráveis ou indicações claras, para que os critérios de falha não sejam ambíguos.

2.5.2 Mecanismos Causadores de Falhas em Correias Transportadoras

Uma vez que um equipamento é projetado, mesmo quando não está em uso, passa a sofrer interferências e desgastes relacionados ao ambiente, entre outros; e a partir do momento que esse equipamento começa a operar, novos esforços surgem (OLIVEIRA, 2019). Além dessa, a presença humana com a operação, falhas humanas e erros de manipulação com os equipamentos podem comprometer o ativo (OLIVEIRA, 2019).

Com o objetivo de garantir a integridade estrutural do ativo, muitas dessas falhas podem ser retardadas, com uma correta análise de falhas e utilizando técnicas mencionadas nesse trabalho, verificando o histórico e controlando anormalidades (OLIVEIRA, 2019).

Para a integridade e manutenção de estrutura e nos sistemas de transportadoras de correias, faz necessário o correto inspecionamento/monitoramento de todas condições do sistema, identificando possíveis falhas e realizando as devidas interferências nos componentes (OLIVEIRA, 2019). Correias, polias, rolos intermediários, tambores, motores, base civil, etc, todos os elementos devem ser analisados, a fim de evitar corrosão, desgaste abrasivo, ruptura, quebra, entre outros danos (OLIVEIRA, 2019).

2.5.2.1 Corrosão

O termo "corrosão" pode ser usado para perda total, parcial, superficial e estrutural de material e pode definir três tipos de ataque: eletroquímico, químico e eletrolítico (GENTIL, 2003).

Para Nunes e Lobo (1998), a corrosão eletroquímica ocorre através de uma reação oxirredução envolvendo transferência de elétrons, um processo espontâneo que ocorre em um meio aquoso quando um material metálico entra em contato com um eletrólito. Um exemplo deste tipo de corrosão é a formação de ferrugem de ferro, que é causada por um processo oxirredução quando o ferro entra em contato com água.

Gentil (2003) fala sobre a corrosão química que não requer água, mas apenas uma substância química que atua diretamente sobre o material sem transferir elétrons. Este tipo de corrosão também pode ocorrer em polímeros, devido à ação de solventes, agentes oxidantes ou do próprio ambiente; no caso do concreto, fatores contaminantes do ambiente interferem diretamente em sua composição e favorecem uma perda de estabilidade e durabilidade que é potencializada pela ação de vibrações, erosão e variações de temperatura sobre estes materiais (GENTIL, 2003).

A corrosão eletrolítica é um tipo de corrosão que geralmente ocorre em tubos de água, tubos de óleo, tanques de gasolina, linhas telefônicas, entre outros, sendo não espontânea e dependente da passagem de correntes externas que é indesejada e é devida a defeitos na ligação à terra e no isolamento, causando furos no material (FOGAÇA, 2020).

2.5.3 Sistema de Tratamento de Falhas

Para Xenos (1998, p.1) “um sistema de tratamento de falhas é, essencialmente, uma estrutura formal de gerenciamento de informações sobre falhas e das ações subsequentes”.

Segundo Reis (2019, p 13) “a característica marcante desse sistema é que ele permite ir além das ações corretivas, exercitando as equipes de manutenção na busca exaustiva das causas fundamentais das falhas e no estabelecimento de contramedidas eficazes”.

No Japão, a ferramenta 5W2H foi surgida, implementada por profissionais do setor automobilístico, principalmente na etapa de planejamento, objetivando auxiliar a utilização da ferramenta de qualidade PDCA durante estudos sobre a qualidade total (SILVA *et al* ,2013).

É denominado dessa forma devido ao emprego das 7 palavras em inglês What (o quê), Who (quem), Why (por que), Where (onde), When (quando), How (como), e How much (quanto) que, da mesma forma, evidenciam 7 perguntas que respondem aos aspectos básicos e essenciais de um planejamento (SILVA *et al.*,2013)

2.5.4 O Círculo vicioso das falhas

Utilizando o trabalho de Xenos (1998), entende-se que toda falha é sempre indesejável e não pode ser considerada como uma situação rotineira, de forma que não deva ocorrer interferências, sendo que a pior possibilidade para as equipes de manutenção é a ocorrência de falhas nos equipamentos, quando a produção não pode parar.

Para que isso não ocorra faz necessário a identificação das causas fundamentais e dessa forma, planos sejam criados e medidas sejam tomadas de forma personalizadas objetivando evitar a reincidência das falhas e, a medida que este princípio não é incorporado e praticado, cria um círculo vicioso de falhas (XENOS, 1998).

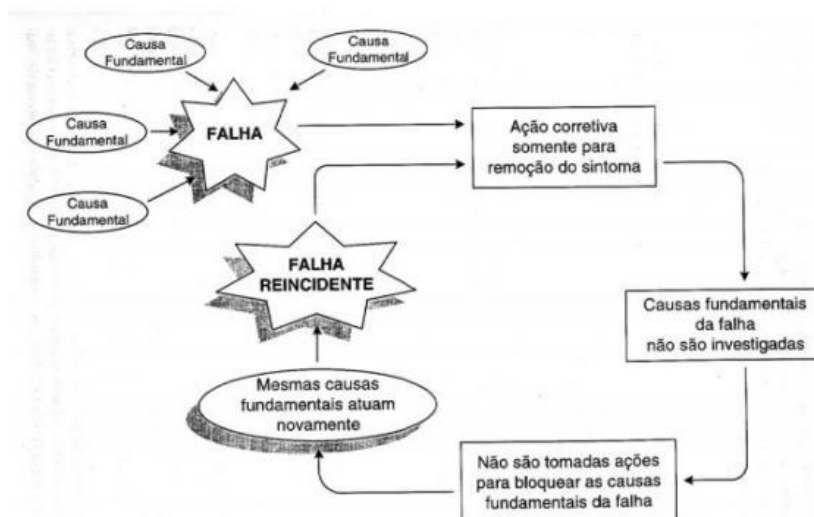


Figura 1 - O Círculo Vicioso das Falhas.

Fonte: Xenos (1998, p. 81).

Analisando a figura 1, torna possível identificar que uma vez que não existe contramedidas para impedir as causas fundamentais, é ocasionado no sistema a reincidência de falhas .

2.6 Correias Transportadoras (Equipamentos)

Segundo a definição apresentada na NBR 6177 (1999, p.1) definimos transportador de correia ou abreviadamente "TC" (*belt conveyor or BC*) como:

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 desloca 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.

As correias transportadoras são equipamentos muito utilizados na área industrial para transporte ou movimentação de materiais por meio de uma correia contínua, que se desloca sobre tambores e roletes com o auxílio de motores (RIBEIRO, 2013). São utilizadas desde em distribuidoras, para transporte de mercadorias leves, como na mineração, transportando inúmeras toneladas de minério. Segundo mesmo trabalho de Ribeiro (2013), a segurança de operação, confiabilidade, versatilidade, entre outras, são vantagens na utilização de correias transportadoras e a utilização desse tipo de equipamento, faz com que a empresa ganhe no desempenho, rapidez e resulta em um menor custo operacional.

No setor minero-metalúrgico, observa-se que as correias transportadoras constituem o meio mais difundido de transporte para grandes quantidades de materiais a granel, reduzindo desta forma, a quantidade de caminhões e o custo deste tipo de serviço (SANTOS e MALAGONI, 2014).

Existem inúmeros tipos de correias e devem ser projetadas personalizadas para cada tipo de atividade de força diferenciada, entendendo as necessidades e identificando qual melhor atende (OLIVEIRA, 2019). Os tipos podem ser divididos em função da sua forma, operação e angulo de inclinação, existindo modelos planos, abaulados, em “U”, tubulares, etc (RIBEIRO, 2013).

Da mesma forma, cada tipo possui formas específicas de desgaste, sendo levado em consideração a atividade, características do material transportado, condições climáticas, condições em que foi instalado, alinhamento entre outras (OLIVEIRA, 2019). Segundo mesmo trabalho de Oliveira (2019), para um correto alinhamento das correias transportadoras, deve ser levada em conta a posição correta de tambores, roletes e acionamentos, assim como a durabilidade e operações corretas das correias dependem diretamente de uma montagem com qualidade.

2.7 Estruturas

2.7.1 Estrutura Metálica

Estrutura metálica é um tipo de sustentação usada na construção em geral que comporta por materiais metálicos, principalmente aço e as utilidades são das mais diversas e estão presentes em projetos de casas, supermercados, centro de distribuições, usinas, hospitais, entre outras (TEIXEIRA, 2021).

Pode ser dito, que esse sistema construtivo é industrializado, uma vez que todas as peças são fabricadas e chegam ao canteiro de obra prontas para montagem (TEIXEIRA, 2021). Segundo o mesmo trabalho de Teixeira (2021), a enorme resistência, versatilidade, rapidez na obra, sustentabilidade, padronização, custo-benefício são as vantagens do uso de estruturas metálicas, e como desvantagens vemos certa vulnerabilidade contra eventos da natureza, a necessidade de mão de obra especializada, possibilidade de corrosão, maior propagação de chamas durante incêndios.

2.8 Considerações Finais

Lições aprendidas com as atividades executadas no passado representam conhecimentos que devem influenciar na tomada de futuras decisões, sendo assim, sejam positivos ou negativos essas atividades devem ser catalogadas (FERREIRA, 2021). Na integridade estrutural das plantas não é diferente. No caso da manutenção da integridade estrutural, lições aprendidas de insucesso que não sejam corretamente registradas e repassadas à frente representam situações de risco e reincidência passíveis de consequências graves (FERREIRA, 2021).

Sendo assim, esse capítulo teve como objetivo mostrar estudos teóricos que servirão de aporte técnico para indicar uma solução para a pergunta problema apresentada anteriormente, envolvendo inspeção, manutenção, integridade estrutural e gestão de ativos, assim como mostrar alguns tipos de estruturas e equipamentos que são utilizadas em ambientes muito agressivos, como na mineração.

3 METODOLOGIA

A metodologia do trabalho é dividida em seis partes. A primeira classifica o tipo de pesquisa, em termos da forma de abordagem, como quantitativa ou qualitativa. A segunda parte apresenta os materiais e métodos utilizados. Usando esta metodologia, a terceira parte apresenta as variáveis de pesquisa e indicadores. Na quarta parte, apresenta a coleta de dados, que foram feitos em 2021. Na quinta parte é realizada a tabulação dos dados e, finalmente, a sexta e última parte contém algumas reflexões conclusivas sobre a metodologia utilizada.

3.1 Tipos de Pesquisas

Na perspectiva de Barros (1990, p. 14), a pesquisa é:

[...] a exploração, é a inquirição, é o procedimento sistemático e intensivo, que tem por objetivo descobrir e interpretar os fatos que estão inseridos em uma determinada realidade. A pesquisa é definida como uma forma de estudo de um objeto. Este estudo é sistemático e realizado com a finalidade de incorporar os resultados obtidos em expressões comunicáveis e comprovadas aos níveis do conhecimento obtido.

Segundo Gil (2002), a pesquisa pode ser definida como o procedimento racional e sistemático que tem intenção em trazer respostas aos problemas que nos são propostos. Ainda segundo o mesmo autor (2002, p. 17), “a pesquisa é requerida quando não se dispõe de informação suficiente para responder ao problema, ou então quando a informação disponível se encontra em tal estado de desordem que não possa ser adequadamente relacionada ao problema”.

As pesquisas ainda podem ser classificadas como: exploratórias, descritivas ou explicativas (GIL, 2002). O tipo de pesquisa exploratória busca responder a determinado tema proposto, sendo tal tema, na maior parte das vezes, um estudo de caso, onde as fontes (sejam elas bibliográficas ou conseguidas por meio de entrevistas e dar embasamento ao assunto abordado), e o pesquisador, após um processo de sondagem e aprimoramento de ideias, irá concluir com hipóteses o trabalho (RICHARDSON, 1999).

Para as pesquisas descritivas é realizado, basicamente uma pesquisa para coleta de dados, que através de alguns métodos e critério, tem como objetivo oferecer informações e orientar a formulação de hipóteses do caso.

Já a pesquisa explicativa, pode acontecer até mesmo posterior à uma pesquisa descritiva, já que esta, precisa de alguns dados prévios. Esse tipo de pesquisa, tem como

objetivo identificar as causas dos acontecimentos e trazer uma explicação sobre o porquê de terem acontecidos.

Com base nos conceitos trabalhados anteriormente, para a realização desse trabalho é entendido que o mesmo se trata de uma pesquisa exploratória (qualitativa). Análise de dados, pesquisas em documentos e bibliografias, análises numéricas e um caráter exploratório são bases e caminho para o objetivo proposto de analisar e criar um plano de inspecionamento para atestar integridade estrutural dos equipamentos de uma empresa de mineração.

3.2 Materiais e Métodos

O estudo abordado nesse trabalho, exemplificado na tabela 1, mostra alguns passos sequenciados que foram seguidos, com o auxílio do material estudado na revisão bibliográfica até que chegasse a uma determinada conclusão.

Tabela 1 - Fluxograma da metodologia utilizada.

Etapas da Realização do Estudo de Caso	
1ª	Definição do conceitual teórico
2ª	Coleta de dados
3ª	Análise dos dados
4ª	Realização de relatório e proposta de melhoria de integridade estrutural

Fonte: Pesquisa direta (2022)

Ilustrado pela tabela 1, na definição do conceitual teórico, foi tomado como base a revisão bibliográfica, pautando principais tópicos de inspeções, manutenção, integridade estrutural, gestão de ativos, com a utilização de livros, artigos, dissertações e outras pesquisas, será levantado o melhor caminho para levantamento dos dados necessários.

Para a coleta de dados será utilizado um estudo de caso, tido em estruturas e equipamentos de uma indústria de mineração, que permite identificar os parâmetros, ambiente e necessidades. Os dados coletados, durante o período dessa pesquisa, foram feitos de forma singular no equipamento como um todo.

Na análise de dados, o conhecimento gerado pelas técnicas de coleta de dados, somado a visão crítica tornou possível que fosse desenvolvido uma proposta de melhoria por meio de indicadores de performance. Na gestão de ativos, com foco em ativos estruturais e na integridade estrutural, esses indicadores tornaram possível que fosse identificado as causas raízes, identificados os métodos de melhor custo-benefício para inspecionamento e, dessa forma, o ativo pudesse ser encaminhado para o tipo de manutenção mais indicado.

Antes que fosse determinado e realizado o laudo, indicando sua integridade é de extrema importância que fosse realizado um estudo amplo do ativo como um todo. Todos os sub elementos da correia e estrutura, como observados na figura 2, devem e foram estudados.

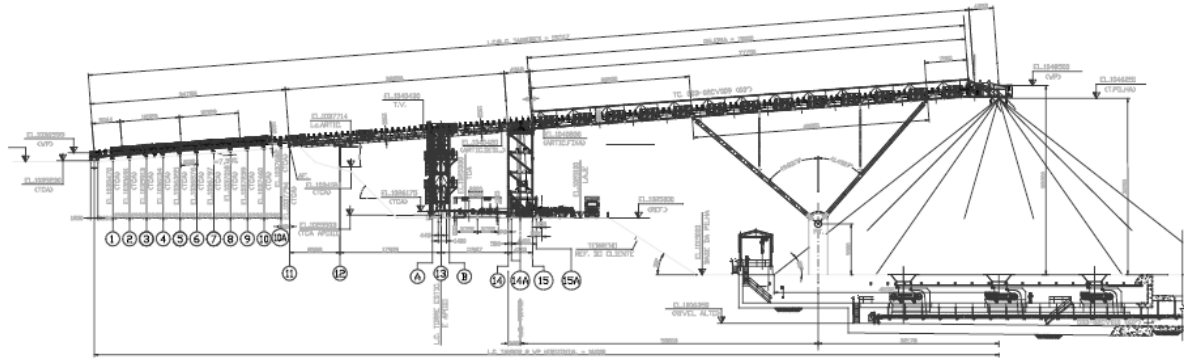


Figura 2 - Esquema estrutural do Transportador de Correia.

Fonte: Pesquisa Direta (2022).

A figura 2 mostra um desenho técnico de uma correia transportador, que torna possível observar todos os elementos principais e formas de construção.

Nesse estudo e para análise estrutural da torre e do suporte foi realizado uma verificação estrutural, com modelo numérico e carregamentos, utilizando o software SAP2000 V14.2.0. Carga, temperatura, força de vento, torção, fator de segurança, área, altura, material, tudo foi levado em consideração.

Por fim, após toda a pesquisa realizada e com todos os dados coletados, tornará possível a realização de um relatório, que de forma cuidadosa tornará possível evidenciar as informações obtidas com proposta de melhoria de integridade estrutural

3.3 Variáveis de Pesquisa e Indicadores

Uma variável, afirmam Lakatos e Marconi (2005, p. 139), “pode ser considerada como uma classificação ou medida; uma quantidade que varia; um conceito operacional, que contém ou apresenta valores; aspecto, propriedade ou fator, discernível em um objeto de estudo e passível de mensuração”. Um indicador é um elemento que tem a tarefa de dizer algo a alguém. Desta forma, o desempenho de cada atividade pode ser mostrado para que objetivos possam ser definidos e decisões seguras possam ser tomadas.

Indicadores de desempenho para avaliar as causas, indicadores de qualidade para avaliar os impactos e resultados dos processos de produção (TACHIZAWA *et al*, 2003).

Postulando Tadashi e Flores (1997), o objetivo dos indicadores é representar quantitativamente as características dos processos e permitir a melhoria do desempenho e da qualidade dos produtos ao longo do tempo.

Para Gil (2002), a classificação como um estudo ex-post-facto é feita quando o estudo tem as características de uma pesquisa experimental, mas é realizado após o fato já ter ocorrido, tornando impossível manipular e controlar as variáveis. Portanto, para a pesquisa realizada neste trabalho, é interessante entender o que acontece após o fato e aprender com a experiência, mas sobretudo realizar uma investigação prévia a fim de evitar qualquer incidente.

Em observância aos conceitos apresentados acima, o trabalho realizado em como variáveis e indicadores os dados mostrados a seguir pela tabela 2.

Tabela 2 - Variáveis e Indicadores

Variáveis	Indicadores
Plano de inspeção	Inventários de ativos estruturais Classificação de criticidade Estratégia de inspeção estrutural Execução das inspeções estruturais

Fonte: Pesquisa Direta (2022)

3.4 Coleta de Dados

O estudo realizado nesse trabalho, segue os passos que serão abordados em seguida, com uma definição e metodologia de coleta de dados;

A coleta de dados, fundamentou-se em pesquisas bibliográficas (por meio de livros, sites, trabalhos de conclusão de curso, dissertações e teses) bem como em levantamento de campo. Também foram consultados documentos de empresas do setor de mineração. Os registros utilizados estavam em formatos de textos (PDF e Microsoft Word) e tabelas (Microsoft Excel e MS Project).

Para complementar, foi realizado uma pesquisa na área junto daqueles que trabalham diretamente na inspeção de transportadores de correias e estruturas, com o objetivo de entender pontos de vistas diferentes e compreender temas centrais sobre essas atividades.

Para Vianna (2012), as informações buscadas permeiam o tema em estudo e os temas centrais da vida do respondente, estimulando a interação e preparando perguntas. Seguindo as diretrizes da metodologia *Design Thinking*, o entrevistador deve encorajar o participante a explicar o porquê destas narrativas para que se possa entender o significado do que está sendo dito (VIANNA, 2012).

Complementando essa fase da coleta de dados, um método bastante utilizado foi o dos “5 Porquês” para descrever a natureza do problema e avaliar as causas raízes com essa metodologia que é baseada em técnicas de repetição.

Todo o material foi coletado do período do mês de junho de 2022 à agosto de 2022, com a utilização dos métodos de inspeção e ensaios mencionados nesse trabalho, sendo base para criação e execução de plano de manutenção para o retorno das atividades da correia transportadora, presando a segurança das pessoas que trabalham no local e mantendo processo produtivo.

Inspeção visual, topográfica, inspeção por Líquido Penetrantes, utilização de VANTs, foram tecnologias necessários e os resultados, são base fundamental para que, com uma visão crítica e tabelas comparativas de parâmetros, decisões pudessem ter sido tomadas.

3.5 Tabulação dos Dados

Para a tubulação de todos os dados apresentados nesse trabalho, foi utilizado de softwares como Microsoft Excel, por meio de tabelas, e Microsoft Word, para os arquivos de texto.

3.6 Considerações finais

Na construção desse capítulo, foi apresentado como foi realizado a pesquisa, com os materiais, métodos utilizados para encontrá-los, variáveis e indicadores e alguns pontos que foram relevantes para todo esse processo. No capítulo seguinte, será apresentado os resultados tidos ao longo dessa pesquisa e as discussões relacionadas ao que foi proposto como projeto/atividades de implementação.

4 RESULTADOS

4.1 A Empresa

A empresa é uma *Joint Venture* de capital fechado do ramo de Mineração, localizada no interior de Minas Gerais e Espírito Santo. O Produto principal são pelotas de minério de ferro que é utilizado pela indústria siderúrgica como matéria prima para produção de aço.

A produção das pelotas é feita pela extração do minério de ferro de baixo teor passando por uma longa cadeia de processos e logística que visam garantir a máxima produtividade, que também a torna um diferencial, uma vez que em um mercado cada vez mais competitivo, reduções de custo muitas vezes representa a sobrevivência de um negócio.

Mesmo com a excelência na produção a empresa enfrenta desafios diários com a logística. A extração do minério de ferro é realizada de forma dinâmica, uma vez que com a extração a frente de trabalho fica em diferentes pontos e acessos. Somado a esse fator e à crescente no preço dos *commodities* como combustíveis, tecnologias vêm sendo adotadas para tornar o processo menos custoso, como adoção de correias transportadoras.

Esse tipo de equipamento vem sendo amplamente utilizado tanto nas primeiras etapas do processo com o material bruto, no transporte do material estéril às pilhas de rejeito, como no produto final das pelotas ferro ao porto, apresentando grande efetividade e versatilidade.

Com essa utilização e importância no processo, a necessidade de uma previsibilidade e tratamento de falhas se tornou de grande relevância e sendo assim, a proposta é criar um plano de inspeção e manutenção preventiva que possa atestar a disponibilidade dos equipamentos, garantindo assim, maior confiabilidade na produção.

4.2 Classificação de Criticidade dos Ativos Estruturais

A metodologia de Gestão de Ativos permite estabelecer critérios para qualificar, baseado no processo e função que um ativo está desempenhando, a criticidade do mesmo para uma organização.

A criticidade é utilizada com o objetivo de entender a importância que um ativo tem para executar os objetivos estipulados pela empresa, na medida que em muitos casos, as consequências da falha do mesmo podem impactar seriamente na organização como um todo, como escassez de insumos, danos em equipamentos vizinhos e até na parada de operação.

Para que seja determinado a criticidade é necessário que seja considerado todos os aspectos relevantes da produção de uma empresa e a partir dessa, torna um ponto de partida para várias ações como planos de manutenção e priorização, inspeções, aquisição de partes sobressalentes e aumento do nível de inventário, entre outros.

O ativo de estudo desse trabalho é uma correia transportadora, de código CV-J2000, que será mobilizado para receber o minério da mina e enviar para a pilha pulmão. A fim de aumentar a confiabilidade operativa dessa correia, o que é uma condição imprescindível para reduzir as ocorrências de parada de linha é estabelecido critérios para qualificar em níveis a condição e a criticidade no geral das partes ou equipamento.

No caso dessa empresa é utilizado quatro níveis para determinar a criticidade do ativo:

1. Muito Alta (A): São ativos que interrompem o processo de produção ou reduzem a capacidade de produção quando ocorre uma falha, afetando assim nos custos operacionais e/ou na qualidade do serviço, assim como oferecem risco direto a vida ou saúde humana.

Estes devem ter um monitoramento contínuo através de medição online em tempo real das condições de operação e variáveis que caracterizam o desempenho e a integridade da instalação. Na impossibilidade do monitoramento online, o equipamento deve ser registrado e analisado off-line (sistematicamente) em intervalos de 15 dias.

2. Alta (B): Assim como o nível A, esses são ativos que também interrompem o processo de produção ou reduzem a capacidade de produção, mas não tem relação direta com a exposição humana.

É necessário um monitoramento de forma continua e de preferência online não sendo necessário que seja em tempo real. Na medida que não seja possível a coleta dos dados online, deve ser adotado uma coleta de dados com um intervalo de 30 dias,

3. Média (C): Ativos que são importantes para o processo de produção, mas que não causam interrupções críticas do negócio em caso de falha, ou seja, a perda causada ainda é recuperável.

Para esse nível de criticidade, deve ser adotado um monitoramento das condições com um intervalo de 45 dias, registrando todo o histórico e acompanhando linhas de tendencia.

4. Baixa (D): São ativos que são necessários para o processo de produção, mas quando ocorre uma falha, não afetam o processo em geral, não causam interrupções em termos de qualidade do produto e não incorrem em custos de manutenção regulares.

Este, representa um nível de criticidade onde os equipamentos devem ter uma inspeção periódica sensitiva com o objetivo de otimizar os recursos destinados a manutenção.

O equipamento CV-J2000 foi classificada com criticidade nível B, sendo que exercerá uma atividade de muita importância para a organização, se tornando o único alimentador da pilha pulmão. Com sua parada, faz necessário a mobilização urgente de frota de caminhões para exercer a mesma tarefa e caso essa resposta for demorada, pode causar até mesmo parada momentânea de operações.

4.3 Plano de Inspeção

As inspeções, realizadas através de uma série de procedimentos e diretrizes a serem seguidos, servem como um guia prático e norte, permitindo que sejam identificados previamente quaisquer tipos de problema em potencial, implicações ou avaria.

As técnicas são diretamente ligadas ao nível de criticidade da peça, equipamento ou atividade em questão, sendo de extrema importância o entendimento de cada um. A estratégia de monitoramento para cada grupo de ativo é traçada com direcionamento da Engenharia de Confiabilidade, por meio de estudos da Manutenção Centrada em Confiabilidade (RCM).

Para correias transportadoras deve ser realizado o mesmo estudo, identificando todas suas particularidades e o ambiente em que está inserido. É possível que a mesma correia, de mesma dimensão e características físicas, por ser mobilizada para outra atividade, ganhar níveis de criticidade diferente e assim, novos planos de inspeção.

Para elaboração dos planos de inspeção foi necessário o mapeamento dos ativos fazendo uma análise dos documentos, desenhos de projeto, para que assim fosse possível identificar as atividades que foram executadas na inspeção.

Todo o processo de inspeção e manutenção dentro da organização, seguem o desenho fluxograma demonstrado na figura 3.

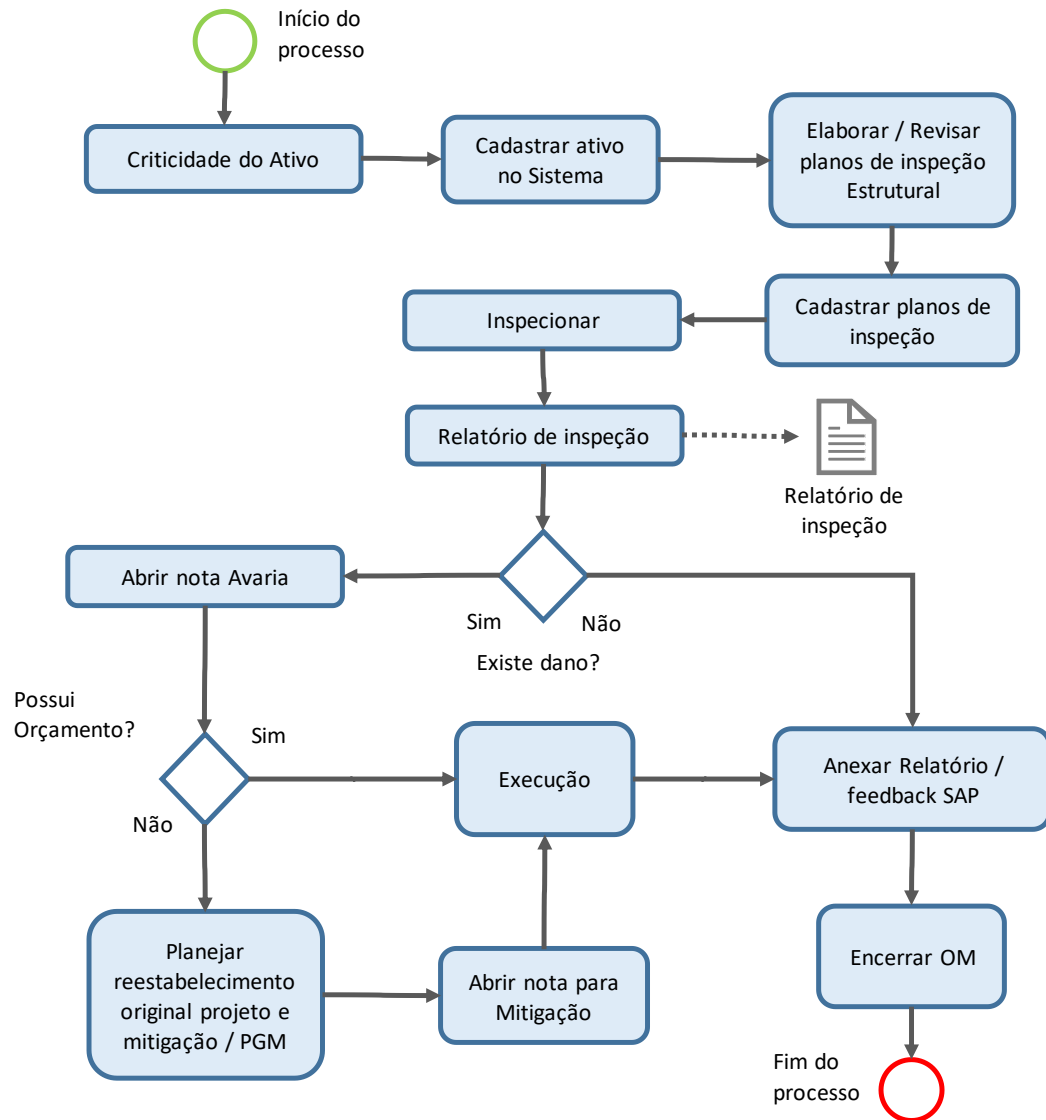


Figura 3 - Fluxograma macro do processo de inspeção e manutenção.
Fonte: Pesquisa direta (2022).

O fluxograma apresentado na Figura 3 mostra todo o processo de inspeção e manutenção com suas entradas e saídas, tornando mais claro de ser entendido e instrutivo. Esse fluxograma permite entender propostas de melhoria baseada em orçamento, assim como a importância de se arquivar informações para futuras necessidades.

Os tipos de ensaio e níveis de qualidade requerido à cada teste é delimitado pelo engenheiro e técnicos da estrutura e equipamentos responsáveis, sendo que os critérios de aceitação são definidos previamente à realização do trabalho e as patologias detectadas são avaliadas com base nas normas vigentes e especificações dos equipamentos.

Todas as lesões visíveis devem ser relatadas e registradas no relatório de inspeção com o uso de fotografias e suas descrições. As lesões encontradas devem ser identificadas por uma marca industrial na própria peça ou local. A área inspecionada deve ser identificada por meio

de um esboço ou fotografia anexada ao relatório, com quaisquer e necessárias instruções sobre a designação da área inspecionada e sua localização.

Na correia CV-J2000, foi realizada uma série de técnicas de inspeção e ensaios não destrutivos, sendo que uma delas é a técnica de ensaio de dureza, ilustrado pela figura 4.



Figura 4 - Ensaio de dureza.
Fonte: Pesquisa direta (2022).

A figura 4 mostra um teste de dureza de acordo com a norma ASTM A370-17, relacionando os valores obtidos com os limites de resistência do aço. Os valores determinados mostram que o material da coluna não perdeu resistência e o perfil não precisa ser substituído, mas precisa ser reforçado, conforme foi sinalizado no desenho técnico presente na figura 5.

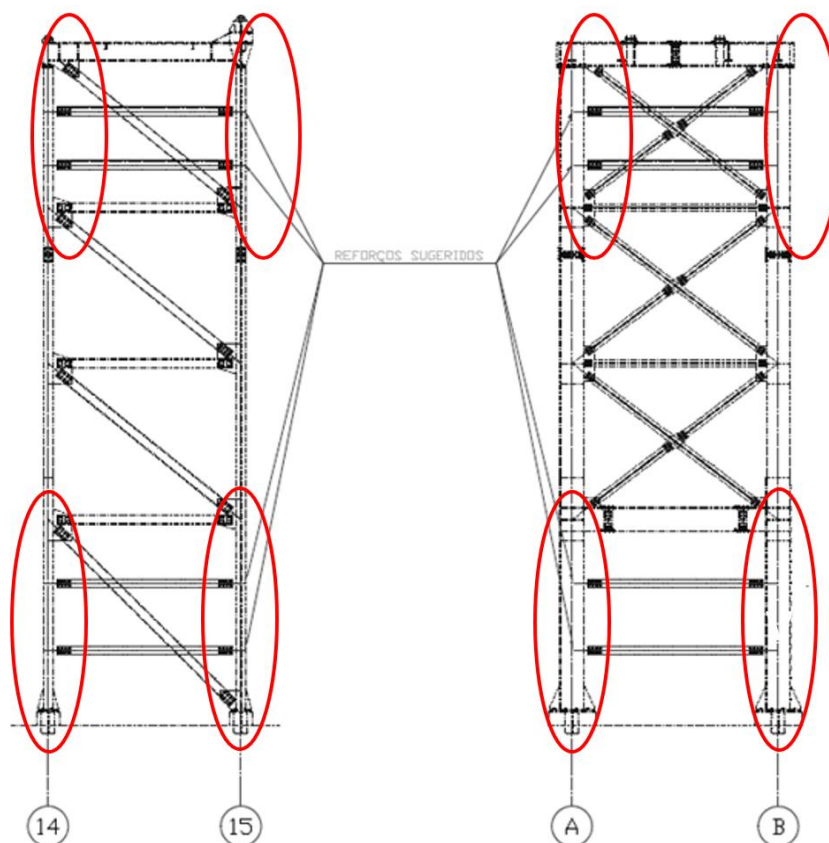


Figura 5 - Pontos críticos evidenciados pela análise estrutural.
Fonte: Pesquisa direta (2022).

A figura 5 apresenta as vigas que devem ser substituídas para mitigação da falha por FLT. Foi recomendado reforço nas colunas aumentando a inercia à torção e para isso, como solução de menor complexidade e tempo de execução, foi objetivado em transformar o perfil I em uma caixa metálica nos trechos das colunas que apresentam falha, no primeiro e último nível.

O mapeamento de danos é realizado com base em desenhos e esboços com referência aos planos de construção da estrutura ou, se não houver planos de construção disponíveis, com referência às plantas baixas e elevações. Estes relatórios devem se referir a cada edifício, planta e equipamento de cada unidade, ser arquivados, ser rastreáveis na descrição técnica, ser acessíveis em caso de intervenções na estrutura e mostrar a respectiva classificação e tipo de intervenção.

Utilizando os dados coletados pela inspeção por ensaio de dureza, utilizou-se de softwares para fazer uma análise mais precisa dos resultados, demonstrado pela figura 6.

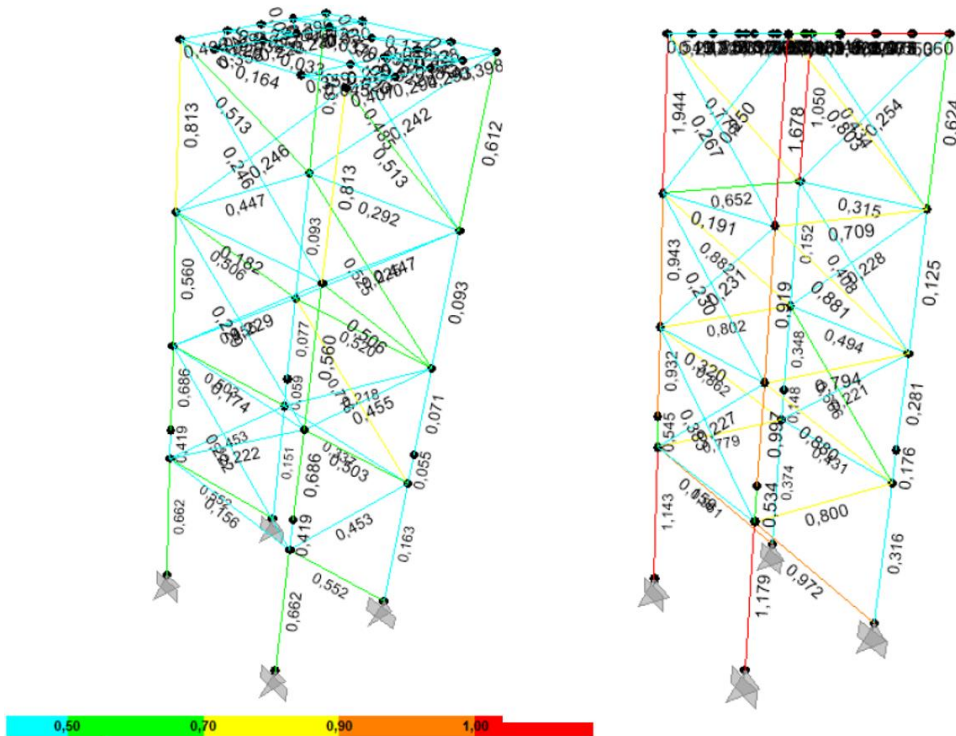


Figura 6 - Análise estrutural da Torre no software SAP 2000 V14.2.0.
Fonte: Pesquisa direta (2022).

Após a análise estrutural da torre utilizando o modelo numérico e cargas no software SAP 2000 V14.2.0, ilustrado pela figura 6, ficou claro que as colunas da torre haviam desenvolvido um momento de flexão significativo devido às deformações. Este momento pode causar a falha das colunas devido ao FLT (Flambagem Lateral por Torção).

Sendo assim, entendendo todos os passos a serem seguidos, realizados na inspeção da correia CV-J2000, foi registrado todas as atividades e necessidades em relatório descrito nas figuras 7, 8, 9, 10 e 11 que mostram as quatro páginas do relatório.

A primeira parte do relatório de inspeção, ilustrada na figura 7, traz muitos dados de identificação do equipamento, referenciando o local, desenhos técnicos, tipos de elementos, potencial de risco entre várias outras informações.

RELATÓRIO DE INSPEÇÃO					RT: XXXXXXXX.XXXXXX/XX	
					Revisão: 1	
					Data: 02/06/2022	
Área	Sub-área		Local de Instalação	Procedimento de Inspeção		
CONCENTRADOR 3	MINA SUL			T000000-S-2PO001_R01		
Equipamento	TAG	Desenho Geral	Desenho de Montagem	Nota TAC: 11069020	Total TAC (m ²)	119,0
TRANSP. CORREIA	CV-J2000			Nota REC: 11069023	Total REC (Kg)	11016,6
1 - CLASSIFICAÇÃO DO EQUIPAMENTO E RESUMO						
Tipos de Elementos	Severidade do Dano	Potencial de Risco	Classe	Data Limite de Manutenção	Indic ação	
Estrutural	1	A	1	02/12/2022		
B z Miscelânea	1	A	1	02/12/2022		
2 - DESCRIÇÃO DOS ASPECTOS GERAIS DO EQUIPAMENTO						
2.1 Descrição das características da estrutura						
Transportador de Correia CV-J2000 (60") localizado Mina Sul, montado em ponte e galeria sobre pilares e colunas ancoradas por chumbadores em bases de concreto, apresenta uma estrutura treliçada de seção retangular. O sistema é composto por chutes de carregamento, transportador de correia, casa de transferência, torre de esticamento e torre de ancoragem. A estrutura de sustentação é formada por perfis laminados tipo HP, W, L, barras chatas, chapas e chumbadores em ASTM A 36 e A 572 Gr 50; as ligações parafusadas em ASTM A 325 galvanizados; e as ligações soldadas em conformidade com AWS D1.1.						
2.2 - Descrição dos serviços realizados no equipamento						
Inspeção visual, dimensional e avaliação de risco das estruturas de concreto e metálica de sustentação do transportador de correia CV-J2000(60") localizado Mina Sul - Unidade MG, em atendimento à solicitação da gerencia. Identificação de anomalias, classificação de prioridades das intervenções da manutenção, seja TAC – Tratamento Anticorrosivo ou REC – Recuperação Estrutural. Cálculo de área e peso, e especificação de elementos estruturais. Os registros das inspeções realizadas com a identificação, descrição e localização das anomalias, especificação e dimensionamento dos elementos estruturais, e recomendações de intervenções de manutenção estão detalhadas nas planilhas, fotografias e desenhos presentes neste relatório.						

Figura 7 - Relatório de Inspeção página 01.
Fonte: Pesquisa direta (2022).

A partir dessa, ilustrado pela figura 7, começa a ser descrito todas as características apresentadas pela estrutura e serviços realizados de inspeção, que trouxeram resultados que são detalhados no mesmo relatório, em outras páginas.

A segunda página desse relatório, como é possível ver pela figura 8, traz novos dados e os ilustra com fotografias.

RELATÓRIO DE INSPEÇÃO	
RT:	XXXXXXXX.XX XXX/XX
Revisão:	1
Data:	02/06/2022
2.3 - Identificação das causas das anomalias encontradas	
Queima da pintura, oxidação leve e deformação de elementos da estrutura de aço em decorrência das altas temperaturas provocadas por um incêndio. Também em função das altas temperaturas é possível que os parafusos em ASTM A 325, que são temperados, tenham perdido resistência mecânica por recozimento do aço carbono.	
2.4 - Aspectos identificados na inspeção de campo	
Queima da pintura. Oxidação leve de substrato metálico. Deformação de elementos estruturais. Recozimento de elementos de fixação. Deposição de fuligem.	
	
Foto panorâmica do Transportador de Correia CV-J2000. Região torre de ancoragem.	

Figura 8 - Relatório de Inspeção página 02.
Fonte: Pesquisa direta (2022).

Nessa segunda página parte do relatório de inspeção, ilustrada na figura 8, tem-se a identificação das causas das anomalias encontradas e alguns aspectos identificados na inspeção de campo, sendo ilustrado utilizando fotos panorâmicas do transportador de correia por meio de VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado).

A terceira página desse relatório foi utilizada com frequência para execução das atividades corretamente, observado na figura 9.

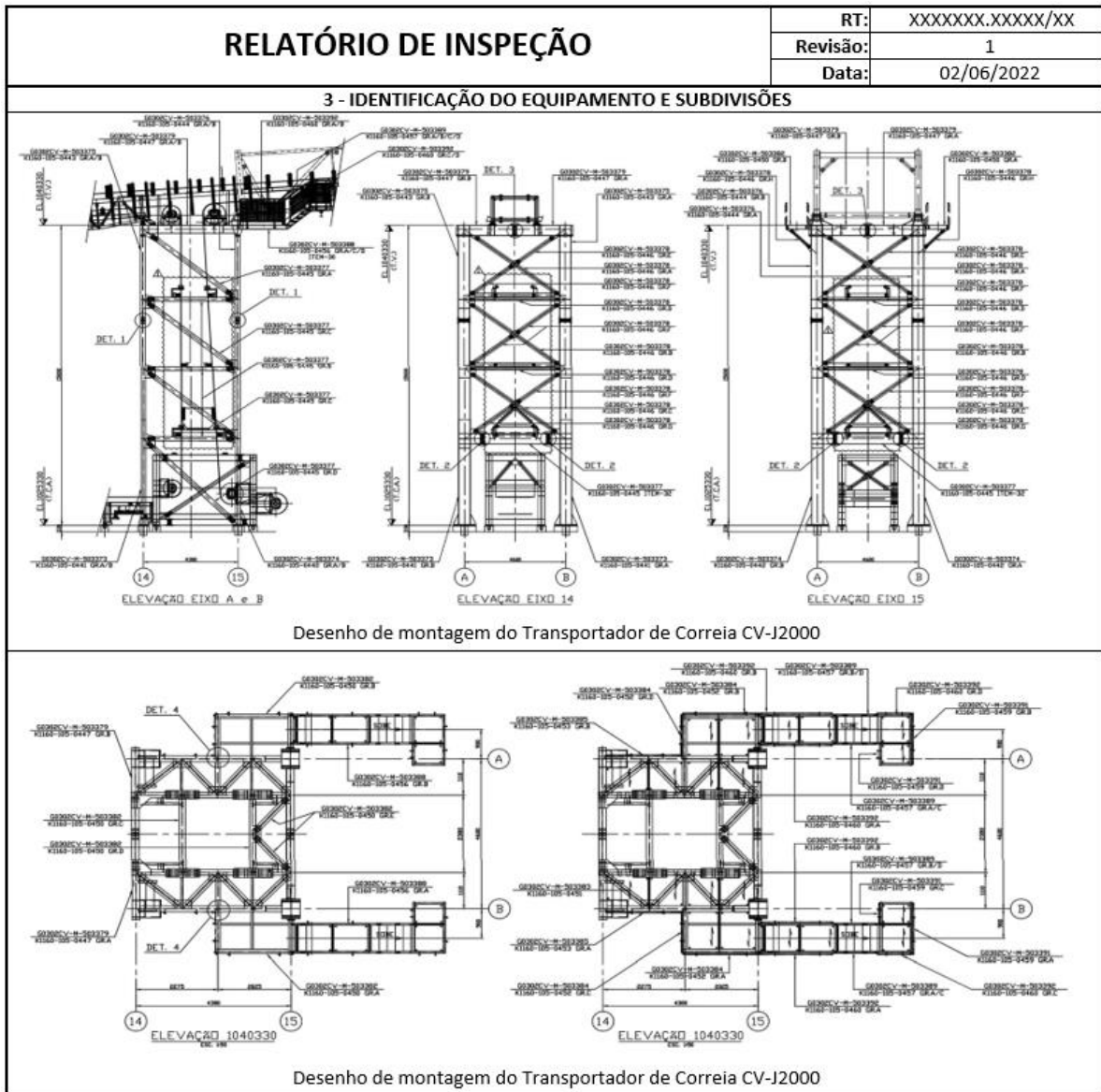


Figura 9 - Relatório de Inspeção página 03.
 Fonte: Pesquisa direta (2022).

A primeira parte da página 3 do relatório de inspeção, ilustrada na figura 9, identifica todo o equipamento e subdivisões, sendo um desenho técnico acessado no sistema da empresa que foi arquivado no momento de aquisição do mesmo. É de extrema importância o entendimento de todos elementos e dimensões, para que a substituição de partes danificadas não seja feita incorretamente.

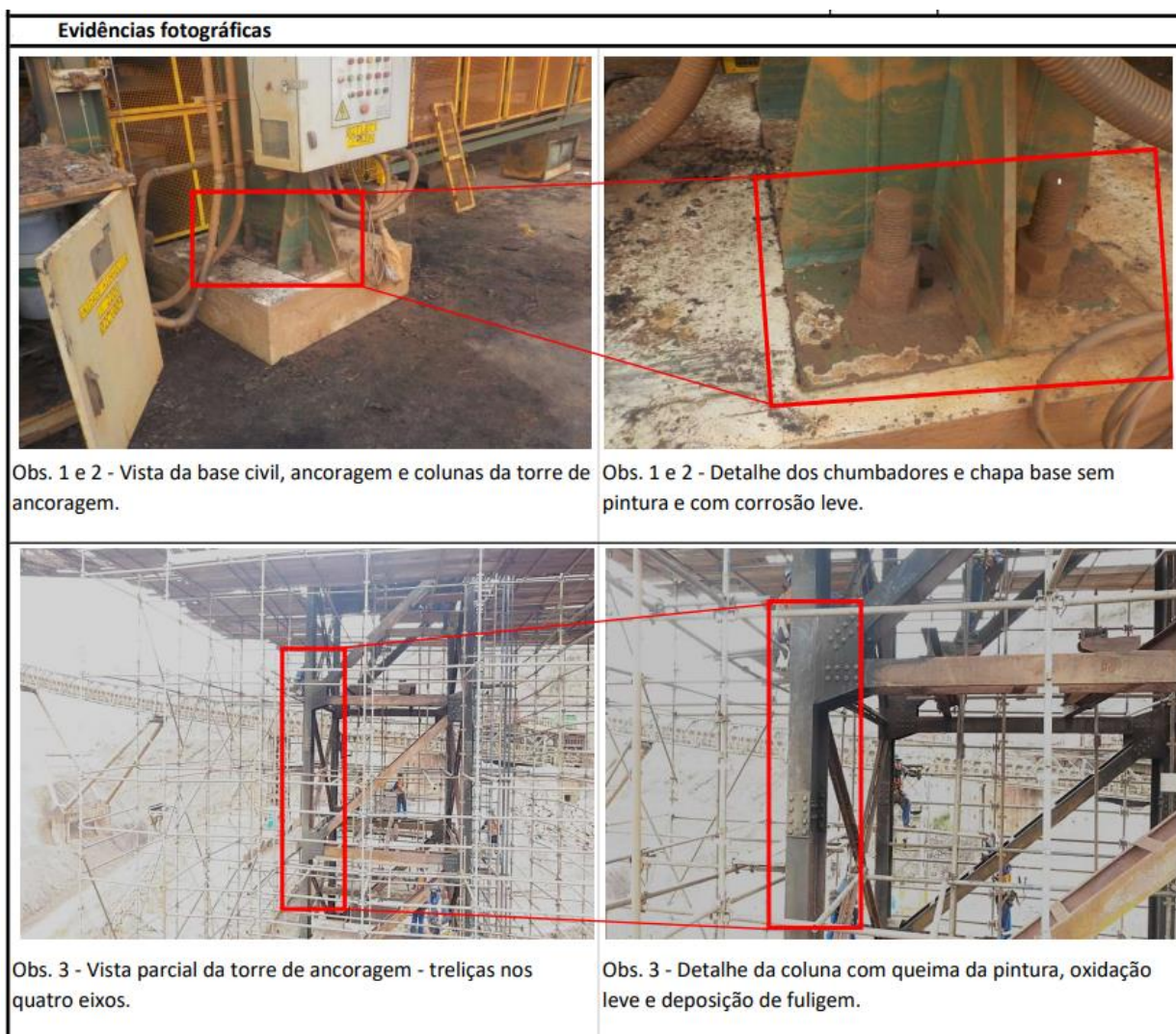


Figura 10 - Relatório de Inspeção página 03.

Fonte: Pesquisa direta (2022).

A figura 10 apresenta a segunda parte da página 3 do relatório de inspeção, que traz algumas evidências fotográficas. Parte dessas fotografias foi retirada com auxílio de um drone, que torna possível identificar com mais clareza colunas danificadas, chumbadores e chapas sem pintura, com corrosão.

RELATÓRIO DE INSPEÇÃO	RT:	XXXXXXXX.XXXXX/XX
	Revisão:	1
	Data:	02/06/2022
2.5 - Conclusão		
A estrutura metálica do CV-J2000 apresenta baixo risco de colapso.		
Recomendações de intervenções da manutenção:*		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar levantamento topográfico para avaliar possíveis deformações estruturais; 2. Realizar ensaio de Líquido Penetrante em viga de contraventamento na treliça do eixo 15; Treliça no eixo 15, 1º pavimento; 3. Substituir CV transversal na treliça do eixo 14 no primeiro pavimento; 4. Substituir chapas de ligação na treliça do eixo 14 no primeiro pavimento; 5. Substituir CV diagonal nas treliças dos eixos A e B; Treliças nos Eixos 14 E 15; 6. Substituir CV diagonal nas treliças dos eixos 14 e 15; 7. Substituir CV transversal nas treliças dos eixos A e B; 8. Substituir viga de suportaço do cable rack na treliça do eixo 14; 9. Substituir viga de suportaço de roletes invertidos no 2º, 3º e 4º pavimento; 10. Substituir viga de suportaço do defletor no 2º pavimento; 11. Substituir todos os parafusos e porcas; 12. Substituir CV transversal na estrutura de Suportes para tambores Motrizes na treliça do eixo 14; 13. Substituir CV diagonal na estrutura de Suportes para tambores Motrizes na treliça do eixo 14; 14. Substituir contraventamento das treliças nos eixos A e B; 15. Substituir viga principal na treliça dos eixos A e B; 16. Substituir coluna na estrutura de Suportes para tambores Motrizes, treliça do eixo A; 17. Substituir contraventamentos na estrutura de Suportes para tambores Motrizes, treliça dos eixos A e B; 20. Substituir contraventamentos na estrutura de Suportes para tambores Motrizes, treliça do eixo A; 21. Substituir todas as chapas de ligação na estrutura de Suportes para tambores Motrizes, treliça dos eixos A e B; 22. Substituir contraventamentos na estrutura de Suportes para tambores Motrizes, treliça do eixo 15; 23. Substituir contraventamentos na estrutura de Suportes p/tambores Motrizes, treliça do eixo 15; 24. Substituir viga secundária na Torre de Ancoragem na EL 1040330 eixos A E B; 26. Substituir viga terciária na Torre de Ancoragem na EL 1040330 eixos 14 E 15 27. Substituir contraventamento da Torre de Ancoragem na EL 1040330 eixo 15; 28. Tratar e pintar todas estruturas da Torre de Ancoragem; 29. Realizar ensaio de réplica metalográfica em elementos com oxidação na Torre de Ancoragem nas treliças nos eixos A, B, 14 e 15. 		

Figura 11 - Relatório de Inspeção página 04.

Fonte: Pesquisa direta (2022).

A última página do relatório de inspeção, ilustrada na figura 11, conclui trazendo informações sobre o risco do equipamento em sofrer colapso, assim como uma análise minuciosa de cada elemento da torre e correia transportadora que necessita adequação, como substituição de vigas, parafusos, chapas, entre outros.

Todo o material de relatório de inspeção é muito importante, mas a conclusão é a parte fundamental, que de forma sucinta, evidencia todas as mudanças que são imperativas no processo e plano de manutenção.

4.4 Estratégia de Manutenção Estrutural

À medida que a condição do equipamento é identificada pelo procedimento de inspeção é realizado o procedimento de priorização de avarias. Em momentos que não houver orçamento disponibilizado para executar as atividades, um planejamento deve ser feito para reestabelecer as condições originais do projeto.

Uma outra opção que também é previsto é a Mitigação da condição de risco com o isolamento da área e/ou restringir os equipamentos com danos, sendo que nessa condição torna obrigatório um processo de gestão de mudança.

Uma vez concluída a inspeção das instalações, a equipe de Integridade Estrutural é responsável por analisar os resultados e classificar as instalações, levando em conta a metodologia GUT.

- Gravidade: fator que depende do impacto do dano e do risco para o bem em questão.

Aqui deve-se analisar o impacto potencial que pode ocorrer se o problema não for retificado, ou seja, se existe um risco inerente à instalação se o dano não for retificado, em termos de segurança do pessoal e do impacto financeiro na recuperação da instalação.

Para este fim, cinco níveis de gravidade foram definidos e apresentados na qual o impacto sobre a segurança e os bens pode ser avaliado. A pontuação final de 1 a 5 resulta do nível mais alto entre o impacto sobre a segurança e o impacto sobre os ativos.

1. Sem gravidade;
2. Pouco grave;
3. Grave
4. Muito grave
5. Extremamente grave;

- Urgência: fatores que dependem da criticidade dos elementos danificados.

Torna necessário analisar o impacto do dano em relação a sua importância para a estrutura, sendo assim, são definidos cinco níveis, dependendo da função estrutural dos componentes danificados.

1. Miscelânea Estruturais;
2. Estruturas auxiliares de acesso;
3. Estruturas secundárias e elementos fixantes;
4. Estruturas principais e elementos fixantes;
5. Estruturas que auxiliam na estabilização e elementos fixantes;

- Tendência: uma avaliação do aumento esperado do dano, levando em conta a agressividade do ambiente e a progressão do dano observado

Nesse momento se avalia a evolução potencial dos danos em termos da relação entre a descontinuidade e as condições originais de projeto.

1. Não terá mudança;
2. Terá piora à longo prazo;
3. Terá piora à médio prazo;
4. Terá piora à curto prazo;
5. Terá piora agressiva;

Após os três critérios do método GUT terem sido analisados e classificados, é determinada a classificação final do dano, que é obtida pela multiplicação dos termos GUT. Esta classificação resulta em pontuações entre 1 (1^3) e 125 (5^3).

Após determinar a pontuação final do dano à instalação, foram atribuídos cinco níveis de dano a cada nível e foram feitas recomendações de medidas e intervalos de inspeção, como mostra a tabela a seguir.

Tabela 3 - Tabela de dados inspeção "GUT".

TABELA DE DADOS INSPEÇÃO "GUT"				
CLASSIFICAÇÃO DO DANO		Limite Inferior	Limite Superior	RECOMENDAÇÃO PARA EXECUÇÃO
GRAVE	IE-1	75	125	Planejar execução e/ou Plano de mitigação/PGM em até 6 meses.
ALTO	IE-2	36	74	Execução em até 12 meses
MÉDIO	IE-3	16	35	Execução em até 24 meses
BAIXO	IE-4	8	15	Intervenção por oportunidade
SEM DANO	IE-5	1	7	Registro da condição

Fonte: Pesquisa direta (2022).

Os dados inspeção "GUT", são mostrados pela tabela 3 e mostra, com base em 5 níveis, a classificação do dano, os valores de limites inferiores e superiores e a recomendação do que deve ser executado para cada nível.

A classificação dos danos é decisiva para o período de priorização e implementação das medidas de reparação e tratamento de corrosão (TAC).

Utilizando a metodologia "GUT" para a correia transportadora CV-J2000 identificamos o dano tido na correia seguem as seguintes classificações para gravidade, sendo considerado muito grave (4), devido ao importante impacto financeiro envolvido. Para urgência, foi identificado que vigas principais e colunas de sustentação sofreram danos que a classifica como nível 5. Na classificação de tendência foi possível notar que irá piorar a curto

prazo (4), pois apesar de existir a presença superior a 50% de ligações parafusadas, o dano nelas foi generalizado.

Sendo assim, finalizando o balanço de pontuação temos um total de 80 pontos que evidencia uma classificação geral “Grave” para a correia transportadora CV-J2000, que como recomendação deve ser planejado a execução de PGM e/ou Plano de Mitigação, em um intervalo máximo de 6 meses.

4.5 Plano de Manutenção

A criação de estratégia de manutenção ou um plano de manutenção na empresa deve seguir de acordo com as diretrizes definidas pela gerência de gestão de ativos ou gerencia de manutenção, que alinhado com o plano estratégico aloca recursos para garantir que as atividades.

A gestão eficiente das atividades de inspeção é de vital importância para a criação de um plano de manutenção adequado. Os processos e atividades descritas, realizadas no plano de inspeção da correia transportadora CV-J2000, agora são dados importantes para que seja feito uma correta tomada de decisão. A duração de cada atividade foi estipulada, conforme ilustrado em tabela 4.

Tabela 4 - Tabela de dados do plano de manutenção e prazo.

NOME DA TAREFA	Duração
REPAROS DAS CORREIAS CV-J2000	48 dias
Bloqueio inicial	6 hrs
CV-J2000	
Retirada de interferências iniciais	4 dias
Montagem de andaime para retirada de tapetes	4 hrs
Retirada de tapete danificado	1 dia
Retirar tambores danificados	1 dia
Retirada dos cabos danificados (instrumentação e elétrica)	1 dia
Inspeção nos transportadores	3 dias
Inspeção visual das estruturas	2 dias
Inspeção END nos pontos solicitados	8 hrs
Inspeção Topográfica das estruturas	8 hrs
Avaliação no chute da correia	2 hrs
Inspeção visual no extrator de metais	1,5 hrs
Coleta e análise de óleos: Redutor de acionamento, extrator de metais	1,5 hrs
Avaliação do sistema de lubrificação centralizada	6 hrs
Inspeção nos redutores de acionamento e tambores	6 hrs
Testes de grandezas elétricas dos motores	2 hrs
Recuperação estrutural / TAC	30 dias
Montagem de andaimes para lançamento de cabos e recuperação estrutural	2 dias

Fonte: Pesquisa direta (2022).

Continuação da Tabela 4 - Tabela de dados do plano de manutenção e prazo.

Fabricação de componentes dentro da empresa	6 dias
Tratamento anti corrosivo das peças fabricadas	4 dias
Fabricação externa das peças do suporte de roletes e travamentos diagonais - Itens verdes	5 dias
Tratamento anticorrosivo da seção superior e colunas	1 dias
Recuperação estrutural	7 dias
Retoque de pinturas após conclusão do REC	1 dias
Desmontagem das peças de suporte dos roletes	1 dia
Montagem das peças do suporte de roletes e travamentos diagonais	2 dias
Reposição de infraestrutura de NR12	1 dia
Montagem de componentes danificados	
Mecânica	2 Dia
Montagem de tambores novos	16 hrs
Montagem de roletes	16 hrs
Reparo da emenda do tapete do extrator de metais	8 hrs
Lubrificação	1 Dia
Remontagem do sistema de lubrificação centralizada (tubulações e instrumentos)	12 hrs
Lubrificação de todo o sistema	6 hrs
Troca de óleo dos redutores de acionamento	6 hrs
Elétrica	4 dias
Fabricar suportes de leitos e infraestruturas	32 hrs
Fabricação e substituição de leitos danificados	24 hrs
Substituição dos leitos de cabos da prumada	16 hrs
Testes ponto a ponto dos cabos para painel de PLC	12 hrs
Medir, cortar e identificar cabos de comando	16 hrs
Lançamento de cabos de comando	16 hrs
Manutenção no painel de iluminação	16 hrs
Manutenção no painel de tomadas de solda	16 hrs
Montagem de eletrodutos para rede de fibra ótica.	24 hrs
Substituição de chaves de emergência e desalinhamento danificadas	6 hrs
Interligação de cabos de comando	1 dia
Testes de ponto após a interligação de componentes	1 dia
Lançamento de cabos de iluminação e tomada	8 hrs
Substituição de luminárias danificadas	16 hrs
Interligação de cabos de iluminação e tomadas	24 hrs
Lançamento dos cabos de potência do extrator de sucatas	8 hrs
Interligação dos cabos de potência do extrator de sucatas	8 hrs
Instrumentação	2 dias
Instalação do novo PNI no local	10 hrs
Reconhecimento dos pontos dos cabos da área para o PLC	10 hrs
Lançamento de cabos novos	12 hrs
Interligação de cabos e sensores	6 hrs
Reforma da balança	24 hrs
Lançamento de cabo de fibra ótica	8 hrs
Fusão de conectores	8 hrs
Testes de pontos	8 hrs
Automação	1 dias
Recomissionamento de lógica de automação.	10 hrs
Testes de ponto a ponto da automação	3 hrs
Testes CV-J2000	1 dia

Fonte: Pesquisa direta (2022).

A tabela 4, traz todos os dados do plano de manutenção e os prazos necessários para execução de cada atividade, que são material importante para criação de um plano de manutenção.

Após estimar o prazo de execução de cada atividade, foi realizado o plano de manutenção como pode ser observado pela Figura 12. As atividades começaram a ser executadas em junho e foram finalizadas no mês de agosto.

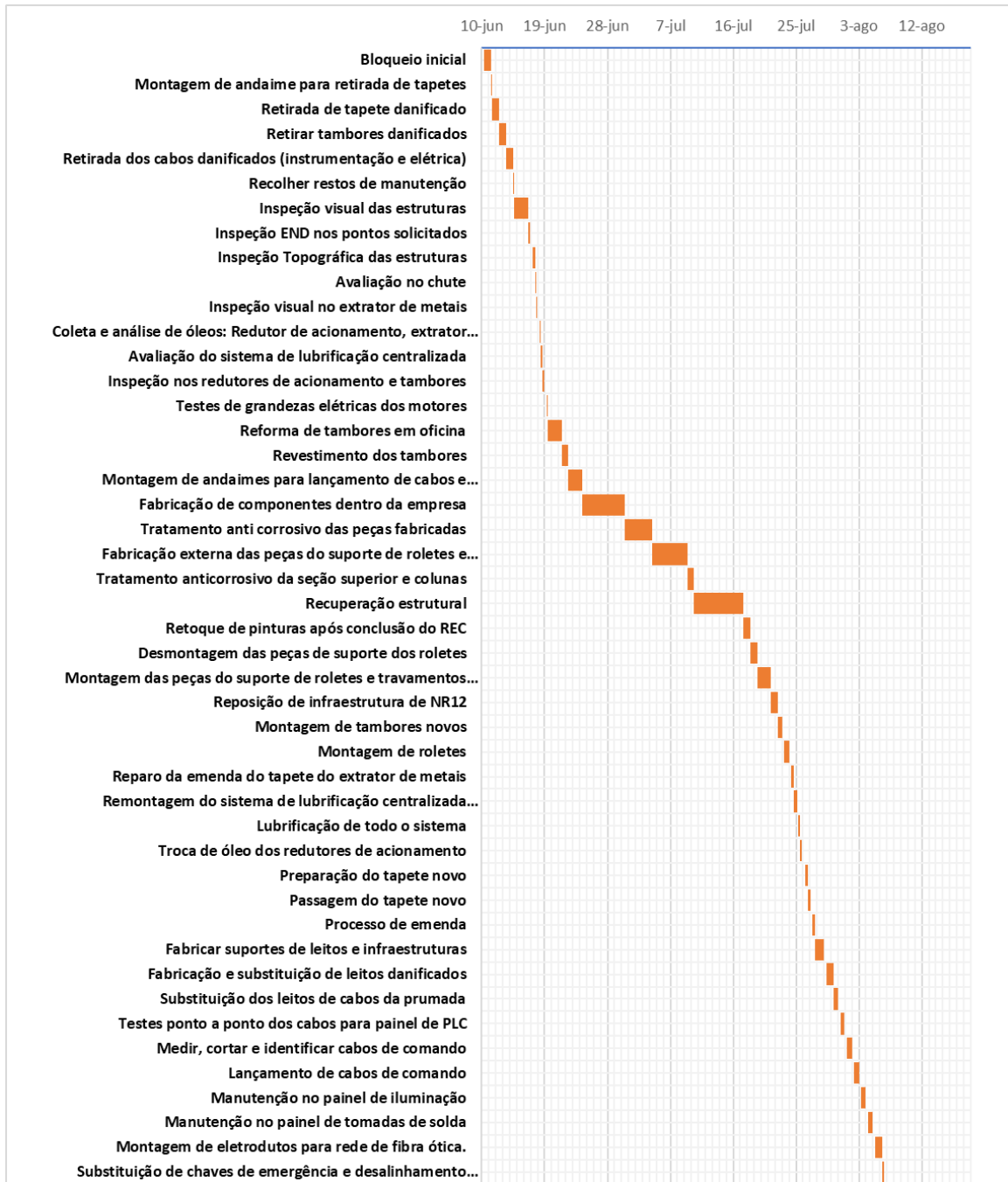


Figura 12 - Plano de Manutenção da Correia CV-J2000.
Fonte: Pesquisa direta (2022).

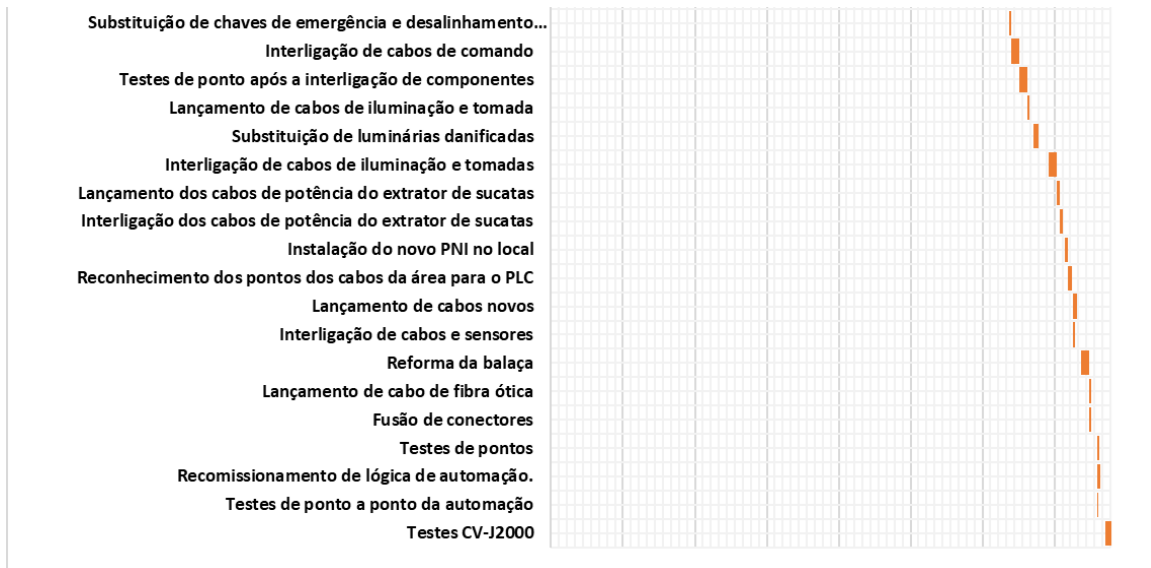


Figura 13 - Continuação do Plano de Manutenção da Correia CV-J2000.
Fonte: Pesquisa direta (2022).

A partir da figura 12 e 13 tornou possível entender o tempo necessário de forma mais clara, para que fosse executado todas as atividades de manutenção, assim como identifica quais devem ser executadas em sequenciamento ou em paralelo.

4.6 Execução de Manutenções Estruturais

Uma vez estabelecidas as estratégias para manter a integridade estrutural, os objetivos só podem ser alcançados se essas estratégias forem implementadas de forma eficaz e eficiente no local. Para que a estratégia seja posta em prática pela gerência, o local deve ter sistemas de manutenção que permitam:

- A gestão da implantação de novas estruturas.
- Inspeções regulares e relatórios por pessoal treinado.
- A emissão de ordens de manutenção e gerenciamento de trabalhos relacionados a reparos estruturais ou intervenções preventivas.
- Perspectivas de curto, médio e longo prazo sobre as atividades de manutenção necessárias, seu orçamento e os recursos necessários.
- Apoio na análise de rotina de falhas estruturais em conjunto com os planos de ação correspondentes.
- Dispor de uma estrutura para registrar todos os custos associados às medidas de manutenção da integridade estrutural.

De uma perspectiva funcional, a execução pode ser entendida como um único bloco de processo da seguinte forma.

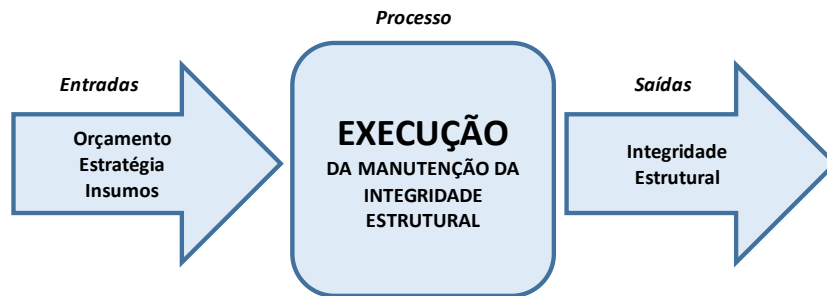


Figura 14 - Fluxograma esquemático de manutenção.
Fonte: Pesquisa direta (2022).

O fluxograma apresentado na figura 14 mostra de forma esquemática e simples, como é realizado a manutenção, trazendo as entradas, o processo e os resultados na saída.

Ao executar a manutenção da integridade estrutural, os seguintes subprocessos podem ser identificados.

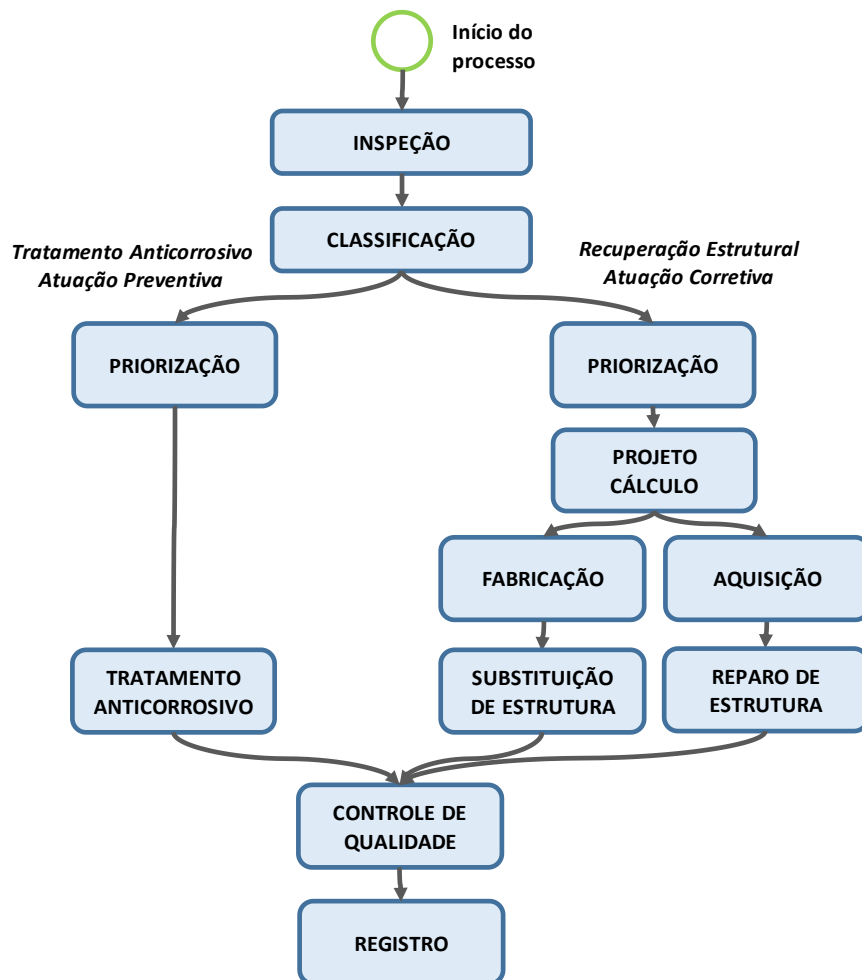


Figura 15 - Fluxograma macro de execução de manutenção na IE.
Fonte: Pesquisa direta (2022).

Apresentado na figura 15, o fluxograma é importante para entender como é classificado e executado os processos de REC e TAC na Integridade Estrutural, após processos de inspeção.

A realização da manutenção da correia transportadora CV-J2000, seguiu a mesma linha de raciocínio demonstrado pelo fluxograma da figura 15, onde utilizando os dados coletados e classificados pelas inspeções evidenciou, para cada local, as intervenções que deveriam ser praticadas. A figura 16 ilustra os itens que serão substituídos ou reformados.

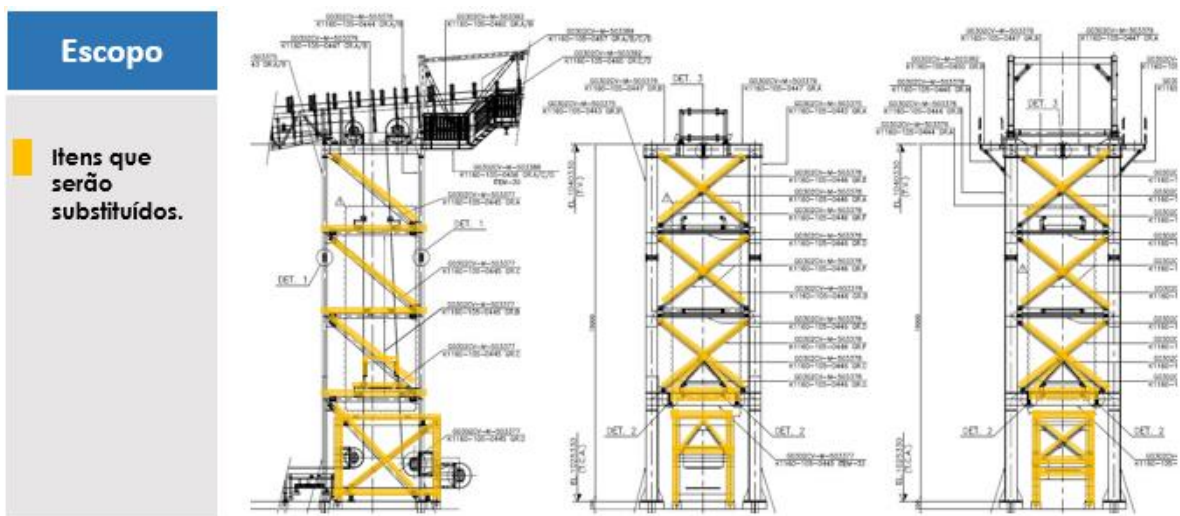


Figura 16 - Itens a serem substituídos/reformados da correia CV-J2000.
Fonte: Pesquisa direta (2022).

A figura 16 apresenta itens a serem substituídos pela manutenção após a conclusão das inspeções da torre da correia CV-J2000.

No primeiro momento é realizado uma série de procedimentos com o objetivo de realizar todas as atividades de manutenção da melhor forma possível, seguindo as normas e procedimentos de segurança, como montagem de andaimes, instalação de iluminação para possibilitar trabalho noturno, bloqueio de energia, entre outros.



Figura 17 - Montagem e liberação do andaime estrutural.
Fonte: Pesquisa direta (2022).

A montagem e liberação do andaime estrutural é ilustrada a figura 17, sendo um dos primeiros passos que foram executados com o objetivo de realizar um processo de manutenção seguro.

A partir desse ponto e feito a aquisição de material novo para a troca dos componentes, a equipe de manutenção começa a ser realizado as práticas de manutenção, que são reportadas semanalmente à gerencia de gestão de ativos sobre as atividades realizadas, assim como alguns comentarios gerais.

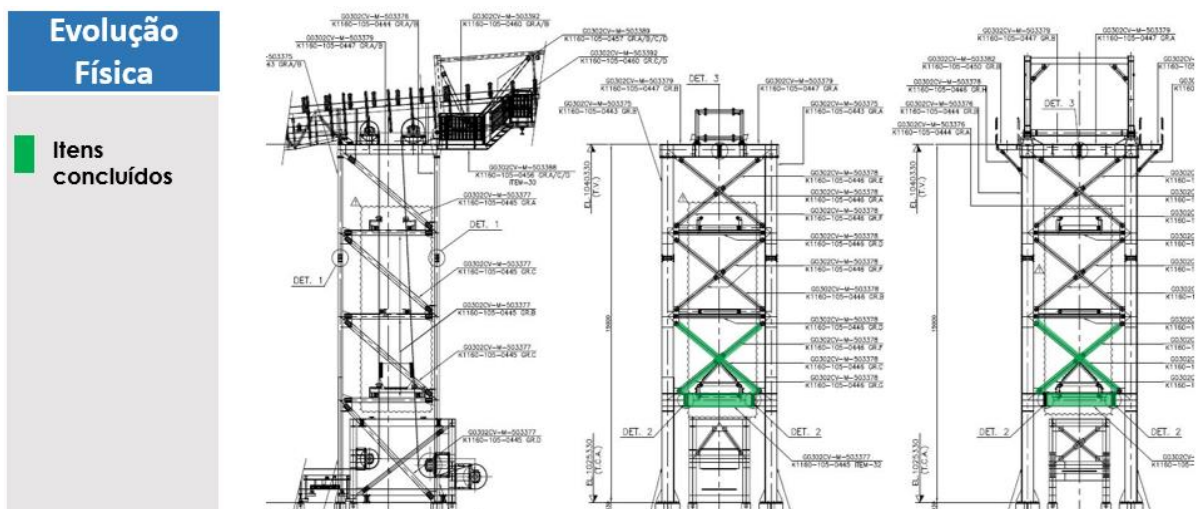


Figura 18 – Evolução física ilustrativa.
Fonte: Pesquisa direta (2022).

Após um período de atividades e feito os primeiros procedimentos de segurança, alguns itens puderam ser substituídos e marcados como concluídos, como é ilustrado na figura 18. Com base nessa conclusão de topicos definidos pelo plano de manutenção torna possível

que seja calculado a porcentagem de tarefas concluídas pelo número total e entendido um progresso que mostra o desempenho, como pode ser observado pela figura 19.

Desempenho Físico – Acum.			
Flag	BL	Real	Prev.
●	38,0%	37,8%	Jul/22
Evolução Semanal			
Prev: 24,9%	Real: 24,7%	Desvio: - 0,2%	
Comentário Geral			
<ul style="list-style-type: none"> • Realizada iluminação ao longo da correia. • Concluída aquisição dos parafusos de fixação das estruturas. • Conclusão montagem de andaime estrutural. • Concluída montagem dos contraventamentos da primeira elevação, materiais de fabricação interna. • Em andamento processo de compra via RC emergencial das estruturas não disponíveis na empresa. • Em andamento desmontagens das estruturas de ancoragem dos tambores de desvio. • Leve desvio nas atividades da mecânica na correia. 			

Figura 19 - Relatório semanal de atividades.
Fonte: Pesquisa direta (2022).

É realizado uma evolução semanal, ilustrada pela figura 19, que representa um relatório enviado para a gerencia de Gestão de Ativos com as porcentagens de atividades executadas do plano de manutenção, assim como alguns comentários gerais.

Nas semanas seguintes, as atividades de recuperação estrutural foram intensificadas com a troca de parafusos, vigas e perfis.



Figura 20 - Substituição de parafusos danificados.
Fonte: Pesquisa direta (2022).

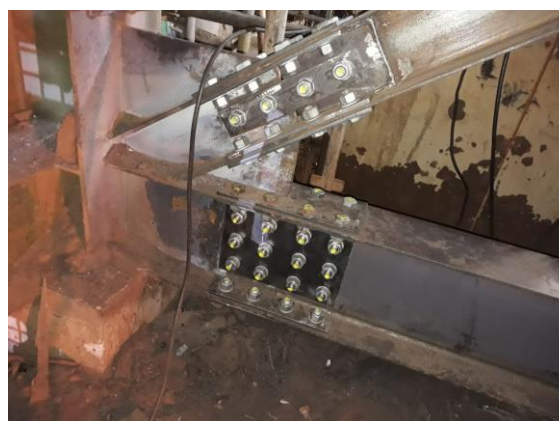


Figura 21 - Substituição de parafusos em viga nova.
Fonte: Pesquisa direta (2022).

Nas figuras 20 e 21 mostram a trocas de parafusos danificados que foram realizadas, que seguindo os dados concluídos na inspeção, deveriam ser trocadas tanto nas vigas existentes que não estavam comprometidas, como podemos ver na figura 20, como nas vigas novas e recém instaladas, como pode ser notado na figura 21.

Através de uma vista interna da torre da correia transportadora, torna possível que seja identificado de forma mais fácil as novas peças que foram trocadas.



Figura 22 - Substituição de vigas danificadas.
Fonte: Pesquisa direta (2022)

A figura 22 apresentada mostra as novas vigas, instaladas e parafusadas, segundo o projeto, dando início às atividades de tratamento anticorrosivo, começando pela parte superior e em seguida, para a estrutura de torre do equipamento.

Com a recuperação estrutural realizada, iniciou-se as atividades de tratameto anticorrosivo.



Figura 23 - Jateamento em estruturas.
Fonte: Pesquisa direta (2022).



Figura 24 - Tratamento Anticorrosivo nas estruturas.
Fonte: Pesquisa direta (2022)

Nas figuras 23 e 24 podem ser observados a execução das atividades de tratamento anticorrosivo, onde a primeira (figura 23) é realizado o jateamento nas estruturas, sendo uma preparação para a aplicação do revestimento de proteção do metal, que é mostrado na segunda figura 24.



Figura 25 - TAC nas estruturas.
Fonte: Pesquisa direta (2022).



Figura 26 - Aplicação de tinta, no revestimento.
Fonte: Pesquisa direta (2022).

Realizando o jateamento no equipamento, os processos de tratamento anticorrosivo com a aplicação da película protetora teve continuidade, como esta mostrado na figura 25 e após conclusão desse processo é realizado a pintura do equipamento seguindo as normas de segurança para as cores, assim como demonstrado na figura 26.

As atividades realizadas, foram replicadas também para toda a estrutura da torre do equipamento, como visto na figura 27.



Figura 27 - Tratamento anticorrosivo em vigas substituídas.
Fonte: Pesquisa direta (2022)

Por fim, foi concluído as atividades de tratamento anticorrosivo para a torre de estrutura do equipamento, concluindo todo o processo de recuperação do equipamento, como mostrado na figura 27.

4.7 Conclusão da Manutenção e Atividades

Realizado as atividades de manutenção, foi feito a desmontagem dos andaimes e liberação do espaço. Todas as atividades, foram executadas dentro do prazo pré determinado pela gerencia de manutenção, sem a ocorrência de imprevistos seja por falta de recursos ou por interferências climáticas.

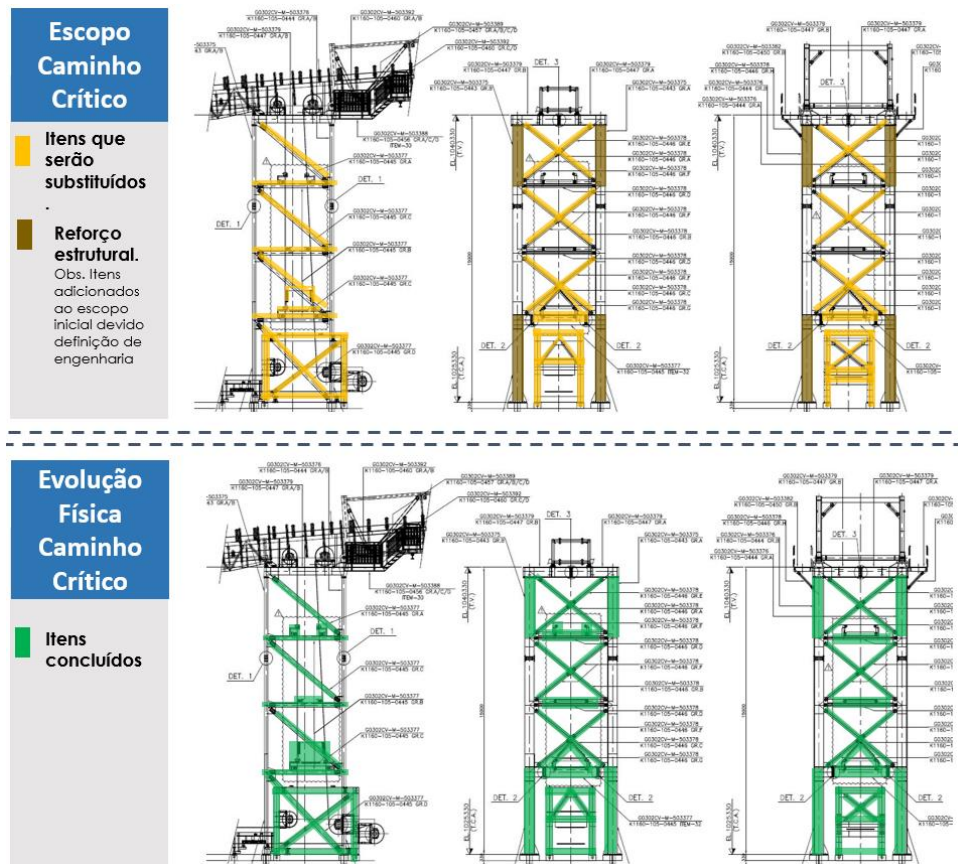


Figura 28 - Ilustração geral de itens substituídos.
Fonte: Pesquisa direta (2022).

A figura 28 apresenta esquematicamente todos os componentes que deveriam ser substituídos e onde deveria ter reforço estrutural e apresenta, o trabalho de recuperação estrutural e tratamento anticorrosivo que foram concluídos.



Figura 29 - Estrutura antes da manutenção.
Fonte: Pesquisa direta (2022).



Figura 30 - Estrutura da correia após manutenção.
Fonte: Pesquisa direta (2022).

A figura 29 foi tirada no momento anterior às práticas de manutenção e a figura 30 representa um momento posterior às atividades realizadas. Ademais, com a conclusão de todos os processos de REC e TAC feitos, foram realizados os desbloqueios de energia e a volta das operações do equipamento.

Assim como foi relatado à Gerência Gestão de Ativos sobre as atividades das primeiras semanas, na conclusão de toda a obra, o desempenho pelo tempo das atividades do plano de manutenção foi enviado novamente, como observa-se na figura 31.

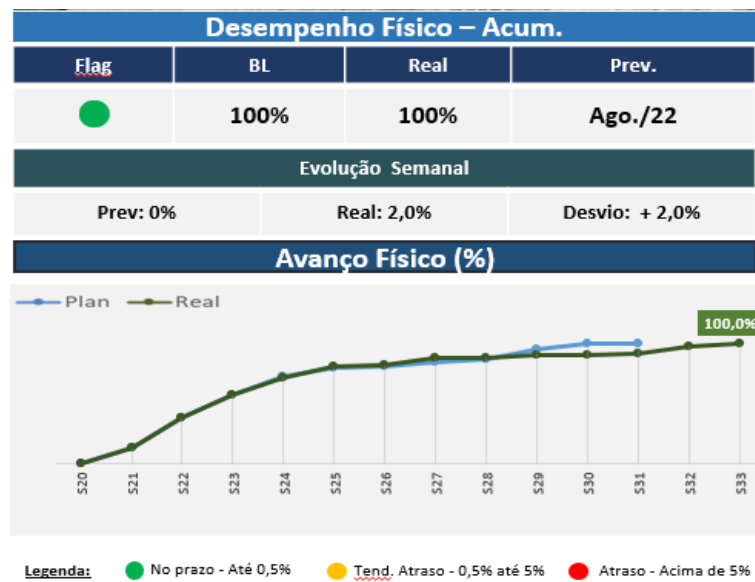


Figura 31 - Gráfico de acompanhamento semanal após conclusão de atividades.
Fonte: Pesquisa direta (2022).

A conclusão de todas as atividades do plano de manutenção indica um relatório de 100% no avanço físico e nesse mesmo acompanhamento, pode ser identificado que o avanço planejado e o realizado seguiram próximos, ilustrado pela figura 31.

5 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

5.1 Conclusão

O trabalho em questão é um estudo de caso de uma correia transportadora CV-J2000 e teve como objetivo apresentar técnicas de inspeção utilizadas para detecção de falhas e ser material base para uma manutenção da integridade estrutural de correias transportadoras no retorno de operações de uma indústria de mineração.

Com o plano de inspeções foi possível que fossem identificadas mais de 29 atividades a serem executadas, que seguindo o modelo de criticidade do equipamento, foi definido que seriam realizadas em menos de 6 meses. Com a definição do plano de manutenção e início das obras, todos os componentes foram reformados e trocados em um período de 3 meses e a partir disso, o equipamento foi testado e colocado à disposição para operação.

É extremamente importante que todas as mudanças que foram implementadas no equipamento sejam documentadas no sistema para futuras ocorrências. De volta a operação, novas necessidades de manutenção surgirão e devem ser executadas rotineiramente respeitando à criticidade do ativo e sua importância para a organização.

Através da utilização das técnicas de inspeção descritas, espera-se que a vida do equipamento seja prolongada e não seja necessário o interrompimento do processo produtivo por mal funcionamento. Com isso, espera-se um ambiente de trabalho mais seguro, redução de custos relacionados a manutenções corretivas, assim como aumento produtivo das operações.

5.2 Recomendações

Como o trabalho de desenvolvimento se concentrou em uma análise qualitativa dos benefícios das técnicas de inspeção para a manutenção da integridade estrutural e disponibilidade de correias transportadoras, deixa-se para trabalhos futuros as seguintes sugestões de temas:

- Incluir valores quantitativos para medir os ganhos e perdas em termos reais, da implementação de técnicas de inspeção periódicas em correias transportadoras.

- Utilização de técnicas de inspeção modernas, que apresentam resultados em tempo real, como sistema de manutenção da integridade estrutural de equipamentos.
- Entender o plano de inspeção para outros equipamentos na Indústria de Mineração.
- Pontuar e aplicar melhorias de otimização de tempo para identificar necessidade de inspeção e manutenção.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SCOTTO, Gabriela. **Estados Nacionais, Conflitos Ambientais e Mineração na América Latina.**, Rio de Janeiro: Campos dos Goytacazes, 2011.

ASSUMPÇÃO, M. E. **Avaliação de Integridade Estrutural de um tanque concentrado de minério de ferro através do método dos elementos finitos.** Dissertação de Mestrado, Belo Horizonte, 2015.

FACHINELLI, Ana Cristina; ALBERDI, Alazne Mujika. **Integridade estrutural da Inteligência Estratégica: uma avaliação em uma Corporação Cooperativa.** Vitória, 2014.

Ministério da Indústria, Comércio exterior e Serviços, Governo Federal. **Exportação de Minério de Ferro e Seus Concentrados.** ComexStat, 2020. Disponível em: <<http://comexstat.mdic.gov.br/pt/comex-vis>>. Acesso em: 05 de jan. de 2021

BORGES, Thiago. **Análise Dos Custos Operacionais De Produção No Dimensionamento De Frotas De Carregamento E Transporte Em Mineração.** Ouro Preto, 2013.

ABNT NBR 5674. **Manutenção de edificações – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção.** Rio de Janeiro, 2012.

FundaCentro. **Acidente de Bhopal faz 30 anos.** Gov.Br, 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/fundacentro/pt-br/comunicacao/noticias/noticias/2014/12/acidente-de-bhopal-faz-30-anos>>. Acesso em: 15 de jan. de 2022.

Batalha Galvanização. **Coragem para explorar novas ideias de galvanização.** Nexa Resources, 2021. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/213589848-Batalha-galvanizacao-coragem-para-explorar-novas-ideias-de-galvanizacao.html>>. Acesso em: 21 de fev. de 2022.

BAMBIRRA, Felipe. **Análise de Normas Técnicas e a Elaboração de Programa de Manutenção Predial.** Belo Horizonte, 2019.

XENOS, H. G. **Gerenciando a Manutenção Preventiva: o caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade.** Editora de Desenvolvimento Gerencial, Belo Horizonte, 1998.

ROSA, E. B. **Indicadores de Desempenho e Sistema ABC - O uso de indicadores para uma gestão eficaz do custeio de atividades de manutenção.** 2006.

MONCHY, F. **A Função Manutenção.** DURBAN. São Paulo, 1987.

Agencia Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). **Regulamento Técnico do Sistema de Gerenciamento da Integridade Estrutural das Instalações Terrestres de Produção de Petróleo e Gás Natural (RTSGI).** Distrito Federal, 2009. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/exploracao-e-producao-de-oleo-e-gas/seguranca-operacional-e-meio-ambiente/arq/regulamento-tecnico-sgi.pdf>> Acesso em 20 de março de 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 5462. **Confiabilidade e Manutenibilidade.** Rio de Janeiro, 1994.

NETO, Teófilo C. M. **Aplicação da Análise do Custo do Ciclo de Vida em uma Indústria de Mineração com base na Gestão de Ativos.** Salvador, 2018.

CAMILA, Duarte Teles. **Desenvolvimento de um Método para o Planejamento da Inspeção de Equipamentos.** Porto Alegre, 2007.

MARCO, Valéria Simões. **Gestão de Ativos e o Pas 55 – Um Novo Paradigma?** Angra dos Reis, 2014.

British Standards Institution (BSI). **Asset Management Part 1: Specification for the optimized management of physical assets.** Londres, 2008.

CARDOSO, Rharã de Almeida. **Técnicas para Detecção Automática de Danos no Monitoramento da Integridade Estrutural.** Ouro Preto, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 6118. **Projeto de estruturas de concreto - Procedimento.** Rio de Janeiro, 2004.

SILVA, Marco. **Caracterização do Sinal Gráfico de Emissão Acústica (EA) para Avaliação de Integridade Estrutural do Aço ASTM A 516 / A 516 M - Grau 60.** Rio de Janeiro, 2010.

ALMEIDA, M. T. **Manutenção Preditiva: Confiabilidade e Qualidade.** Itajubá, 2018. Disponível em: < <https://mtaev.com.br/wp-content/uploads/2018/02/mnt1.pdf> >. Acesso em 20 agosto 2022

OLIVEIRA, Regina Tatiana. **Automação em Inspeções de Correias Transportadoras Aplicadas à Mineração.** Ouro Preto, 2019.

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

PINTO, Alan K.; XAVIER, Júlio A. N. **Manutenção Função Estratégica.** Rio de Janeiro, 2001.

COSTA, Mariana de Almeida. **Gestão Estratégica da Manutenção: Uma Oportunidade para Melhorar o Resultado Operacional.** Juiz de Fora, 2013.

ARAÚJO, Igor M.; Câmara, João M. **Manutenção elétrica industrial,** Rio Grande do Norte, 2010. Disponível em: < https://www.osetoreletrico.com.br/web/documentos/fasciculos/Ed50_fasc_manutencao_industrial_cap3.pdf >. Acesso em 22 abr 2020.

MEDINA, Jorge Arturo; **Procedimento para Avaliação da Integridade Estrutural em Máquinas de Levantamento e Movimentação de Materiais,** Rio de Janeiro, 2009. Disponível em:< <https://docplayer.com.br/83865784-Procedimento-para-avaliacao-da-integridade-estrutural-em-maquinas-de-levantamento-e-movimentacao-de-materiais.html>> Acesso em 22 fev 2021.

NUNES, Josimar; **Importância da utilização de análise de falha para performance da manutenção industrial.** Belo Horizonte, 2018. Disponível em:<https://www.ietec.com.br/clipping/2019/08-agosto/Import%C3%A2ncia_da_utiliza%C3%A7%C3%A3o_de_an%C3%A1lise_de_falha_para_performance_da_manuten%C3%A7%C3%A3o_industrial.pdf>. Acesso em 15 jun 2021.

ANDREUCCI, Ricardo. **Ensaio por Ultrassom,** 2014. Disponível em:< [http://www.abendi.org.br/abendi/Upload/file/US_maio-2014%20\(1\).pdf](http://www.abendi.org.br/abendi/Upload/file/US_maio-2014%20(1).pdf) > Acesso em 07 jun 2022

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 13133. **Execução de Levantamento Topográfico.** Rio de Janeiro, 1994.

MARQUES, José: **Aula 2 Manutenção Corretiva Manutenção Preventiva,** Goiânia, 2010. Disponível em:< <https://slideplayer.com.br/slide/1252285/>> Acesso em 02 jun 2022.

- ANDREUCCI, Ricardo. **Ensaio por Ultrassom**. São Paulo, 2014. Disponível em: <[http://www.abendi.org.br/abendi/Upload/file/US_maio-2014%20\(1\).pdf](http://www.abendi.org.br/abendi/Upload/file/US_maio-2014%20(1).pdf) > Acesso em 13 jun 2022.
- ACI 228.2R. **Nondestructive test Methods for Evaluation of Concrete in Structures**. Michigan, 2004.
- KIRK, Pearson. **The Benefits of Bridge Condition Monitoring**. Reino Unido, 2008.
- TELFORD, Thomas. **Comite Euro-Internacional du Béton**. London, 1993.
- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) NBR 9452. **Vistorias de Pontes e Viadutos de Concreto**. Rio de Janeiro, 1986.
- Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). **Inspeções em Pontes e Viadutos de Concreto Armado e Protendido**. Rio de Janeiro, 2004.
- Santos, A. D.; Oliveira, T. D.: **Avaliação dos métodos práticos e CEMA de projeto de correia transportadora**. FAZU em Revista, Uberaba, 2012.
- Fábrica de Aço Paulista (FAÇO). **Manual de transportadores de correia FAÇO**. São Paulo, 1988.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 6177. **Transportadores Contínuos - Transportadores de Correia - Terminologia**. Rio de Janeiro, 1999.
- SANTOS, D.; MALAGONI, R. **Projeto de Correias Transportadoras: Um Estudo Computacional de Comparação dos Métodos Cema e Prático**. Rio Grande do Norte, 2014.
- RICHARDSON, M. **Fundamentos da Metodologia Científica**. São Paulo, 1999.
- VIANNA, M. **Design thinking: inovação em negócios**. Rio de Janeiro, 2012.
- BARROS, D. L. P. **Teoria semiótica do texto**. São Paulo, 1990.
- GIL, Antonio Carlos et al. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo, 2002.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. São Paulo, 2002.
- SILVA, A. O.; RORATTO, L.; SERVAT, M. E.; DORNELES, L.; POLACINSKI, E. **Gestão da qualidade: Aplicação da ferramenta 5W2H como plano de ação para projeto de abertura de uma empresa**. Belo Horizonte, 2013.
- LOPES, Paulo A. C.. **Inspeção de Estruturas de Betão Armado com Base em Veículos Aéreos Não Tripulados e Processamento Supervisionado de Imagem**. Porto, Portugal, 2020.
- FERREIRA, Ana P. S. C.. **Proposta de Melhorias para a Área de Integridade Estrutural: Um Procedimento Operacional Padrão para a Gerência de Manutenção e Gestão de Ativos de uma Empresa de Mineração**. Ouro Preto, 2021.
- ABNT NBR 315. **Ensaio não destrutivos - Ensaio Visual – Requisitos e práticas recomendadas**. Rio de Janeiro, 2017.
- ABNT NBR 334. **Ensaio não destrutivos — Líquidos penetrantes — Detecção de descontinuidades**. Rio de Janeiro, 2017.
- NORMA MERCOSUL (AMN) NM 335. **Ensaio não destrutivos — Ultrassom terminologia**. 2012.

ABNT NBR NM ISO 12707. **Ensaio não destrutivo — Partículas Magnéticas — Terminologia.** Rio de Janeiro, 2019.

ABNT NBR 314. **Ensaio não destrutivo — Radiografia Industrial. — Terminologia.** Rio de Janeiro, 2016.

ABNT NBR 316. **Ensaio não destrutivo - Correntes parasitas – Terminologia.** Rio de Janeiro, 2007.

ABNT NBR NM ISO 18081. **Ensaio não destrutivo – Ensaio de Emissão Acústica - Detecção de vazamentos através de emissão acústica.** Rio de Janeiro, 2020.

PANNONI, Fábio Domingos. **Princípios da proteção de estruturas metálicas em situação de corrosão e incêndio.** Gerdau Açominas, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 6181. **Classificação dos meios corrosivos.** Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

TAVARES, Lourival Augusto. **Administração moderna da manutenção.** Rio de Janeiro, Novo Polo, 1999.

GENTIL, Vicente. **Corrosão. Livros Técnicos e Científicos.** Editora SA. Quarta Edição. Rio de Janeiro, 2003.

NUNES, Laerce de Paula; LOBO, Alfredo Carlos O. **Pintura industrial na proteção anticorrosiva.** 2ª edição. Rio de Janeiro, 1998.

FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. **Tipos de Corrosão.** Brasil Escola. Rio Grande do Norte, 2017. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/quimica/tipos-corrosao.htm>> Acesso em 20 de setembro de 2022.

Agencia Nacional de Aviação Civil (ANAC). **Relatório de Análise das Contribuições.** Distrito Federal, 2012. Disponível em: <<https://www.gov.br/anac/pt-br/acesso-a-informacao/participacao-social/consultas-publicas/consultas-publicas-encerradas/2012/cons01/relatorio-de-analise-das-contribuicoes-is-vant.pdf>> Acesso em 15 de setembro de 2022.

TACHIZAWA, Takeshy; CRUZ JUNIOR, João Benjamim; ROCHA, José Antônio de Oliveira. **Gestão de Negócios: visões e dimensões empresariais da organização.** São Paulo, 2003.