



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA



**METODOLOGIA CONSTRUTIVA DE UM TIE IN ELETROMECAÂNICO EM UM
TRANSPORTADOR DE CORREIA**

JOÃO VICTOR COSTA LEITE TEIXEIRA

São Luís - MA
2023

JOÃO VICTOR COSTA LEITE TEIXEIRA

**METODOLOGIA CONSTRUTIVA DE UM *T/E* IN ELETROMECAÂNICO EM UM
TRANSPORTADOR DE CORREIA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à coordenação do
curso de Engenharia Mecânica
como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel
em Engenharia Mecânica.

Professor: Dr. Dalmo Inacio
Galdêz Costa.

São Luís - MA
2023

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Teixeira, João Victor.

METODOLOGIA CONSTRUTIVA DE UM TIE IN ELETROMECAÊNICO EM
UM TRANSPORTADOR DE CORREIA / João Victor Teixeira. -
2023.

119 f.

Orientador(a): Dalmo Inacio Costa.

Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do
Maranhão, UFMA, 2023.

1. Ampliação dos pátios. 2. Tie in eletromecânico. 3.
Transportador de correia. I. Costa, Dalmo Inacio. II.
Título.

JOÃO VICTOR COSTA LEITE TEIXEIRA

**METODOLOGIA CONSTRUTIVA DE UM *TIE IN* ELETROMECAÂNICO EM UM
TRANSPORTADOR DE CORREIA**

Trabalho aprovado. São Luís – MA ____ de __ 2023

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Orientador – UFMA/Orientador

Prof. Dr.1º Membro da Banca – UFMA/Engenharia Mecânica

Prof. Dr.2º Membro da Banca – UFMA/Engenharia Mecânica

DEDICATÓRIA

A Deus por ter me concedido o dom da vida e aos meus pais por serem as pessoas mais essenciais na minha vida, sempre me apoiando e concedendo suporte desde o início.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por Sua infinita bondade, graça e amor.

Aos meus pais, por todo apoio, carinho, dedicação, paciência, ensinamentos e pelos sacrifícios feitos para que eu tivesse as condições necessárias para perseguir meus sonhos.

Aos meus parentes, especialmente meus avós maternos e paternos, por seu total apoio para que eu concluísse este curso.

Aos amigos da engenharia mecânica, em especial a Estephane Ferreira, Nádia Lypp, Silas Moura, Bruna Cristina, Davidson Alencar, Vinicius Costa, Matheus Garcia, Willame Júnior, Gabriel Lago, Lucas Fabrício, Igor Passinho, Celine Fernandes e a tantos outros que me auxiliaram até aqui.

Aos amigos da igreja, em epor sempre me aconselharem a nunca desistir.

Aos amigos de infância, Victor Hugo, Thiago Sousa, Caio Felipe e Saulo Cartagenes, por sempre me incentivarem a crescer como pessoa.

Gostaria de expressar minha profunda gratidão ao grupo de Implantação de Projetos de Capital da empresa Vale S.A., onde tive o privilégio de estagiar e adquirir conhecimentos valiosos para o meu crescimento profissional. Em especial, meu agradecimento se estende aos gestores Vinícius Pinho e Romeu, cujo incentivo, conhecimento e experiência foram fundamentais para o meu desenvolvimento. Além disso, gostaria de reconhecer o time de fiscalização de projetos, especialmente a Sebastião Pedrosa, Pauliane Nogueira, Allyson Lages, Francimar Costa, Ivanildo, Silvio Pina, Márcio André, Luiz Corvelo, Huilame Flávio, Arnoldo, Gedilson, Thiago Vieira, Rômulo, Juliana, Andressa, Ângelo, Adjailson, Sousa e João Pedro. Essas pessoas não apenas compartilharam seu conhecimento comigo, mas também serviram de inspiração para eu me esforçar e crescer, devido à sua dedicação e profissionalismo em suas áreas de atuação. Não poderia deixar de mencionar os estagiários que compartilharam essa jornada comigo, em especial a Maria Eduarda, Ivan Rocha, Letícia Cristine, Bruno Batalha, Claudia Adriane, Jadson Rodrigues, Wanessa Simas, Isabelle Matos e Ana Beatriz. Por último, gostaria de estender meu reconhecimento aos outros gestores: Yves Carvalho, Lucas Bezerra, Liliane Firme, Joslei Feitosa, Fábio Sobral, e Thiago Arci; ao gerente Job Veloso e à trainee Yasmim.

A meu professor orientador Dalmo Inacio Galdêz Costa pelo suporte, atenção e dedicação durante essa jornada.

Aos demais professores e profissionais da instituição que dedicaram seus tempos em transmitir os conhecimentos.

A empresa Solid Engenharia Júnior que contribuiu muito na minha formação e no trabalho em equipe.

“É juste que muito custe o que muito vale”

- Santa Teresa d'Ávila

RESUMO

O transporte de materiais a granel é um processo importante em diversos setores industriais, como na indústria alimentícia, construção civil e principalmente nas indústrias de mineração. Nesse sentido, os transportadores de correia têm papel fundamental neste processo, sendo responsável pelo transporte eficiente de grandes volumes de material. À medida que o tempo passa e as demandas aumentam, muitos setores industriais necessitam expandir suas instalações, aumentando assim o sistema de transporte de seus materiais. É nesse contexto, que o *Tie in* eletromecânico surge como uma solução plausível e com grande eficiência. O *Tie in* refere-se a uma ampliação, uma interligação entre os componentes de uma instalação nova com uma instalação já existente. Nesse caso, o *Tie in* trata-se da ampliação do transportador, envolvendo a modificação e ampliação de seus componentes. A importância do *Tie in* eletromecânico está na capacidade de atender às necessidades de expansão das indústrias e grandes empresas, possibilitando o aumento gradual da capacidade sem a necessidade de realizar a montagem de transportadores do zero. Economizando dessa forma, custos com novas construções, tempo e reduzindo o impacto ambiental. Dessa forma, a metodologia construtiva deste trabalho envolve a análise detalhada dos transportadores de correia existentes, verificando os equipamentos que necessitam ser alterados ou ampliados, considerando fatores como a resistência dos materiais, capacidade de transporte, eficiência operacional e dimensionamento dos componentes. Por fim, este estudo fornece uma abordagem construtiva eficaz para realizar o *Tie in* eletromecânico em transportadores de correia, ampliando a compreensão dos sistemas de transporte de materiais a granel. Portanto, tais resultados têm o potencial de serem aplicados na prática, contribuindo significativamente para o entendimento e auxiliando as instituições que buscam expandir suas operações de maneira eficiente e satisfatória.

Palavras-chave: Transportador de correia; *Tie in* eletromecânico; Ampliação dos pátios.

ABSTRACT

The transportation of bulk materials is an important process in several industrial sectors, such as the food industry, civil construction and especially the mining industries. In this sense, belt conveyors play a fundamental role in this process, being responsible for the efficient transport of large volumes of material. As time passes and demands increase, many industrial sectors need to expand their facilities, thus increasing the transport system for their materials. It is in this context that the electromechanical Tie in appears as a plausible and highly efficient solution. Tie in refers to an expansion, an interconnection between the components of a new installation with an existing installation. In this case, Tie in involves the expansion of the conveyor, involving the modification and expansion of its components. The importance of electromechanical Tie in lies in its ability to meet the expansion needs of industries and large companies, enabling the gradual increase in capacity without the need to assemble conveyors from scratch. This way, you save on new construction costs, time and reduce the environmental impact. Therefore, the construction methodology of this work involves a detailed analysis of existing belt conveyors, checking equipment that needs to be changed or expanded, considering factors such as material resistance, transport capacity, operational efficiency and component sizing. Finally, this study provides an effective constructional approach to perform electromechanical Tie-in on belt conveyors, expanding the understanding of bulk materials transportation systems. Therefore, such results have the potential to be applied in practice, significantly contributing to understanding and assisting institutions seeking to expand their operations efficiently and satisfactorily.

Keywords: Belt conveyor; Tie in electromechanical; Expansion of patios.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Layout Pátio Sul.....	10
Figura 2 - Pátio Sul.....	11
Figura 3 - Transportador de correia.....	12
Figura 4 - Esquema dos principais componentes de um Transportador de Correia..	13
Figura 5 - Componentes básicos da correia - (a) lona e (b) cabo de aço.....	14
Figura 6 - Conjunto de acionamento.	14
Figura 7 - Motor elétrico.	15
Figura 8 - Redutor de velocidade.	16
Figura 9 - Hidrovariador.	17
Figura 10 - Funcionamento do Hidravariador	17
Figura 11 - Ventilador (trocador de calor).....	18
Figura 12 - Desenho com dimensões de um do Ventilador/Trocador de calor.....	19
Figura 13 - Acoplamento Flexível.....	19
Figura 14 - Freio a disco.....	20
Figura 15 - Contra recuo.	21
Figura 16 - Tambor de acionamento.	21
Figura 17 - Tambor virador de correia.....	22
Figura 18 - Tambor de desvio.	22
Figura 19 - Rolete de carga.....	23
Figura 20 - Rolete de Impacto.	24
Figura 21 - Rolete de retorno.	24
Figura 22 - Rolete de transição.	25
Figura 23 - Rolete auto-alinhante de carga.	25
Figura 24 - Rolete auto-alinhante de retorno.....	26
Figura 25 - Rolete de retorno com anéis.	26
Figura 26 - a) Alimentador em linha; b) Alimentação transversal; c) Chute convencional de alimentação	27
Figura 27 - a) Descarga no tambor de cabeça; b) Descarga tipo Tripers.....	27
Figura 28 - Triper de descarga.....	28
Figura 29 - Raspador.	29
Figura 30 - Limpador - estrutura de aço reta.....	29
Figura 31 - Sistema de esticamento típicos.	30
Figura 32 - Sistema de esticamento - Gravitacional com torre de contrapeso.	31

Figura 33 - Sistema de esticamento - Esticador de correia por parafuso.....	31
Figura 34 - Sistema de esticamento - Esticador eletromecânico.....	32
Figura 35 - Empilhadeira de minério.	33
Figura 36 - Recuperadora de minério tipo roda de caçamba.	33
Figura 37 - Casa de transferência de minério.	34
Figura 38 - Cabeça móvel.	34
Figura 39 - Escopo de montagem - Tie In eletromecânico.....	36
Figura 40 - Configuração da cabeceira de um transportador de correia.	37
Figura 41 - Sistema de esticamento - (a) esticamento gravitacional e (b) esticamento eletromecânico.	37
Figura 42 - Enroladores de cabo – (a) espiral e (b) tambor.....	37
Figura 43 - Ampliação do transportador.	38
Figura 44 - Acréscimo da capacidade dos pátios ampliados.....	40
Figura 45 - Pátio nova e berma nova - Planejamento 4D.....	41
Figura 46 - Construção do novo pátio e da nova berma.	41
Figura 47 - Execução do estaqueamento na nova berma do transportador – Planejamento 4D.....	42
Figura 48 - Arrasamento de estacas e construção do caminho de rolamento para máquina – Planejamento 4D.	43
Figura 49 - Execução das lajes de piso do transportador - Planejamento 4D.....	43
Figura 50 - Demolição de acesso da berma antiga – Planejamento 4D.....	44
Figura 51 - Execução do aterro parcial/ligação entre as duas bermas - Planejamento 4D.....	44
Figura 52 - Execução da caixa de passagem e envelopamento no aterro parcial - Planejamento 4D.....	45
Figura 53 - Execução da base para apoio das estruturas metálicas - Planejamento 4D.	45
Figura 54 - Complementação do caminho de rolamento e da laje de piso - Planejamento 4D.....	46
Figura 55 - Execução das bases civil para sustentação do guincho e roldanas – Planejamento 4D.....	46
Figura 56 - Execução das bases civis para montagem dos componentes da cabeceira - Planejamento 4D.....	47
Figura 57 - Execução das bases civis - região da cabeceira do transportador.	47

Figura 58 - Estruturas da cabeceira do transportador.	49
Figura 59 - Montagem das mesas de cargas sobre a cabeceira.	49
Figura 60 - Montagem dos módulos de mesas na berma.	50
Figura 61 - Montagem da base skid.	50
Figura 62 - Novo conjunto de acionamento.	52
Figura 63 - Conjunto de Acionamento novo - Planejamento 4D.	52
Figura 64 - Montagem dos quatro tambores de retorno.	53
Figura 65 - Montagem dos viradores de correia.	53
Figura 66 - Ângulo de inclinação dos viradores de correia.	54
Figura 67 - Passagem da correia.	56
Figura 68 - Proteções e cobertura do transportador.	57
Figura 69 - Montagem de tubulações de SPCI e AID.	58
Figura 70 - Ampliação estrutural da casa de transferência.	59
Figura 71 - Cable rack que liga o transportador à subestação.	60
Figura 72 - Montagem de leitos e eletrodutos no transportador.	61
Figura 73 - Alívio do contrapeso da torre de esticamento.	65
Figura 74 - Sistema de acionamento do transportador.	73
Figura 75 - Estado da máquina com o enrolador de cabos espiral.	76
Figura 76 - Enrolador de cabos tipo espiral.	77
Figura 77 - Condição do enrolador de cabo.	77
Figura 78 - Características técnicas do enrolador de cabos espiral.	78
Figura 79 - Sequência para desmontagem do enrolador.	78
Figura 80 - Instalação do reforço estrutural para o novo enrolador.	79
Figura 81 - Enrolador de cabo tipo tambor - modelo T2 2.5/3.15.	80
Figura 82 - Características técnicas do enrolador de cabos tipo tambor.	81
Figura 83 - Execução da montagem do novo enrolador de cabos.	81
Figura 84 - Vista isométrica da estrutura existente.	84
Figura 85 - Esquemático básico de guincho automático para tensionamento de correia.	87
Figura 86 - Guincho eletromecânico do sistema de esticamento	88
Figura 87 - Estrutura metálica do suporte das roldanas.	90
Figura 88 - Roldanas instaladas no novo sistema de esticamento.	90
Figura 89 - Desmontagem do sistema de esticamento com contrapeso.	92

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Ampliação detalhada do transportador.....	38
Tabela 2 - Ampliação dos pátios.	39
Tabela 3 - Acréscimo da capacidade dos pátios em toneladas.....	39
Tabela 4 - Propriedades do transportador de correia.	48
Tabela 5 - Disposição de montagem dos viradores de correia.....	54
Tabela 6 - Modelo correia ST3500.	55
Tabela 7 - Propriedades do fluído (água).	58
Tabela 8 - Propriedades do Hidrovariador Henfel.	71
Tabela 9 - Propriedades motor WEG.	72
Tabela 10 - Propriedades redutor SEW.	72
Tabela 11 - Materiais necessários para reforço estrutural.	79
Tabela 12 - Características técnicas do guincho instalado.	88
Tabela 13 - Características técnicas do motor elétrico instalado.	89

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Conjuntos de acionamento - Modificações propostas.	51
Quadro 2 - Tipo de serviço do transportador.	55
Quadro 3 - Avaliação de correia - ST3500.	56
Quadro 4 - Mão de obra durante o Tie in.	63
Quadro 5 - Equipamentos disponíveis durante o Tie in.	63
Quadro 6 - Processo de remoção da correia.	66
Quadro 7 - Sequência de desmontagem na cabeceira no transportador.	67
Quadro 8 - Sequência de montagem na região do Tie in.	68
Quadro 9 - Conjuntos de acionamento reaproveitados.	69
Quadro 10 - Sequência de montagem da casa de transferência.	73
Quadro 11 - Realização da emenda de correia no transportador.	75
Quadro 12 - Visualização dos componentes do sistema de esticamento por gravidade.	83
Quadro 13 - Visualização dos componentes do sistema de esticamento eletromecânico.	85
Quadro 14 - Adaptações no carro esticador do novo sistema de esticamento	91
Quadro 15 - Sequenciamento de montagem do novo sistema de esticamento.	92

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	5
2. JUSTIFICATIVA.....	7
3. OBJETIVOS.....	8
3.1 OBJETIVO GERAL	8
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	9
4.1 TERMINAL MARÍTIMO DA PONTA DA MADEIRA.....	9
4.1.1 Pátio Sul.....	9
4.2 TRANSPORTADOR DE CORREIA.....	11
4.3 COMPONENTES DE UM TRANSPORTADOR DE CORREIA	12
4.3.1 Estrutura de suporte.....	13
4.3.2 Correia transportadora	13
4.3.3 Conjunto de acionamento.....	14
4.3.3.1 Motor Trifásico de Indução – Rotor de Gaiola.....	15
4.3.3.2 Redutor.....	15
4.3.3.3 Hidrovariador	16
4.3.3.4 Ventilador	18
4.3.3.5 Acoplamento	19
4.3.3.6 Freios	20
4.3.3.7 Contra recuo.....	20
4.3.4 Tambores	21
4.3.4.1 Tambor de acionamento.....	21
4.3.4.2 Tambor virador de correia	22
4.3.4.3 Tambor de desvio, de retorno e esticador:	22
4.3.5 Roletes	23
4.3.5.1 Rolete de carga	23

4.3.5.2 Rolete de impacto.....	23
4.3.5.3 Rolete de retorno.....	24
4.3.5.4 Rolete de transição.....	24
4.3.5.5 Rolete auto-alinhantes.....	25
4.3.5.6 Rolete de retorno com anéis	26
4.3.6 Dispositivos de carregamento e descarrega (Chute).....	26
4.3.7 Descarga do material da correia	27
4.3.8 Guias Laterais	28
4.3.9 Raspadores	28
4.3.10 Limpadores.....	29
4.3.11 Sistema de Esticamento.....	29
4.3.11.1 Gravitacional com torre de contrapeso.....	30
4.3.11.2 Esticador por parafuso	31
4.3.11.3 Eletromecânico ou Hidráulico	31
4.4 COMPONENTES COMPLEMENTARES DE UM TRANSPORTADOR DE CORREIA.....	32
4.4.1 Empilhadeira de minério.....	32
4.4.2 Recuperadora de minério	33
4.4.3 Casa de transferência de minério.....	34
5. METODOLOGIA	35
5.1 TIPO DE PESQUISA.....	35
5.2 OBJETO DE ESTUDO	35
5.2.1 Apresentação geral do escopo da ampliação do transportador	36
6.RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
6.1 PRÉ-TIE IN EM UM TRANSPORTADOR DE CORREIA	40
6.2 FINALIZAÇÃO DO PRÉ TIE IN EM UM TRANSPORTADOR DE CORREIA.....	61
6.3 TIE IN EM UM TRANSPORTADOR DE CORREIA.....	62

___ 6.3.1	Desmontagem da cabeceira existente do transportador de correia	65
___ 6.3.2	Montagem do transportador de correia	67
___ 6.3.3	Alterações na casa de transferência de minério.....	73
___ 6.3.4	Execução da emenda da correia transportadora.....	74
___ 6.3.5	Substituição do enrolador de cabo da empilhadeira.....	76
___ 6.3.6	Implementação de um novo sistema de esticamento.....	81
_____ 6.3.6.1	Conjunto de tensionamento existente	82
_____ 6.3.6.2	Premissas para novo sistema de esticamento	84
_____ 6.3.6.3	Sistema de esticamento eletromecânico	85
___ 6.3.7	Desmontagem da torre de esticamento.....	92
___ 6.3.8	Montagem do novo sistema de esticamento	92
6.4	PÓS <i>TIE-IN</i> DE UM TRANSPORTADOR DE CORREIA	94
7	CONCLUSÃO	97
	REFERÊNCIAS.....	99
	ANEXO 1 – TERMINAL MARÍTIMO DA PONTA DA MADEIRA.....	105

1. INTRODUÇÃO

O progressivo aumento da globalização e o crescimento da demanda por produtos de aço em todo o mundo, fomenta gradativamente mais a produção, armazenagem e transporte de minério de ferro, um dos principais granéis utilizados nas grandes produções industriais. Dessa forma, o porto da Ponta da Madeira, localizado em São Luís do Maranhão, operado pela mineradora VALE SA, está em processo de expansão constantemente, mesmo já sendo um dos maiores terminais marítimos do mundo [1]

Sabe-se que as estruturas portuárias são de fundamental importância para o crescimento econômico mundial. Usadas desde a época das grandes navegações, desempenham um papel modal de grande importância, por possuírem um custo baixo de frete em comparação ao seu volume de carga transportado [2]. É com este intuito, que o Complexo S11D Eliezer Batista, que visa a construção e expansão de minas, usinas, logísticas ferroviárias e portuárias, é o maior projeto de mineração da história da mineradora. Além da construção de um ramal ferroviário com mais de 100 quilômetros, da implantação de mina e usina, e da expansão da Estrada de Ferro Carajás, destaca-se a ampliação do Terminal Marítimo da Ponta da Madeira. Esse projeto foi concebido para aumentar a capacidade de transporte de minério para duzentos e trinta milhões de toneladas por ano, tornando necessário o desenvolvimento da expansão dos pátios de estocagem de minério. Para alcançar esse objetivo, faz-se essencial a utilização de transportadores de correia, equipamento indispensável para o transporte de granéis sólidos, por grandes distâncias, em um sistema que pode funcionar continuamente.

No entanto, com o aumento da demanda imposta ao sistema, torna-se essencial expandir os transportadores. Esse processo é conhecido como *Tie in*, abrangendo construções, interconexões e modificações nos transportadores. [2].

Tie in é uma conexão, uma interligação entre componentes de uma instalação nova com uma instalação já existente. A tomada de água de uma tubulação de uma área nova com a rede de distribuição de água existente ou a conexão de uma expansão de barramento de um novo painel elétrico a um outro já existente, são exemplos de *Tie in* [3]. O termo *Tie in* originalmente referia-se à interligação de linhas

de tubulação em sistemas industriais de uma nova instalação com uma instalação existente. No entanto, com o avanço das implementações dos sistemas industriais, *Tie in* se tornou sinônimo de toda e qualquer interligação necessária, de novas instalações com instalações existentes [3].

De qualquer modo, um ponto de *Tie in* é uma locação onde ocorrerá uma intervenção relevante, podendo no caso de interligação com instalações existentes levar a uma parada programada de produção [3].

Desse modo, pode-se dizer que a ampliação de um transportador de correia é um processo que envolve a expansão da capacidade de transporte de um transportador existente. É fundamental quando a demanda de um transporte aumenta e o equipamento existente já não é mais capaz de suportar essa demanda. Além disso, faz-se necessário saber que existem várias etapas de grande importância para a realização de um *Tie In*, são elas: análise da capacidade atual, verificação do espaço disponível para a futura ampliação, projeto do *Tie in*, seleção de equipamentos adequados, implantação e comissionamento. Todas essas etapas, serão esclarecidas com mais detalhes ao longo do trabalho.

2. JUSTIFICATIVA

Devido ao crescimento produtivo em variados setores industriais, faz-se necessário a realização de uma ampliação em certos equipamentos, o que pode ser um problema, devido ao grau de dificuldade imposto, necessitando de mão de obra qualificada e de expertise operacional.

Dessa forma, o estudo do prolongamento ou *Tie in* de transportadores de correia é de suma importância tanto do ponto de vista científico quanto acadêmico por diversos fatores, pois abrange uma série de aspectos que podem ter um impacto significativo na eficiência e na capacidade de transporte desses equipamentos.

Ao realizar a implantação de um *Tie in* em um transportador, obtém-se a melhoria na capacidade de transporte, permitindo uma maior quantidade de material seja movida de forma contínua e eficiente. Neste estudo, o transportador em foco está posicionado entre dois pátios de minério. Com a expansão desses pátios e o prolongamento do transportador em 435,40 metros, será factível alocar um acréscimo de 229 mil toneladas de minério nos pátios, resultando em um considerável aumento na capacidade de recebimento e exportação. Além disso, há uma redução de desgastes e danos causados devido ao atrito do transportador com os componentes do sistema, polias e rolos, prolongando a vida útil do equipamento e reduzindo custos de manutenção.

Não obstante, com o prolongamento do equipamento realizado por completo, tem-se melhoria na segurança operacional, sendo possível desenvolver diretrizes e boas práticas durante a nova implementação do sistema. Pode-se destacar ainda que a área de estudos e pesquisas sobre o *Tie in* dos transportadores contribui para o avanço da engenharia de mecânica e da indústria em geral, sendo possível impulsionar a inovação e melhorar continuamente o desempenho dos transportadores, levando melhorias para os setores de logística, mineração e processamento de materiais.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Analisar e relatar a implantação do *Tie in* eletromecânico em um transportador de correia em uma mineradora.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Apresentar um estudo bibliográfico e técnico do transportador de correia, bem como seus componentes complementares da aplicação do transportador (Máquinas de pátio, sistema de esticamento, casas de transferência);
- Detalhar as etapas e os impactos de um *Tie in* eletromecânico em um transportador de correia;
- Mostrar a multidisciplinaridade e áreas envolvidas para que o processo de *Tie in* aconteça de forma segura e dentro das metas de projeto;
- Discorrer sobre as etapas de completação mecânica, pré-comissionamento e comissionamento do projeto de ampliação;
- Apresentar uma análise dos resultados de ampliação e propor recomendações.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 TERMINAL MARÍTIMO DA PONTA DA MADEIRA (TMPM)

O porto da Ponta da Madeira pertencente à VALE SA no Maranhão e situa-se na região metropolitana de São Luís. É formado por dois grandes pátios que estão em constante evolução para aumento da sua capacidade de produção. O porto norte, constituído por dois grandes pátios (pátio sul e norte), possui uma elevada gama de equipamentos de grande porte, possuindo oito viradores de vagões, seis empilhadeiras, oito recuperadoras, seis empilhadeiras/recuperadoras, oito carregadores de navio, mais de 150 transportadores de correia, entre muitos outros equipamentos.

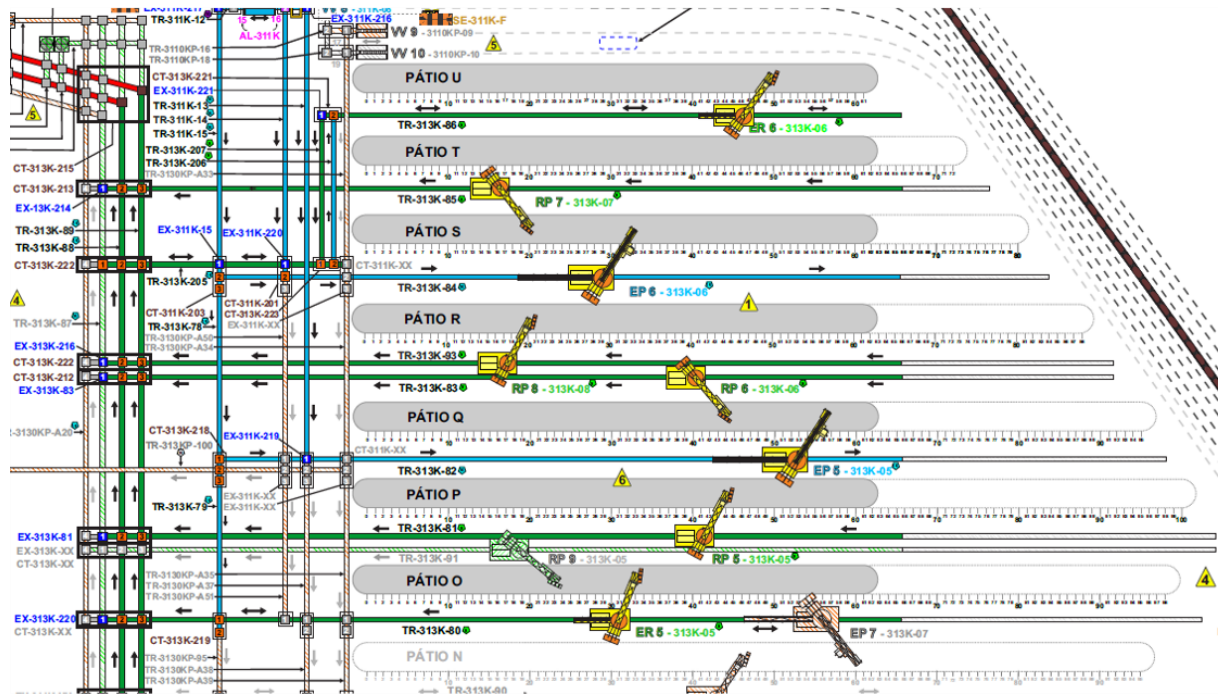
O TMPM, mostrado no anexo I, é responsável pelo recebimento do minério (minério de ferro, insumos para produção de pelotas e manganês) proveniente de carajás, que é descarregado nos viradores de vagões, estocado em pátios a céu aberto e, embarcado em navios que se destinam a clientes em todo mundo [4].

Desse modo, faz-se necessário destacar que o projeto do *Tie in* foi realizado nos transportadores localizado no pátio sul, sendo assim, é nesse pátio que será estudado a ampliação dos transportadores, bem como seus componentes internos e complementares.

4.1.1 Pátio Sul

Entre os dois pátios existentes, apenas o pátio sul tem a capacidade de ampliar os transportadores, pois é o único que não está limitado por outros equipamentos em uma de suas extremidades conforme a Figura 1:

Figura 1 - Layout Pátio Sul.



Fonte: [5].

Este pátio para estocagem de minério possui espaço para os seguintes equipamentos:

- seis transportadores (TR-80, 81, 83, 93, 85 e 86) com capacidade para 8 mil toneladas por hora;
- dois transportadores (TR-82 e 84) com capacidade para 16 mil toneladas por hora;
- duas empilhadeiras (EP-05 e 06) com capacidade para 16 mil toneladas por hora;
- quatro recuperadoras (RP-05, 06, 08 e 07) com capacidade para 8 mil toneladas por hora;
- duas empilhadeiras/recuperadoras (ER-05 e 06) com capacidade para 8 mil toneladas por hora.

Além dos transportadores e das máquinas de pátio, vale ressaltar a presença das casas de transferência de minério e das duas subestações para alimentação dos equipamentos.

Na Figura 2, é possível observar a vista do pátio sul composto com os transportadores e máquinas de pátios citados anteriormente.

Figura 2 - Pátio Sul.



Fonte: O autor (2021).

4.2 TRANSPORTADOR DE CORREIA

Os transportadores de correia são equipamentos destinados ao transporte contínuo de material a granel ou em pacotes, que utilizam uma correia sem fim como meio de tração e ao mesmo tempo como elemento portador do material transportado [6]. Além disso, deslocam-se sobre tambores e roletes com o objetivo de promover um fluxo contínuo com maior rapidez, baixo custo, operando com segurança, sendo versátil e com uma grande variedade de capacidades [7].

Os transportadores de correia, Figura 3, exibem a habilidade de transportar materiais que variam de pedaços grandes, pesados e com extremidades afiadas até partículas finas; de molhados, pegajosos, pastosos, até pó seco; de minério bruto à areia de fundição; de toras do tamanho de árvores a pedaços de madeira e até batatas fritas [8].

Figura 3 - Transportador de correia



Fonte: O autor (2022).

Além destas vantagens, pode-se dizer que para transportes industriais, não há outro que supere o transportador de correia quanto à eficácia. Sendo assim, de todos os sistemas de manuseio de materiais, os transportadores de correia operam tipicamente com o menor custo de transporte por tonelada, o menor custo de energia por tonelada, e o menor custo de trabalho por tonelada [8].

4.3 COMPONENTES DE UM TRANSPORTADOR DE CORREIA

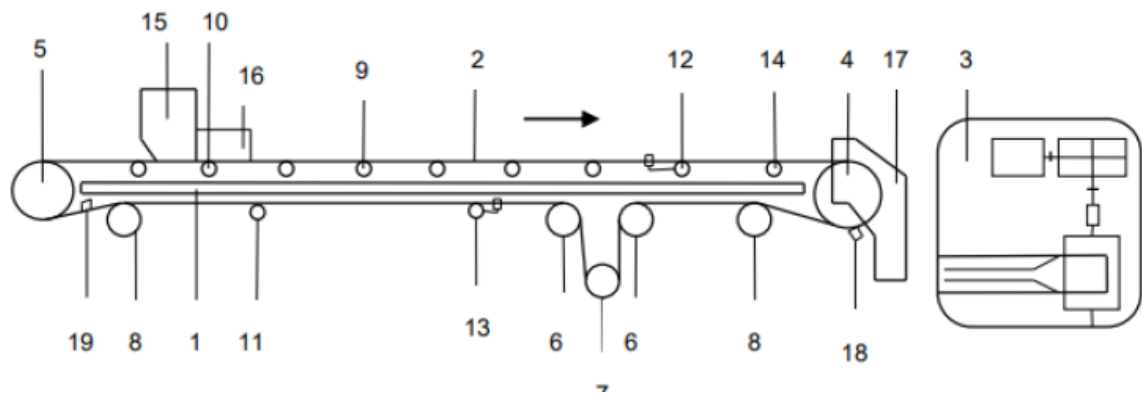
Sabe-se que os transportadores de correia são compostos por diversos componentes que trabalham em conjunto para garantir a eficiência e segurança no processo de transporte. Neste contexto, a descrição dos componentes de um transportador de correia permite compreender o funcionamento e a importância de cada elemento para o desempenho do equipamento.

Podem ser citados como os principais componentes de um transportador, os seguintes itens: correia, tambores, roletes, guias laterais, freios, estruturas, chutes, raspadores, sistema de esticamento, sistema de acionamento (motor, redutor, hidrováriador), entre outros. Além disso, tem-se em unidade com o transportador, a casa de transferência (CT), responsável por permitir a transferência suave e eficiente do minério entre diferentes transportadores, e as máquinas de pátio, conhecidas como empilhadeiras (EPs) - responsável por transportar, empilhar e desempilhar cargas, e

a recuperadora (RPs) – tem a função de recuperar o material a granel de pilhas e transferir para os outros meios de transporte.

A Figura 4, apresenta um desenho esquemático de um TR, onde é possível visualizar de forma geral, alguns componentes dos transportadores. Além disso, é necessário relatar que todos os equipamentos de um transportador de correia deverão estar de acordo com os padrões DIN (Deutsches Institut für Normung) e CEMA (Conveyor Equipment Manufacturers Association).

Figura 4 - Esquema dos principais componentes de um Transportador de Correia



Fonte: [9].

- | | |
|-----------------------------|---------------------------------------|
| 1. Estrutura de suporte; | 11. Rolete de retorno; |
| 2. Correia transportadora; | 12. Rolete auto-alinhante de carga; |
| 3. Conjunto de acionamento; | 13. Rolete auto-alinhante de retorno; |
| 4. Tambor de acionamento; | 14. Rolete de transição; |
| 5. Tambor de retorno; | 15. Chute de alimentação; |
| 6. Tambor de desvio; | 16. Guias laterais; |
| 7. Tambor de esticamento; | 17. Chute de descarga; |
| 8. Tambor de encosto; | 18. Raspador; |
| 9. Rolete de carga; | 19. Limpador. |
| 10. Rolete de impacto; | |

4.3.1 Estrutura de suporte

É a estrutura metálica que sustenta os componentes do transportador, incluindo a correia, os tambores e os roletes.

Envolve todas as partes que compõem o transportador e tem função de sustentação, como apoio, torres, suportes, treliças, entre outras. Trata-se do maior elemento mecânico presente, visto que deve fixar todos os demais elementos mecânicos no transportador [9].

4.3.2 Correia transportadora

Sabe-se que a correia transportadora é um dos principais itens de um transportador de correia, pois é por meio dela que será deslocado o material que está sendo utilizado para operação.

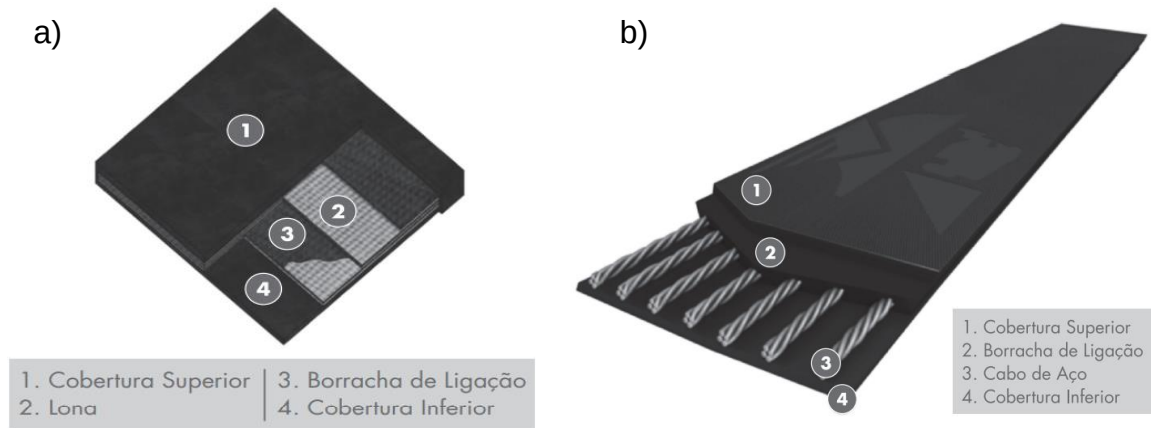
Dessa forma, para que seja possível ter uma noção completa sobre uma correia transportadora, é necessário saber como ela é construída, pois somente assim, é possível avaliar seu comportamento nas mais variadas condições de operação [10]. A correia tem a sua seleção baseada nos seguintes aspectos [11]:

1. Características do material transportado;
2. Condições de serviço;
3. Tipos de rolete;
4. Largura
5. Tensão máxima;
6. Tempo de percurso completo;
7. Temperatura do material

A correia é basicamente constituída por carcaças – elemento de força da correia, pois depende da resistência para suportar a carga, tensões e flexões, além de toda a severidade que é submetida à correia na movimentação de cargas; e coberturas – elementos que protegem a carcaça contra o ataque do material transportado [11].

Por meio da Figura 5 é possível observar os dois tipos mais usuais de correia, fibras têxteis e cabos de aço, ambas constituídas basicamente de uma carcaça e cobertura.

Figura 5 - Componentes básicos da correia - (a) lona e (b) cabo de aço.



Fonte: [10]

4.3.3 Conjunto de acionamento

Geralmente o conjunto de acionamento de um transportador de correia é composto por motor, redutor, hidrováriador, ventilador e acoplamentos como mostra a Figura 6.

Figura 6 - Conjunto de acionamento.



Fonte: O autor (2022).

4.3.3.1 Motor Trifásico de Indução – Rotor de Gaiola

Os motores elétricos, Figura 7, são os mais utilizados por sua fácil instalação, transporte, baixo custo, limpeza, simplicidade no comando e adaptabilidade às muitas variações de carga da correia [12]. Além disso, os motores elétricos são responsáveis por gerar o torque necessário para girar o tambor motriz e, conseqüentemente, mover a correia [13].

Figura 7 - Motor elétrico.



Fonte: O autor (2023).

Os motores utilizados em transportadores de correia podem chegar a uma potência de 1120 KW (~1500 cv), com uma rotação de 893 rpm, potência necessária de 1353 kW e um torque máximo de 22,96 kN.m [14]

4.3.3.2 Redutor

Os Redutores, Figura 8, são caixas fundidas ou soldadas com trens de engrenagem internos que tem a finalidade de reduzir a velocidade de rotação do motor e aumentar o torque no acionamento. Para aumentar sua vida útil, as engrenagens estão banhadas em óleo para diminuir o desgaste [12].

Figura 8 - Redutor de velocidade.



Fonte: O autor (2023).

Para efeitos de intercambialidade (substituição de um componente por outro similar, sem a necessidade de ajustes e modificações), todos os redutores deverão ter eixos prolongados, sendo as pontas não utilizadas dotadas de proteção em aço, fixadas por parafusos à carcaça do redutor. Além disso, para a capacidade mecânica dos redutores deve-se considerar um fator de serviço de, no mínimo, 1,8 sobre a potência nominal do motor [15].

4.3.3.3 Hidrovariador

Os hidrovariadores, Figura 9, são aplicados entre o motor e a máquina acionada. São responsáveis por transmitir potência por meio de energia cinética transferida pelo movimento circular do fluido de trabalho dentro de sua câmara, localizada entre o rotor bomba no eixo de acionamento e o rotor turbina no eixo acionado [16].

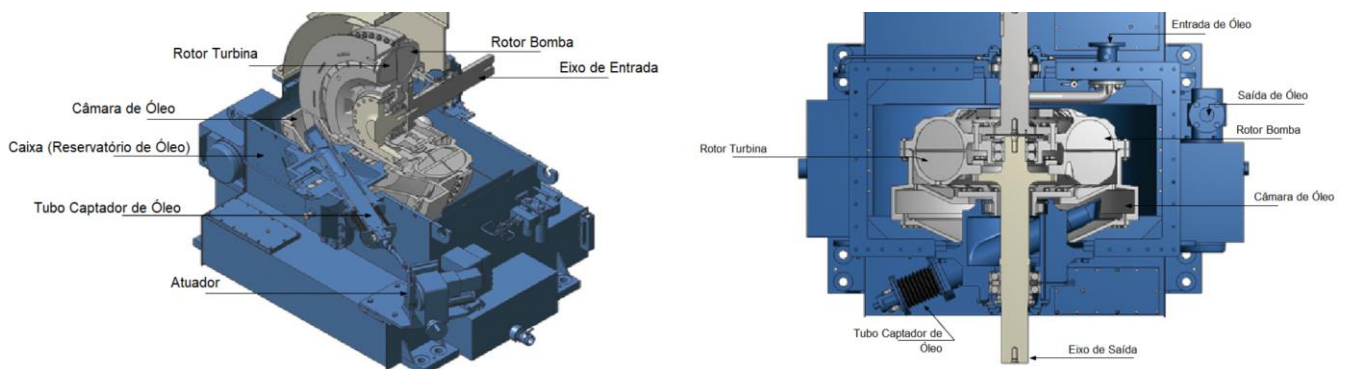
Figura 9 - Hidrovariador.



Fonte: O autor (2023).

Pode-se observar na Figura 9 acima, que o hidrovariador possui carcaça bipartida onde são alojados rotores bomba, turbina e seus eixos. O motor principal e a máquina acionada são conectados ao hidrovariador através de acoplamentos elásticos mecânicos. Além disso, o fluido de trabalho permite a transmissão de força livre de contato mecânico e de vibrações torcionais resultantes da operação entre a entrada e a saída [16]. Todos esses aspectos podem ser observados na Figura 10:

Figura 10 - Funcionamento do Hidravariador



Fonte: [16]

4.3.3.4 Ventilador

Os trocadores de calor modelo TCA400-100, Figura 11, são sistemas de resfriamento de alta eficiência feitos de alumínio, possuem alto desempenho e pressão de trabalho, alta flexibilidade para uso com óleos de transmissão, motor, hidráulicos e de lubrificação [17].

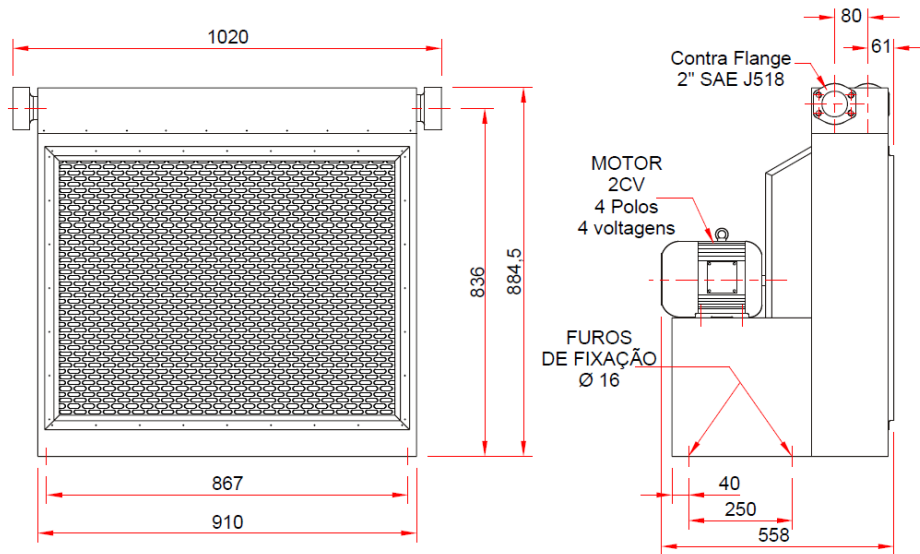
Figura 11 - Ventilador (trocador de calor).



Fonte: O autor (2023).

Na Figura 12, tem-se o tipo de construção do ventilador, constituído por tubos de cobre expandidos sobre aletas de alumínio, carenagem de proteção para o trocador e para o ventilador e um motor elétrico trifásico, com 4 polos, potência de 2 CV e 4 voltagens [17].

Figura 12 - Desenho com dimensões de um do Ventilador/Trocador de calor.



Fonte: [17].

4.3.3.5 Acoplamento

Os acoplamentos são elementos de ligação entre o eixo de motores, redutores e tambores [13]. O acoplamento flexível mostrado na Figura 13, proporciona a transmissão de torque eficiente através da compressão dos elementos elásticos, que também absorvem choques e vibrações provenientes das máquinas acionadora e acionada, além disso, permitem a compensação de desalinhamentos angulares radiais e axiais [16].

Figura 13 - Acoplamento Flexível.



Fonte: O autor (2023).

Além dos acoplamentos flexíveis, existem também o acoplamento hidrodinâmico e o bipartido. Estes tipos de acoplamento transmitem um torque crescente até se atingir o torque máximo, evitando rasgos na correia devido à alta tensão que seria aplicada abruptamente [13].

4.3.3.6 Freios

Os freios a disco são importantes para parar o tambor motriz e evitar acúmulo de material durante seu desligamento. São utilizados em transportadores em declive para não perder o controle da velocidade da correia [13]. Na Figura 14 é possível visualizar um sistema de freio a disco hidráulico utilizado nos acionamentos de transportadores de correia:

Figura 14 - Freio a disco.



Fonte: O autor (2023).

A tensão máxima atuante na condição de frenagem do transportador deverá atender aos fatores de segurança mínimos especificados para a correia transportadora. Além disso, a capacidade térmica do freio deverá permitir no mínimo cinco paradas por hora, com o transportador na sua capacidade de projeto, devendo a temperatura não exceder a 160 °C [15].

4.3.3.7 Contra recuo

O contra recuo, Figura 15, tem como principal finalidade evitar o retorno de correia quando o motor é desligado, assim evitando o entupimento de chutes e possíveis danos estruturais ao transportador [13].

Figura 15 - Contra recuo.



Fonte: [13].

4.3.4 Tambores

Os tambores são elementos essenciais em um transportador de correia, no que se refere à transmissão de potência, dobras, desvio e retorno da correia [18]. De modo geral, os tambores possuem corpos cilíndricos, com revestimento de borracha para aumentar o coeficiente de atrito entre o tambor e a correia [7].

A estrutura do tambor é composta por discos laterais e centrais, cubos, elementos para transmissão de torque, eixo, mancais e revestimento. Além disso, podem ser classificados como tambor de acionamento, virador de correia, de desvio, de retorno, esticador e de retorno [18].

4.3.4.1 Tambor de acionamento

O tambor de acionamento, Figura 16, é responsável por transmitir torque ao conjunto de acionamento, formado por um motor, hidrováriador, acoplamentos, redutor e freios [7].

Figura 16 - Tambor de acionamento.

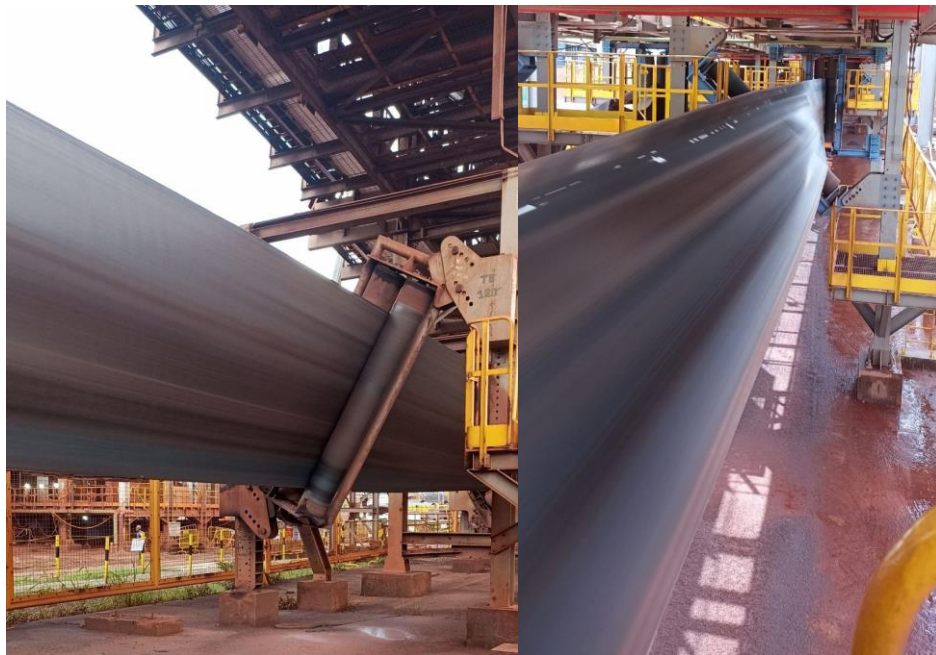


Fonte: O autor (2022).

4.3.4.2 Tambor virador de correia

O tambor virador de correia, conhecido como “turnover” (Figura 17), serve para girar a correia em 180° a fim de eliminar problemas causados por uma correia suja, evitando o contato do material inapropriado com as roldanas. São distribuídos geralmente com um tambor de 45° na entrada e na saída e dois tambores de 90° intermediários [7].

Figura 17 - Tambor virador de correia.



Fonte: O autor (2023).

4.3.4.3 Tambor de desvio, de retorno e esticador:

Esses tipos de tambores são necessários para mudar o curso e realizar a correia, além disso, dar tensão suficiente para evitar surgimento de folgas durante o fluxo [7]. Este tipo de tambor, é visualizado na Figura 18:

Figura 18 - Tambor de desvio.



Fonte: O autor (2022).

4.3.5 Roletes

É um conjunto de um ou mais rolos apoiados em suportes apropriados com a finalidade de suportar, guiar e conformar a correia transportadora [10]. O bom alinhamento e lubrificação dos rolos é imprescindível ao movimento da correia [2]. Desse modo, podem receber diferentes denominações de acordo com sua utilização no transportador.

4.3.5.1 Rolete de carga

Os roletes de carga geralmente estão localizados no lado superior do transportador com a finalidade de suportar a correia transportadora e a carga que está sendo movimentada por ela [10]. São classificados, geralmente, na configuração horizontal ou inclinada. Os roletes inclinados, Figura 19, são os mais comuns, pois é possível aderir a um maior volume de material a ser transportado. Os inclinados podem conter três ou cinco rolos, sendo os mais comuns de três rolos. Estes são divididos em um rolo central, que é o mesmo horizontal, e dois rolos laterais inclinados (usualmente em 30° ou 45°) [13].

Figura 19 - Rolete de carga.



Fonte: O autor (2023).

4.3.5.2 Rolete de impacto

Como é possível observar na Figura 20, os roletes de impacto são um conjunto de rolos com revestimento de borracha, localizados abaixo das áreas de transferência, dimensionados especialmente para suportarem o impacto do material [7]. Os roletes de impacto deverão ser do tipo de 3 rolos idênticos, com o mesmo ângulo de inclinação dos roletes de carga. Serão empregados nos pontos de carregamento e deverão ter um espaçamento máximo entre si de 350 mm nas regiões de impacto e de 500 mm em todas as demais regiões ao longo das guias laterais [15].

Figura 20 - Rolete de Impacto.



Fonte: O autor (2022).

4.3.5.3 Rolete de retorno

São responsáveis por sustentar a correia transportadora em seu retorno. São fixados à estrutura no lado inferior do sistema e, entre eles e a estrutura, deve haver folga que permita a perfeita visualização da correia em seu movimento [10]. Tem a finalidade também de evitar o acúmulo de material e gera o desprendimento do material preso na correia [7]. Além disso, possuem dois tipos de configuração, podem ser planos ou duplos em V (Figura 21).

Figura 21 - Rolete de retorno.



Fonte: O autor (2022).

4.3.5.4 Rolete de transição

Os roletes de transição, Figura 22, possuem a função de acompanhar gradativamente a curvatura da correia conforme ela se aproxima dos tambores de retorno ou descarga [13], devendo permanecer nessa região com o objetivo de reduzir as tensões nas bordas da correia.

Figura 22 - Rolete de transição.



Fonte: O autor (2022).

4.3.5.5 Rolete auto-alinhantes

Conjuntos de rolos dotados de mecanismo giratório acionado pela correia transportadora de modo a controlar o deslocamento lateral da mesma, predispostos no lado de carga ou de retorno [11]. Os roletes auto-alinhantes, Figura 23 e 24, possuem configurações semelhantes á dos demais roletes de carga ou de retorno, mudando o fato de ser pivotante e não fixo, além disso, podem contar com dois braços laterais que avançam em paralelo à correia em sentido contrário ao seu movimento [8].

Figura 23 - Rolete auto-alinhante de carga.



Fonte: O autor (2022).

Figura 24 - Rolete auto-alinhante de retorno.



Fonte: O autor (2022).

4.3.5.6 Rolete de retorno com anéis

São os tipos de roletes de retorno onde os rolos são constituídos de anéis de borracha, Figura 25, de modo a evitar o acúmulo de material no rolete e promover o desprendimento do material aderido à correia [11].

Figura 25 - Rolete de retorno com anéis.

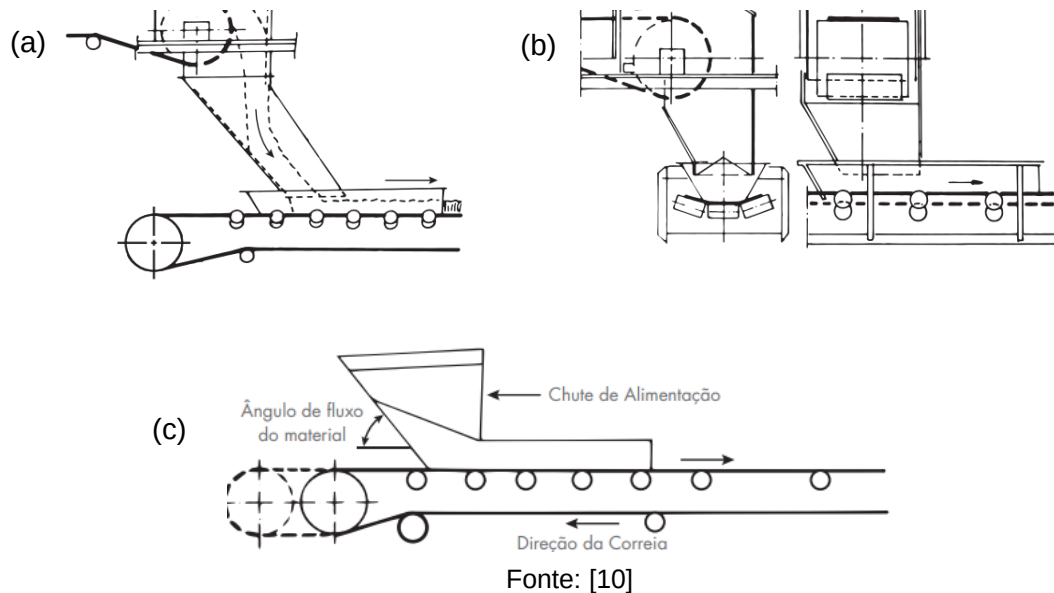


Fonte: O autor (2022).

4.3.6 Dispositivos de carregamento e descarrega (Chute)

Com uma elevada gama de materiais que podem ser transportados e com suas diferenças características, não é somente o material da correia que deve ser analisado, mas também a forma que esse material chegará na mesma [13]. Desse modo, o chute de alimentação é um dispositivo afunilado destinado a receber o material transportado e dirigi-lo adequadamente à correia transportadora para carregá-la equilibradamente e sem transbordamento de carga [10]. Na Figura 26, é possível verificar os três tipos mais comuns de alimentadores.

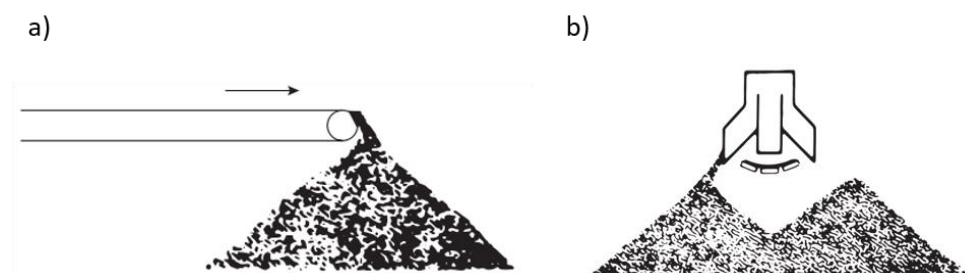
Figura 26 - a) Alimentador em linha; b) Alimentação transversal; c) Chute convencional de alimentação



4.3.7 Descarga do material da correia

O tipo de descarga mais comum é através do tambor de cabeça, derrubando e empilhando o material no local pré-determinado. Entretanto, se no terminal de descarga for instalado um chute adequado, o material poderá ser estocado em pilhas laterais ao sistema ou então ser transferido para outra correia para ser estocado em outra área [10]. Na Figura 27, pode-se verificar esses dois modos de descarga, a descarga do material por meio do tambor de cabeça e por meio de tripers.

Figura 27 - a) Descarga no tambor de cabeça; b) Descarga tipo Tripers.



Fonte: [10].

Pode-se destacar ainda, que o triper é uma estrutura fixada sobre o transportador de correia, em plano elevado. Em um triper fixo, a descarga do material só pode ser realizada em uma área pré-determinada em projeto para um ou ambos

os lados do transportador, ou ainda, a carga pode retornar à correia para ser descarregada. Na Figura 28, é possível verificar o triper utilizado em um transportador de correia.

Figura 28 - Triper de descarga.



Fonte: O autor (2023).

4.3.8 Guias Laterais

As guias laterais devem possuir o material na saída do chute até que o mesmo se adeque a velocidade da correia, evitando o transbordamento do material, sem entrar em contato com os rolos [7]. Faz-se necessário relatar que todos os pontos de transferência deverão ser equipados com guias laterais, projetadas especialmente para dirigir e confinar adequadamente o material transportado [15].

As guias laterais deverão ter um comprimento mínimo a contar do ponto de impacto, igual à distância percorrida pela correia em dois segundos. Além disso, as guias laterais deverão ser fornecidas em chapa de aço e revestidas com borrachas e chapas de desgaste [15].

4.3.9 Raspadores

Os raspadores, Figura 29, são dispositivos de limpeza que têm como finalidade retirar todo material agregado no retorno da correia, protegendo rolos e tambores de sofrerem desgaste prematuro por contato direto com o material [7]. Dependendo da utilidade, os raspadores podem conter uma ou mais lâminas raspadoras ao longo da largura da correia [10].

Figura 29 - Raspador.

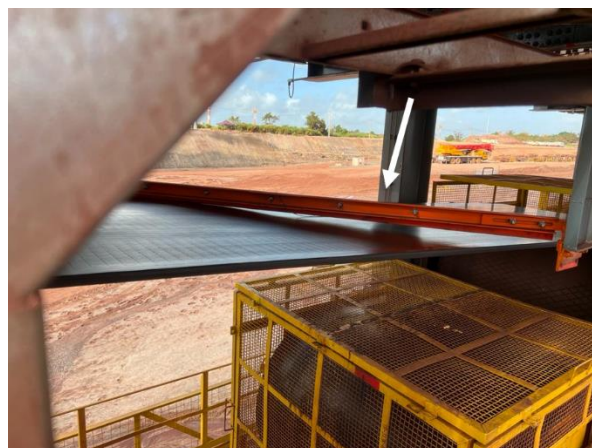


Fonte: O autor (2023).

4.3.10 Limpadores

Todos os transportadores de correia são suscetíveis de queda do material transportado para fora da correia na área de carga ou ao longo de sua extensão, podendo levar a sérios danos à correia caso pressionado entre ela e os tambores [10]. Para evitar essa situação, faz-se necessário a utilização do uso de limpadores, Figura 30, que podem ser constituídos de uma estrutura de aço reta ou em “V”, com uma lâmina de borracha encaixada e agindo sobre a correia por força de seu próprio peso [7].

Figura 30 - Limpador - estrutura de aço reta.



Fonte: O autor (2022).

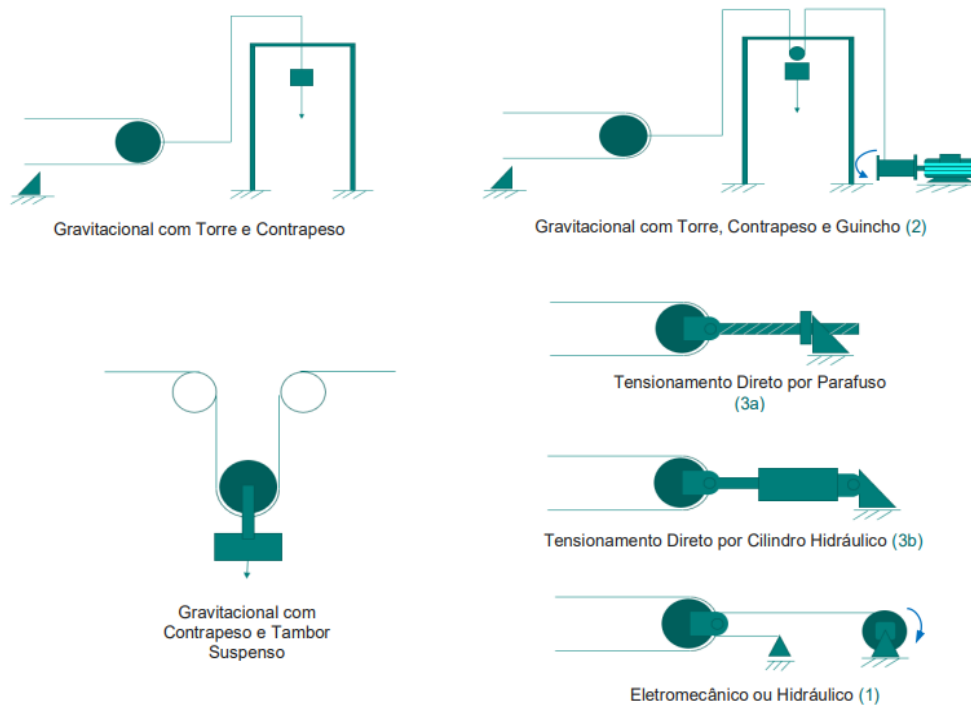
4.3.11 Sistema de Esticamento

O sistema de esticamento de um transportador de correia é fundamental para assegurar a adequada operação deste equipamento, pois garante a correta

transmissão da energia mecânica entre o tambor de acionamento e a correia, mantendo a operação segura [19].

Na Figura 31 é possível verificar alguns exemplos de configurações de sistemas de esticamento.

Figura 31 - Sistema de esticamento típicos.



Fonte: [19].

A seguir, é possível verificar os sistemas de esticamento mais utilizados nos transportadores de correia da Vale:

4.3.11.1 Gravitacional com torre de contrapeso

O tipo de esticador que utiliza contrapeso, ilustrado na Figura 32, funciona através de um tambor que recebe uma força contínua aplicada por um contrapeso [11]. Podendo ser instalado em uma das cabeceiras do transportador, necessitando estar próximo a um dos tambores principais.

Figura 32 - Sistema de esticamento - Gravitacional com torre de contrapeso.



Fonte: O autor (2022).

4.3.11.2 Esticador por parafuso

Este esticador por parafuso, Figura 33, funciona através de um sistema no qual os mancais que estão conectados aos tambores são posicionados em um trilho que permite o seu deslocamento, através de parafusos presos nos mancais faz-se o tensionamento da correia através do rosqueamento do rosqueamento de porcas.

Figura 33 - Sistema de esticamento - Esticador de correia por parafuso.



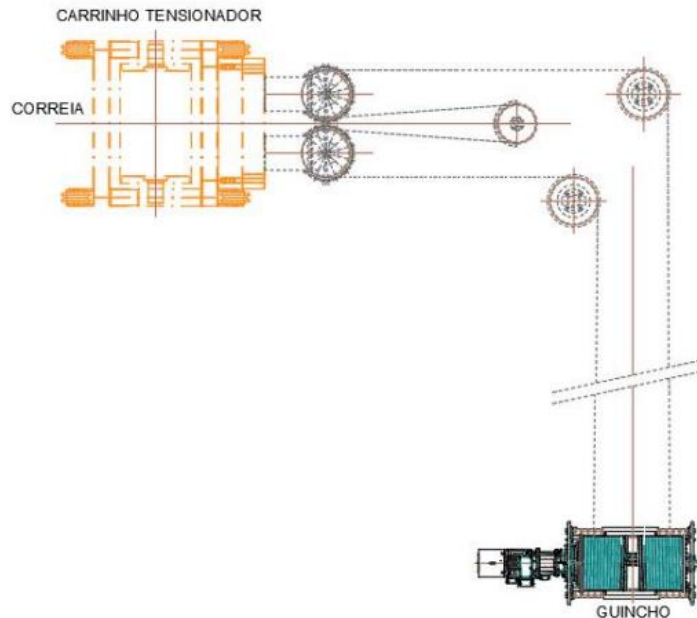
Fonte: [11].

4.3.11.3 Eletromecânico ou Hidráulico

É o sistema de esticamento mais atual utilizado na Vale, pois facilita a operação e proporciona mais segurança na manutenção, dispensando o uso de energia potencial gravitacional, que é um risco grande durante a operação de descida do contrapeso [2]. Na Figura 34 é possível observar o sistema de esticamento

eletromecânico e seus principais componentes, que são as roldanas, o guincho eletromecânico e o carro esticador, estrutura que abrange o tambor de esticamento.

Figura 34 - Sistema de esticamento - Esticador eletromecânico.



Fonte: [20].

4.4 COMPONENTES COMPLEMENTARES DE UM TRANSPORTADOR DE CORREIA

Há componentes que desempenham funções essenciais no processo de transporte de minério, no entanto são equipamentos considerados auxiliares em um sistema de transportador de correia. Podem ser citadas as máquinas de pátio (empilhadeira e recuperadora) e as casas de transferência de minério.

4.4.1 Empilhadeira de minério

A empilhadeira, Figura 35, é um equipamento que recebe o minério que foi transportado pelas correias desde o virador de vagões até o pátio, direcionando-o para as pilhas localizadas nos pátios de estocagem da maneira mais eficiente possível [4].

Figura 35 - Empilhadeira de minério.



Fonte: O autor (2022).

4.4.2 Recuperadora de minério

As recuperadoras servem para recuperação do material estocado, operam recolhendo o material das pilhas e alimentando os transportadores de correia que levam ao seu destino [11]. As recuperadoras mais utilizadas para o transporte de minério são a do tipo “roda de caçamba”, como demonstrado na Figura 36.

Figura 36 - Recuperadora de minério tipo roda de caçamba.



Fonte: O autor (2022).

A recuperadora desloca-se ao longo do pátio de produto e extraem o minério por meio das caçambas que estão acopladas numa roda no extremo da lança transportando o material até o local desejado [20].

4.4.3 Casa de transferência de minério

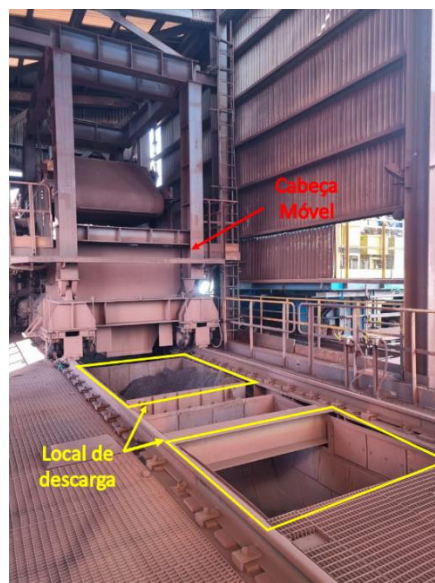
A casa de transferência, Figura 37, é o local onde acontece a passagem do minério de um transportador para outro transportador. Esse processo acontece através da cabeça móvel (Figura 38) - conjunto de equipamentos mecânicos e elétricos, destinados a promover a descarga em mais de um ponto, por intermédio de deslocamento do tambor de descarga.

Figura 37 - Casa de transferência de minério.



Fonte: O autor (2022).

Figura 38 - Cabeça móvel.



Fonte: O autor (2022).

5. METODOLOGIA

5.1 TIPO DE PESQUISA

No desenvolver deste trabalho, a pesquisa quanto à escolha do objeto de estudo se caracteriza como um estudo de caso, onde será possível examinar os conhecimentos sobre o tema do *Tie in* (ampliação) de um transportador de correia e seus componentes, apresentando diretamente suas etapas, procedimentos e resultados. Quanto aos objetivos de pesquisa se designa como descritiva e com uma abordagem qualitativa, quanto à natureza da pesquisa.

A pesquisa descritiva busca relatar um fenômeno ou situação em detalhe, especialmente o que está ocorrendo, permitindo abranger, com exatidão, as características de um procedimento ou situação, bem como desvendar a relação entre os eventos [21]. Além disso, esse tipo de pesquisa visa conhecer um fenômeno sem modificá-lo, a fim de entender o objeto de interesse em um determinado espaço e tempo [21].

Em relação à natureza do estudo, a pesquisa qualitativa tem o ambiente natural como fonte direta de dados e o pesquisador como seu principal instrumento. A pesquisa qualitativa supõe o contato direto e prolongado do pesquisador com o ambiente e a situação que está sendo investigada via de regra, isso só é possível por meio do trabalho intensivo de campo [22]. O material obtido nessas pesquisas é rico em descrições de pessoas, situações, acontecimentos, fotografias, desenhos, documentos, etc [22].

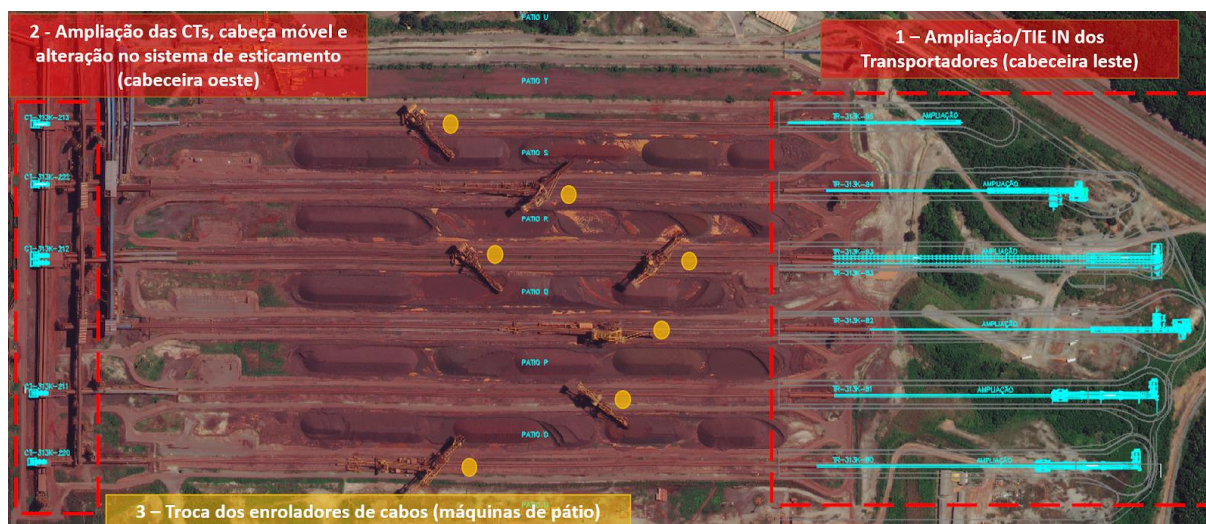
Dessa forma, como é possível perceber, pode-se dizer que além de um estudo de caso, o trabalho é subsidiado por estudos bibliográficos que estimulam as observações realizadas dentro da análise, proporcionando a este uma maior exatidão e cientificidade.

5.2 OBJETO DE ESTUDO

O objeto de estudo deste trabalho é a análise do *Tie in* eletromecânico dos transportadores de correia, referente à ampliação do comprimento de um transportador já existente, aumentando assim sua capacidade e realizando alterações ou reaproveitamentos dos demais componentes - acionamentos, máquinas de pátio, casas de transferência, sistema de esticamento, entre outros.

Na Figura 39, é possível observar de forma clara e objetiva o escopo da montagem eletromecânica que será realizada nos transportadores localizados no pátio sul, da mineradora Vale SA em São Luís.

Figura 39 - Escopo de montagem - *Tie In* eletromecânico.



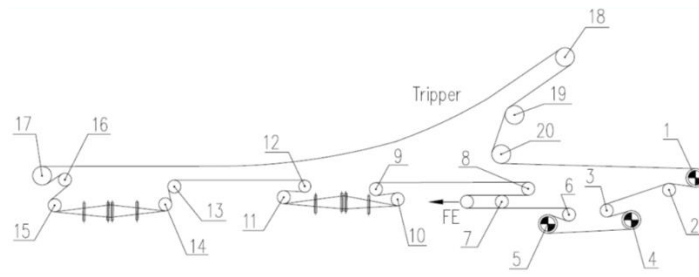
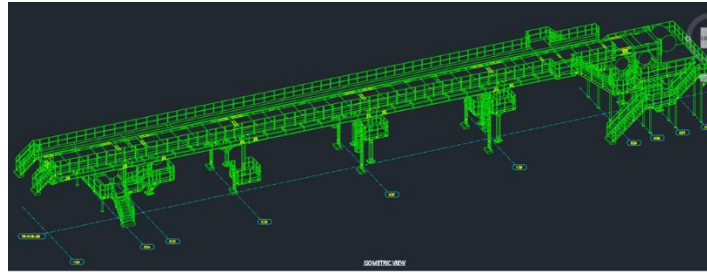
Fonte: O autor (2023).

5.2.1 Apresentação geral do escopo da ampliação do transportador

O transportador estudado (TAG: TR-84) possuía o comprimento de 964,218 metros antes do processo de ampliação. Para realizar o *Tie in* deste transportador serão analisados os componentes inseridos em todo o equipamento, ou seja, será analisado a ampliação do transportador de correia do pátio de estocagem, ampliação da cabeça móvel, vulcanização de correias e suas emendas, sistema de tubulação, sistema de acionamento, montagem de estruturas, todo o sistema de esticamento composto por um esticador gravitacional (a ser substituído) e o esticador eletromecânico (a ser adicionado), além das adequações realizadas nas máquinas de pátio.

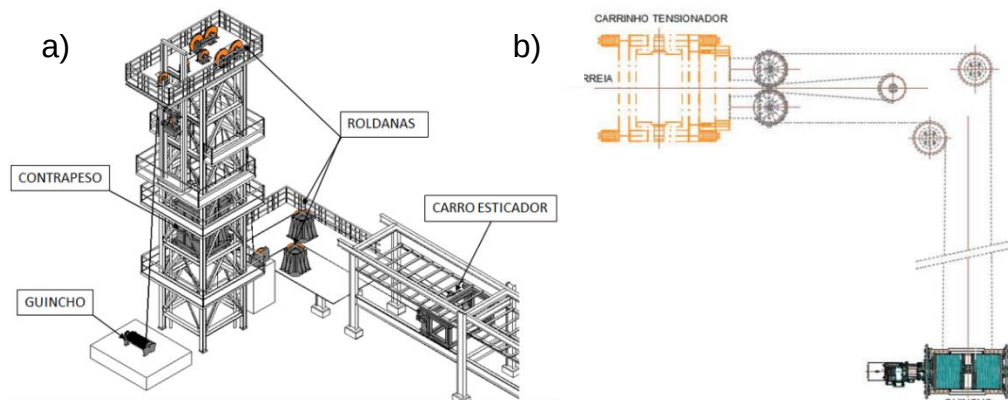
Em grande parte dos componentes será analisado o dimensionamento, principais mudanças e alterações a serem realizadas em um processo de *Tie in* eletromecânico. Nas Figuras 40, 41 e 42 é possível verificar alguns itens que passaram pelos processos citados anteriormente.

Figura 40 - Configuração da cabeceira de um transportador de correia.



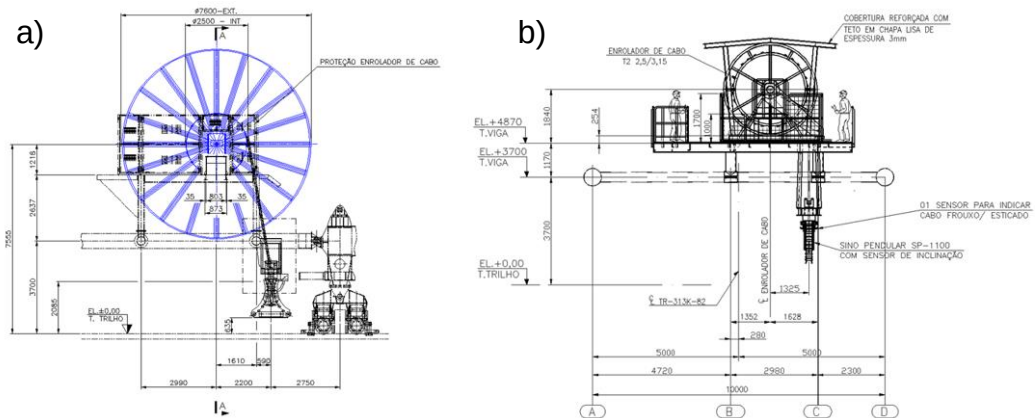
Fonte: [14].

Figura 41 - Sistema de esticamento - (a) esticamento gravitacional e (b) esticamento eletromecânico.



Fonte: [23].

Figura 42 - Enroladores de cabo – (a) espiral e (b) tambor.



Fonte: [24].

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, será analisado e detalhado o processo de ampliação de um transportador de correia, que é de fundamental importância para o desenvolvimento e aprimoramento do sistema. Para uma compreensão mais clara e abrangente sobre o processo de ampliação dos transportadores, é necessário abordar três grandes fases: *Pré-Tie in*, *Tie in* e *Pós Tie in*.

Para dar início a explicação detalhada destas três abordagens, é necessário ter ciência da capacidade alterada no projeto do transportador de correia e também dos pátios que estão localizados em sua lateral.

A Tabela 1 ilustra a expansão do transportador em análise, diferenciando o *Tie in* como a região de interligação entre os transportadores e o *pré-Tie in* como a área onde o transportador está montado sobre a nova berma; A desmontagem refere-se à região onde todas as estruturas e componentes da cabeceira existente serão removidos, que coincide com o local onde a interligação/*Tie in* entre os transportadores será realizada. No que se refere à montagem, observa-se que se trata da montagem do *Tie in*, somado a montagem da região do *pré-Tie in* (área montada sobre a berma). Para melhor entendimento, ver Figura 43.

Tabela 1 - Ampliação detalhada do transportador.

Item	<i>Tie in</i> (m)	<i>Pré-Tie in</i> (m)	Montagem total (m)	Desmontagem total (m)
Transportador - 84	135,00	300,40	435,40	135,00

Fonte: O autor (2023).

Figura 43 - Ampliação do transportador.



Fonte 1. O autor (2023).

Já a Tabela 2 ilustra o volume dos pátios que estão localizados nas laterais dos transportadores, sendo a extensão e capacidade do pátio atual, os dados antes do transportador passar pelo processo de ampliação. Já a extensão e capacidade ampliados são os valores de comprimento e volume dos pátios que estão passando pela ampliação.

Tabela 2 - Ampliação dos pátios.

Pátio	Extensão do pátio atual (m)	Capacidade do pátio atual (m^3)	Extensão do pátio ampliado (m)	Capacidade do pátio ampliado (m^3)
Pátio S	600	260000	910	394333
Pátio R	600	260000	800	346667

Fonte: O autor (2023).

Além disso, é possível observar na Tabela 3 o acréscimo na capacidade de toneladas de minério que a área ampliada do pátio vai conseguir alocar quando o projeto for concluído. Para maior entendimento, ver Figura 44.

Tabela 3 - Acréscimo da capacidade dos pátios em toneladas.

Pátio	Acréscimo da capacidade (toneladas)
Pátio S	110000
Pátio R	190000

Fonte: O autor (2023).

Figura 44 - Acréscimo da capacidade dos pátios ampliados.



Fonte: O autor (2023).

6.1 PRÉ-TIE IN EM UM TRANSPORTADOR DE CORREIA

O pré-Tie in, também chamada de pré parada, designa o momento em que as disciplinas de civil, mecânica e elétrica realizarão a maior parte do projeto de ampliação.

Existem premissas essenciais para que as atividades dessas disciplinas deem início com excelência, pode-se citar o gerenciamento da alocação de recursos, incluindo mão de obra e equipamento a serem utilizados durante o projeto de ampliação – nesse momento serão divididas as equipes por turnos, locais de trabalho e por atividades exercidas, além disso, todos os equipamentos, como guindastes, plataformas elevatórias, caminhões, retroescavadeiras, entre outros, serão inspecionados para garantir que estão em condições próprias para trabalho. De mesmo modo, tem-se como premissa garantir a segurança de todos os envolvidos no processo, sendo de grande importância a realização de caminhos seguros, área para segregar materiais e sucatas, documentos de análises de riscos de trabalho (ART) e proteções de trabalhos seguros (PTS).

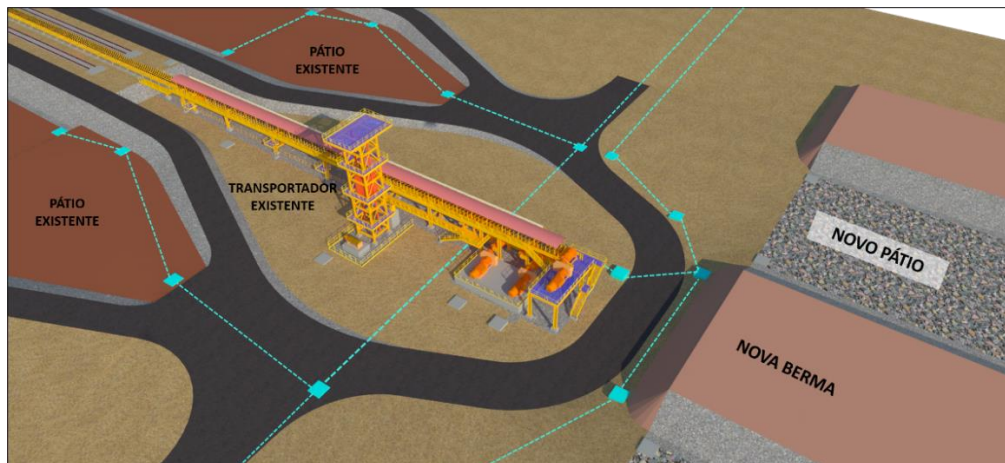
Nesta fase que antecede o Tie in, a equipe de civil será responsável por exercer atividades essenciais para que as equipes de mecânica e elétrica consigam realizar a montagem dos equipamentos estruturais, componentes mecânicos e instrumentos elétricos.

A seguir, é possível verificar grande parte das atividades realizadas no escopo civil do pré-tie in:

1. Execução da nova berma do transportador e do pátio onde será alocado o minério:

Entende-se por nova berma, a berma que está sendo ampliada para construção da ampliação do transportador de correia. De modo semelhante, o pátio novo, refere-se ao pátio que está sendo ampliado para receber/alocar as pilhas de minério. Para uma melhor compressão, faz-se necessário visualizar a Figura 45 e 46:

Figura 45 - Pátio nova e berma nova - Planejamento 4D.



Fonte: Adaptado de [25].

Figura 46 - Construção do novo pátio e da nova berma.

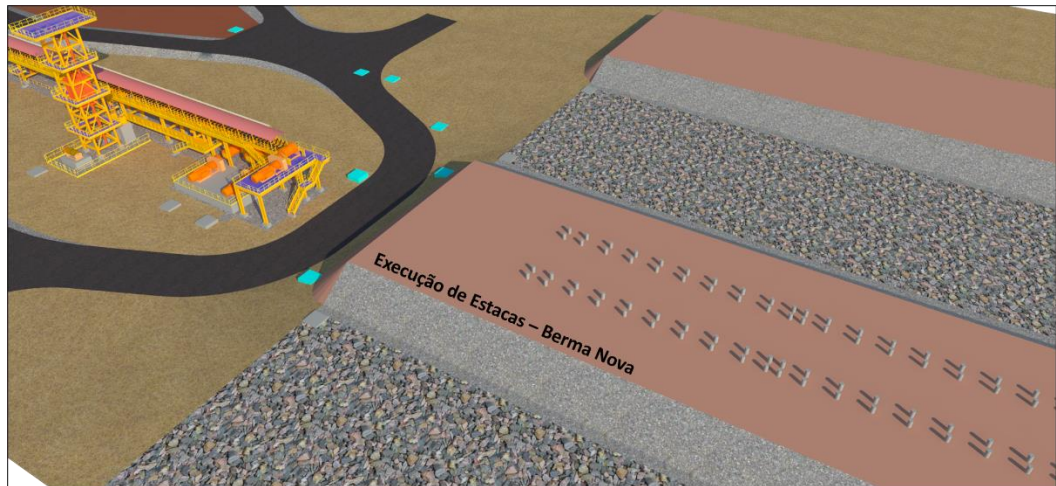


Fonte: O autor (2022).

2. Execução do estaqueamento na nova berma e na cabeceira do transportador:

A execução de estacas é de fundamental importância para a construção das estruturas do transportador. As estacas implantadas na berma, Figura 47, são elementos estruturais feitos de concreto, que é alongado e cilíndrico e cravado no solo para prover a estabilidade a uma estrutura acima do solo.

Figura 47 - Execução do estaqueamento na nova berma do transportador – Planejamento 4D.

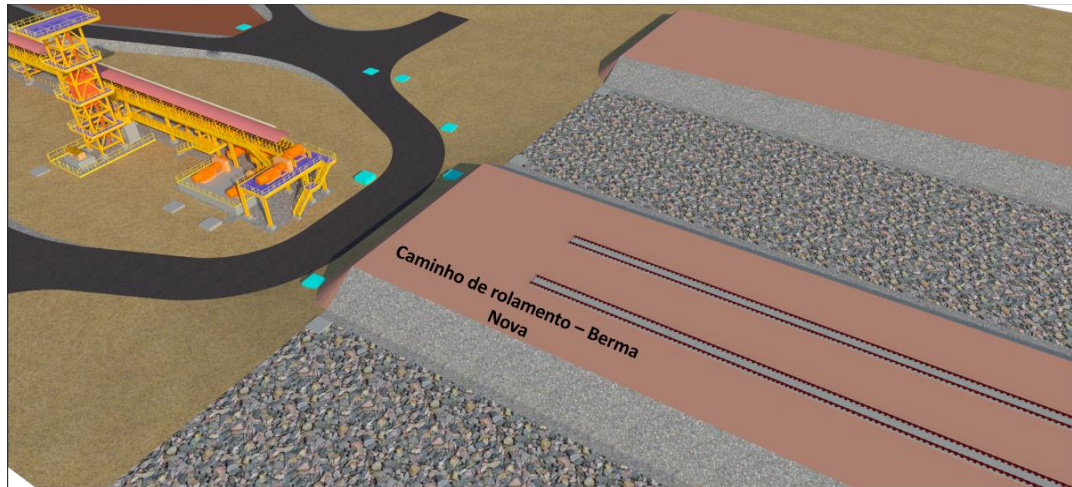


Fonte: Adaptado de [25].

3. Arrasamento das estacas e execução do caminho de rolamento da máquina

O arrasamento de estacas é um processo de corte das estacas para retirar o excesso de concreto, para alinhá-la com a estrutura que será implantada sobre ela. Este processo antecede a implantação do caminho de rolamento das máquinas de pátio (Figura 48), que é a rota ao longo da qual as máquinas se deslocam para transportar ou embarcar o minério ao longo dos pátios.

Figura 48 - Arrasamento de estacas e construção do caminho de rolamento para máquina – Planejamento 4D.

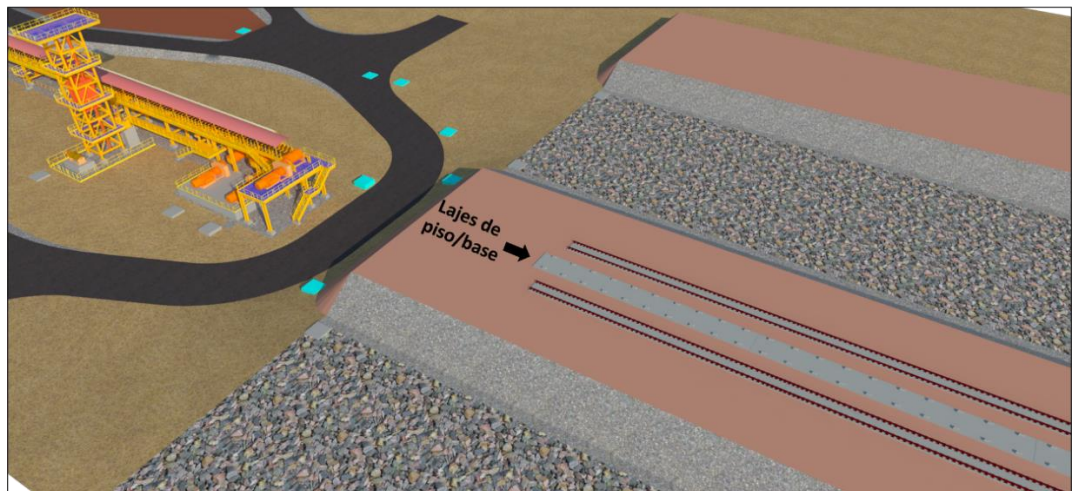


Fonte: Adaptado de [25].

4. Execução da laje de piso/bases do transportador

A execução das lajes (Figura 49) é essencial para suportar as estruturas do transportador, fornecendo assim, uma superfície sólida e estável para instalação dos equipamentos.

Figura 49 - Execução das lajes de piso do transportador - Planejamento 4D.

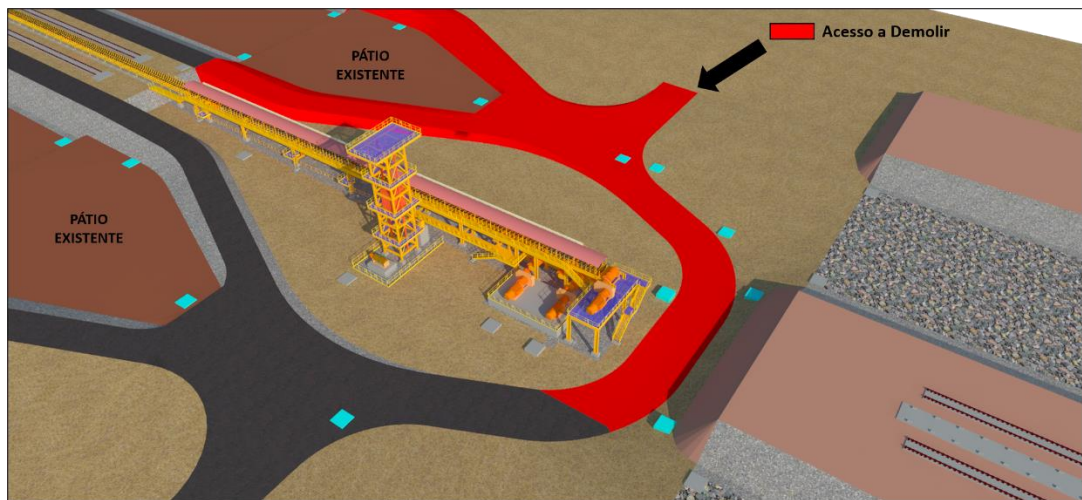


Fonte: Adaptado de [25].

5. Demolição de acesso da cabeceira do transportador existente

Em paralelo as atividades de execução do caminho de rolamento e das lajes de piso/base, acontece a demolição do acesso a berma existente, essa demolição acontece na região da cabeceira do transportador existente, conforme mostra a Figura 50.

Figura 50 - Demolição de acesso da berma antiga – Planejamento 4D.

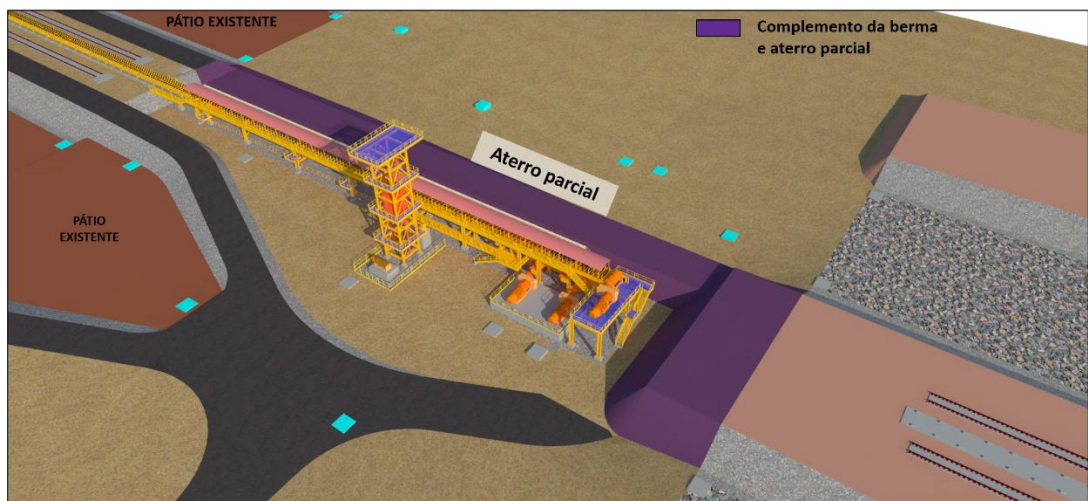


Fonte: Adaptado de [25].

6. Execução do aterro parcial

O aterro parcial (Figura 51) é o processo de preenchimento de uma área realizado em um dos lados da berma com material de aterro em uma profundidade parcial. Este processo é realizado com o intuito de nivelar uma base efetiva para a instalação de equipamentos.

Figura 51 - Execução do aterro parcial/ligação entre as duas bermas - Planejamento 4D.



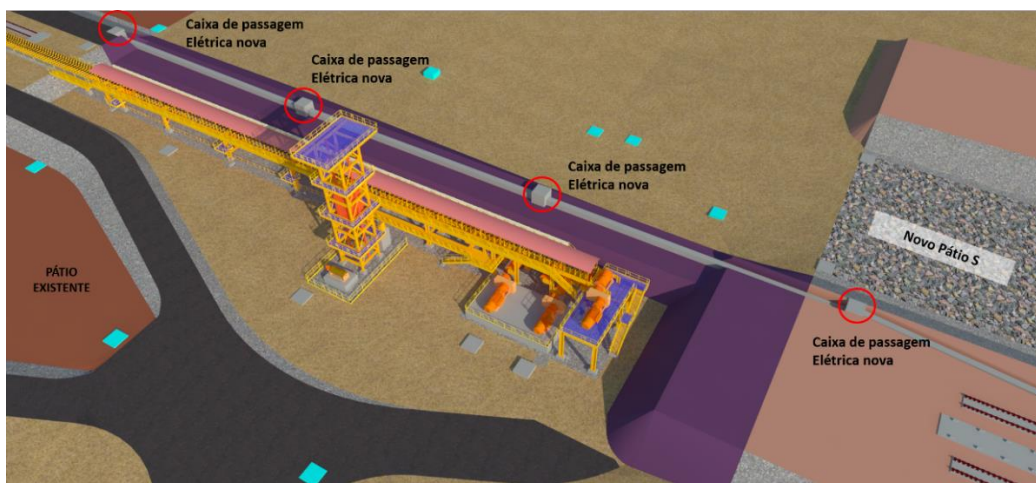
Fonte: Adaptado de [25].

7. Execução da caixa de passagem e envelopamento no aterro parcial e na berma nova.

Após a conclusão do aterro parcial entre as duas bermas, serão executadas as caixas de passagem, estruturas de concreto que protegem as conexões elétricas e os

cabos de um transportador de correia. Além disso, será realizado o envelopamento dos cabos e das conexões elétricas com um invólucro resistente. Esse processo é essencial para proteger os fios contra danos mecânicos e ambientais. Para compreender a configuração dessa atividade, é necessário verificar a Figura 52.

Figura 52 - Execução da caixa de passagem e envelopamento no aterro parcial - Planejamento 4D.

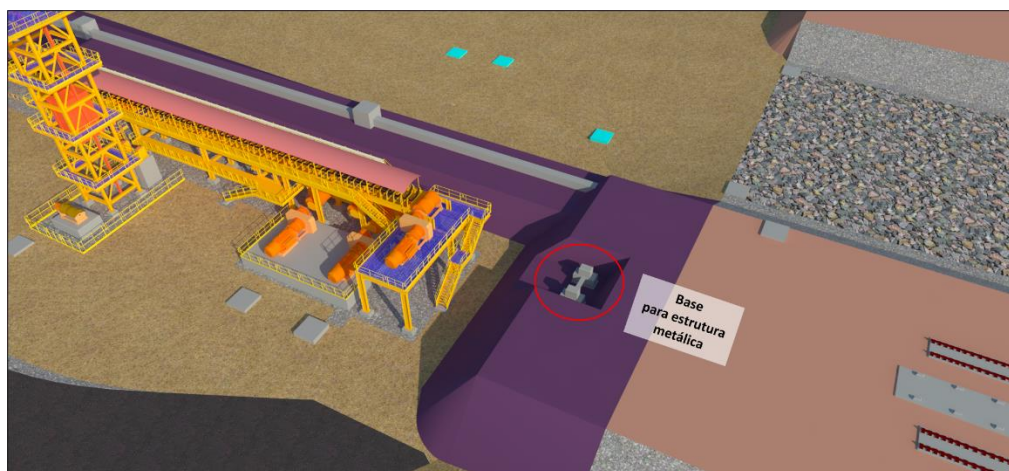


Fonte: Adaptado de [25].

8. Escavação e execução da base para apoio de estruturas metálicas do transportador

Nessa fase, serão executadas duas bases (Figura 53) no começo da berma que está sendo ampliada. Essas duas bases irão servir para suportar as novas colunas e módulos do transportador que serão montadas na fase de *Tie in*.

Figura 53 - Execução da base para apoio das estruturas metálicas - Planejamento 4D.

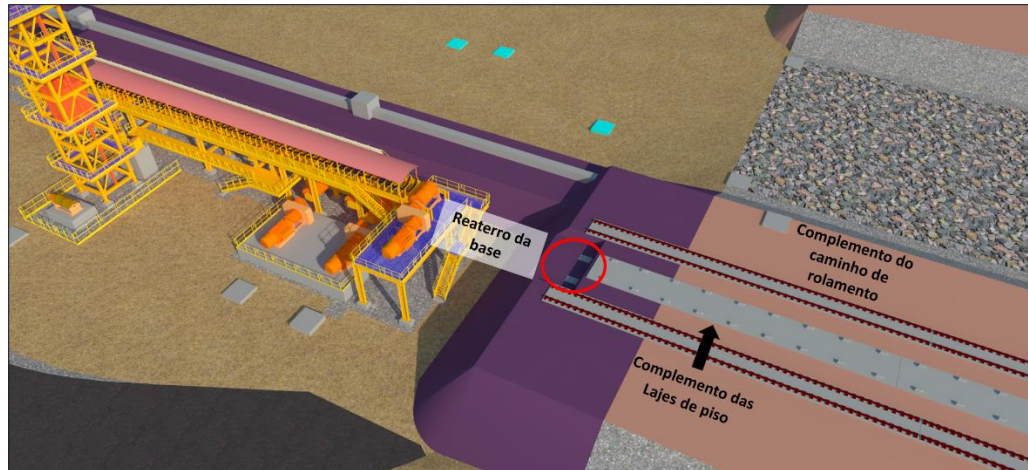


Fonte: Adaptado de [25].

9. Reaterro da base do transportador, complementação do caminho de rolamento e da laje de piso do transportador

Para finalizar a etapa civil na berma, será executado o reaterro da base que sustentará as colunas e os módulos, além da complementação do caminho de rolamento e das lajes de piso do transportador, conforme Figura 54.

Figura 54 - Complementação do caminho de rolamento e da laje de piso - Planejamento 4D.



Fonte: Adaptado de [25].

10. Execução da base civil para montagem do novo guincho

Na cabeceira do transportador, serão executadas as bases civis para sustentar o guincho e as roldanas de esticamento, conforme Figura 55.

Figura 55 - Execução das bases civil para sustentação do guincho e roldanas – Planejamento 4D.

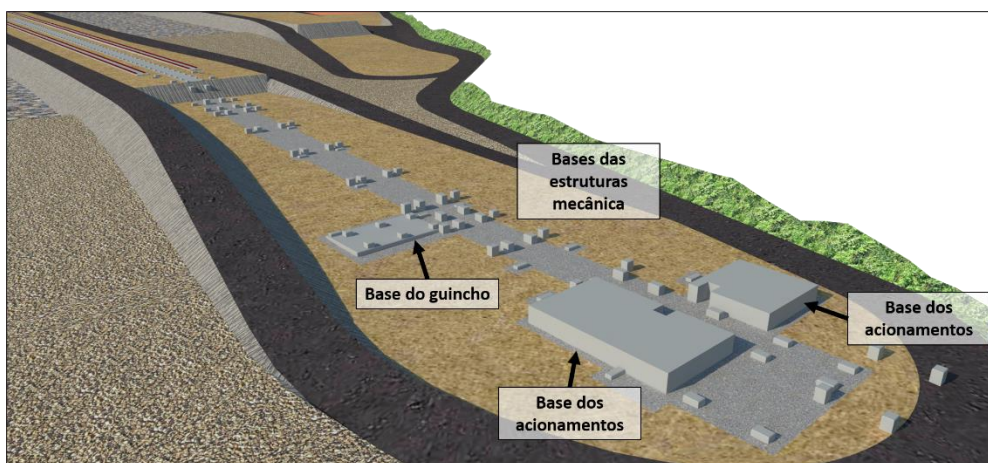


Fonte 2. O autor (2022).

11. Execução da base civil para montagem da cabeceira nova do transportador

Para sustentar as estruturas e componentes mecânicos da nova cabeceira do transportador, serão executadas bases civis de tamanhos determinados de acordo com o peso das estruturas. As Figuras 56 e 57, mostram detalhadamente as bases da cabeceira.

Figura 56 - Execução das bases civis para montagem dos componentes da cabeceira - Planejamento 4D.



Fonte: Adaptado de [25].

Figura 57 - Execução das bases civis - região da cabeceira do transportador.



Fonte 3. O autor (2022).

Após a conclusão do escopo civil das atividades *pré-Tie in*, dá-se início as atividades do escopo da montagem eletromecânica da fase de *pré-Tie in*.

No entanto, é necessário saber que antes de iniciar a implementação do projeto eletromecânico do transportador, é crucial realizar um estudo detalhado das condições do ativo a ser modificado. Esse processo permite analisar minuciosamente as características do transportador existente que permanecerão inalteradas após a sua ampliação, conforme Tabela 4. Para isso, realizou-se o cálculo do transportador com o software *Belt Analyst*, da *Overland Conveyor*, segundo o critério de cálculo da CEMA para análise estática [MC do transportador].

Tabela 4 - Propriedades do transportador de correia.

Propriedade	Valor
Velocidade atual do transportador (m/s)	4,17
Capacidade de projeto (t/h)	20000
Capacidade nominal (t/h)	16000
Densidade aparente do material (t/ m ³)	2.2 a 2.7
Grau de enchimento (%)	80
Ângulo de acomodação (°)	20°
Inclinação de roletes (°)	45°

Fonte: Adaptado de [14] e [26].

Apresenta-se o escopo de montagem que precede o *Tie in*, mais conhecido como pré-*Tie in*:

1. Montagem de estruturas de ampliação dos transportador (cabeceira e berma nova)

Com a conclusão da preparação do terreno com as bases civis, realiza-se a montagem das estruturas metálicas, conforme Figura 58. A montagem das colunas, vigas e módulos do transportador são realizados de acordo com as especificações de projeto, com todas as conexões entre os componentes da estrutura, garantindo a estabilidade e o alinhamento adequado.

Figura 58 - Estruturas da cabeceira do transportador.



Fonte 4. O autor (2022).

É válido destacar ainda, que as frequências naturais das estruturas de sustentação dos tambores não podem coincidir com a frequência de giro dos mesmos, e que o projeto de estruturas de aço, deve seguir as diretrizes do PNR-000048 – Integridade Estrutural – Estruturas de aço, aplicável a transportadores [14].

2. Pré montagem e montagem das mesas de cargas suspensas na cabeceira

As estruturas montadas na região da cabeceira são essenciais para montagem das mesas de carga, que estão localizadas na parte superior do transportador, conforme Figura 59.

Figura 59 - Montagem das mesas de cargas sobre a cabeceira.



Fonte 5. O autor (2022).

3. Pré montagem e montagem das mesas de cargas na berma

Na região da berma, os módulos constituídos por mesas são montados sobre as bases civis. Na Figura 60, é possível verificar as mesas montadas de forma completa, com os cavaletes de carga, cavaletes de retorno e todos os seus roletes.

Figura 60 - Montagem dos módulos de mesas na berma.



Fonte: O autor (2022).

4. Montagem das plataformas do acionamento na cabeceira

As plataformas de acionamento (Figura 61), também conhecidas como skid metálico, funcionam como uma base para suportar os equipamentos utilizados no acionamento (motor, hidrováriador, redutor, acoplamentos e freios). Para a montagem dos acionamentos de forma eficiente, é necessário que esses skids sejam fabricados de forma eficaz e que a base civil do acionamento esteja padronizada, pois isso facilita no alinhamento dos acionamentos.

Figura 61 - Montagem da base skid.



Fonte 6. O autor (2022).

É fundamental ressaltar que as bases de acionamento em estrutura metálica devem possuir frequências naturais distintas das frequências produzidas pelas rotações dos motores e redutores. Essa medida se mostra essencial para prevenir vibrações indesejadas no sistema de acionamento.

5. Montagem do novo acionamento

Com a conclusão do skid/base da cabeceira, é possível realizar a montagem dos acionamentos do transportador que está sendo ampliado. Diante disso, sabe-se que o transportador existente, possui três conjuntos de acionamento. Para saber se as propriedades dos três acionamentos existentes eram suficientes para a ampliação do transportador de correia, é necessário que todo o transportador seja calculado considerando diferentes cenários de carregamento, a saber: partida, trechos ascendentes carregados, trechos descendentes carregados, operação em vazio e totalmente carregado. [14]

Dessa forma, constatou-se que somente os acionamentos existentes não seriam suficientes para a ampliação do transportador, conforme o Quadro 1.

Quadro 1 - Conjuntos de acionamento - Modificações propostas.

	Conjunto de acionamento – Antes da ampliação	Conjunto de acionamento – Pós ampliação	Nota
Motor	3x 1500 cv	3x 1500cv + 1x 1500 cv	Reaproveitar 3 motores e adicionar um novo motor de 1500 cv/1120 kw
Redutor	3x Flender 3S-1120 - i=20	4x Flender 3S-1120 - i=20	Reaproveitar 3 redutores e adicionar um novo redutor Flender
hidrovariador	3x HFPM2500	4x HFPM2500	Reaproveitar 3 redutores e adicionar um novo hidrovariador
Acoplamento hidrovariador	3x Voith SVN1 1000-21	4x Voith SVN1 1000-21	Reaproveitar 3 acoplamentos hidrovariador e adicionar um novo acoplamento Voith
Acoplamento de alta	3x Vulkan GBNDD-350	4x Vulkan GBNDD-350	Reaproveitar 3 acoplamentos de alta e adicionar um novo acoplamento Vulkan
Acoplamento de baixa	3x Vulkan GBNDD-800	4x Vulkan GBNDD-900	Acoplamento Vulkan GBNDD-800 possui Fator de serviço baixo. Adicionar 4 novos acoplamentos Vulkan GBNDD-900.

Fonte: Adaptado de [14].

Nesse sentido, foi necessário instalar um conjunto de acionamento novo na cabeceira do transportador, conforme Figura 62 e 63. O acionamento novo trabalhará em execução com os outros três acionamentos, que serão desmontados da cabeceira

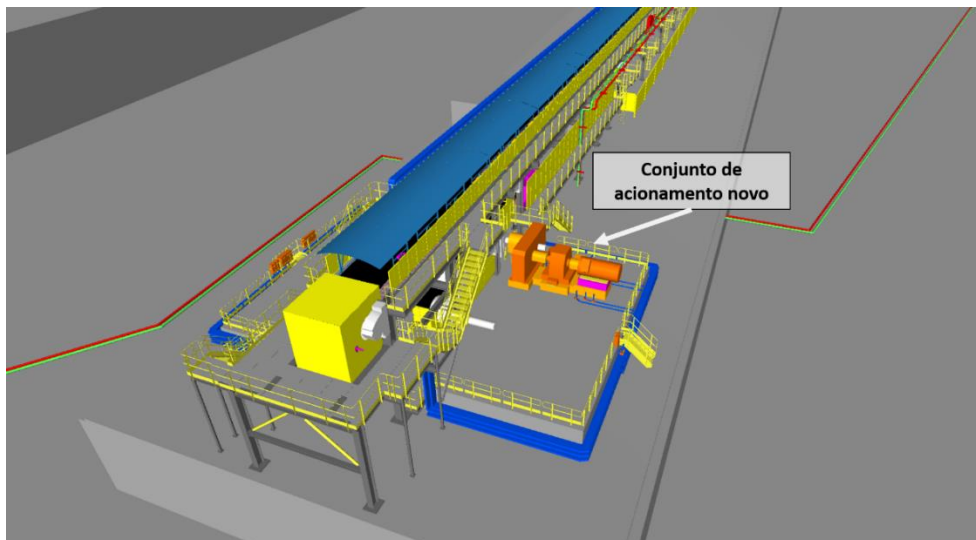
antiga e montados na cabeceira nova, na fase *Tie in*. Permitindo assim, a transmissão de potência necessária para todo o transportador.

Figura 62 - Novo conjunto de acionamento.



Fonte 7. O autor (2022).

Figura 63 - Conjunto de Acionamento novo - Planejamento 4D.



Fonte 8. Adaptado de [27].

6. Montagem de 4 tambores de retorno

A montagem dos tambores de retorno, Figura 64, acontece em paralelo com as atividades realizadas no acionamento, pois não há interferência no trabalho realizado. A montagem dos quatro tambores de retorno são essenciais para o direcionamento correto da correia, tensionando e tracionando de maneira adequada.

Um fator muito importante na montagem dos tambores de correia, é que o material de revestimento dos tambores deve ser selecionado com base no coeficiente

de atrito entre o revestimento e a correia necessário para a transmissão adequada de potência.

Figura 64 - Montagem dos quatro tambores de retorno.



Fonte: O autor (2022).

7. Montagem de 5 tambores viradores de correia (*turn over*)

Os tambores viradores de correia foram instalados sequencialmente ao longo da cabeceira, conforme Figura 65.

Figura 65 - Montagem dos viradores de correia.



Fonte: O autor (2022).

Todos os viradores possuem comprimento de 3200 mm, o diferencial será o ângulo de inclinação de cada ativo, conforme Tabela 5.

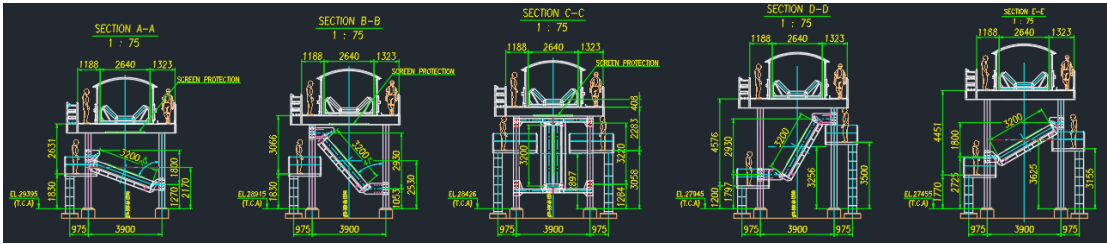
Tabela 5 - Disposição de montagem dos viradores de correia.

Virador de Correia	Ângulo de Inclinação
Virador 1 (°)	70
Virador 2 (°)	41
Virador 3 (°)	90
Virador 4 (°)	41
Virador 5 (°)	70

Fonte: O autor (2023).

Na Figura 66, é possível verificar com mais exatidão a disposição dos viradores de correia.

Figura 66 - Ângulo de inclinação dos viradores de correia.



Fonte: [28].

8. Passagem de correia da parte ampliada e marcação da correia para realização das duas emendas (carga e retorno)

Após a conclusão da montagem das mesas na região da nova cabeceira e da berma, com todas as fixações e ajustes realizados, é possível realizar a passagem da correia na parte que está sendo ampliada. É válido destacar que a emenda da correia só ocorrerá na fase do *Tie in*, pois é somente nessa fase que será possível unir as duas regiões do transportador.

Para determinar as propriedades e o tipo adequado de correia a ser empregada neste transportador, é essencial compreender as condições específicas de serviço a que a correia estará submetida. O Quadro 2, expõe esses dados:

Quadro 2 - Tipo de serviço do transportador.

Dado	Valor
Regime de serviço	Serviço contínuo de 24 horas/dia
Serviço	Pesado
Ambiente	Pó de minério

Fonte: [29].

Além disso, faz-se necessário analisar os critérios de seleção, que estão relacionados aos fatores de segurança a serem condicionados para uma correta escolha da correia, que atenda no mínimo aos seguintes valores de coeficiente de segurança [29]:

- FS = 10 (condição de operação normal)
- Taxa de trabalho em regime contínuo < 80% da tensão admissível da correia;
- Taxa de trabalho na partida < 150% da tensão admissível da correia
- A borracha das coberturas superior e inferior e da carcaça da correia deverá ter uma tensão de ruptura mínima de 180 kgf/cm³) a 400% de alongamento.

Assim, a escolha da correia para esse transportador, considerando as condições de serviço mencionadas, recaiu sobre a correia de cabo de aço fabricada pela Goodyear, modelo ST3500 14x6mm [14]. Para mais detalhes sobre esse tipo de correia, pode-se verificar a Tabela 6:

Tabela 6 - Modelo correia ST3500.

Dado	Valor
Tração de ruptura (kN/m)	3500
Cobertura superior (mm)	14
Cobertura inferior (mm)	6
Largura da correia (mm)	2200

Fonte: Adaptado de [14].

Após a prescrição dos dados do modelo da correia vistos na Tabela 3, há necessidade de avaliação o modelo em duas situações, conforme mostra o Quadro 3.

Quadro 3 - Avaliação de correia - ST3500.

Situação	Tração máxima (kN/m)	Fator de projeto	Taxa de utilização (%)
Operação	411	7	82
Transiente	567	5	81

Fonte: Adaptado de [14].

Essas duas situações (operação e transiente) expostas no Quadro 3 estão relacionadas ao modo de operação da correia após finalização do projeto.

Após todas essas informações serem descritas, deu-se início à passagem da correia pelo transportador, ver Figura 67. A bobina, inicialmente posicionada sobre a berma, foi direcionada para que a correia percorresse sobre os roletes e tambores, os quais têm o propósito de orientar a trajetória da correia ao longo do transportador. O movimento da correia começa na região superior (carga) do transportador e, em seguida, após passar pelo tambor de acionamento na cabeceira, segue por baixo (na região de retorno) do transportador.

É importante ressaltar, que a correia tem que ser colocada simultaneamente no centro dos tambores de acionamento e de retorno, para manter sempre o alinhamento.

Figura 67 - Passagem da correia.



Fonte: O autor (2022).

9. Montagem das proteções laterais, inferiores e da cobertura do transportador

A montagem das proteções inicia-se perto da conclusão do pré-*Tie in* e finaliza somente nos dias que antecedem o teste do transportador.

São as proteções laterais, inferiores e a cobertura, vistas na Figura 68, que garantem a segurança dos operadores, minimizando riscos de acidentes pessoais, além de realizar a contenção de materiais sobre a correia.

Figura 68 - Proteções e cobertura do transportador.



Fonte: O autor (2022).

10. Montagem das linhas de tubulação de utilidades e de incêndio na berma nova

Para atender à expansão transportador, foi verificada a capacidade de atendimento do sistema de água industrial e de incêndio. A montagem das tubulações de água industrial (identificadas pela cor verde) é crucial para o controle de poeira gerado pelo minério e outros particulados, além de ajudar na manutenção e na limpeza do transportador. Por outro lado, as tubulações de água de incêndio (identificadas pela cor vermelha) integram o sistema de combate a incêndio (SPCI) do transportador, e são destinadas para realizar a supressão rápida de incêndios, resfriamento de equipamentos, minimização de danos nos equipamentos e claro, na redução da propagação do incêndio.

Para instalação das tubulações, foi considerada água como fluido com as seguintes características, ver Tabela 7:

Tabela 7 - Propriedades do fluido (água).

Dado	Valor
Temperatura (°C)	30
Massa específica (Kg/m ³)	1000
Viscosidade (Pa·s)	0,1
Pressão de Vapor (kPa)	4,16

Fonte: Adaptado de [30].

As tubulações de distribuição de aço carbono, ASTM A 53 Gr. B, sendo que os trechos principais das tubulações que serão ampliadas serão de 6" de diâmetro. As tubulações são montadas conforme Figura 69, ou seja, são inseridas ao lado do transportador, possuindo um comprimento de 400 metros, com suportes para sustentação e alinhamento.

Figura 69 - Montagem de tubulações de SPCI e AID.



Fonte: O autor (2022).

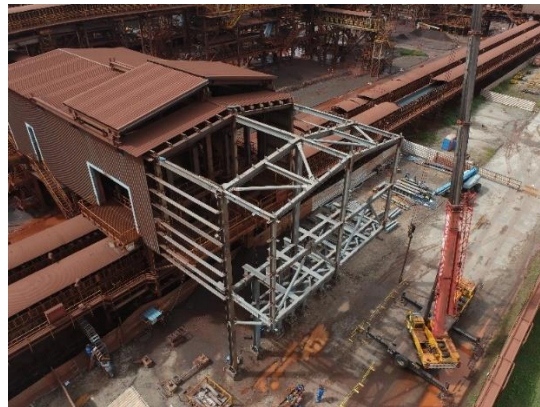
É necessário destacar que o sistema de tubulação é de operação automática, desse modo, possui válvula controladora de nível, indicador de nível, pressostatos e medidores de vazões [31]. Além disso, o sistema de combate a incêndio, formado por tubulação, mangueiras, hidrantes, bombas, entre outros, foi projetado para combater o fogo por quatro horas.

11. Ampliação da casa de transferência (CT)

A casa de transferência, é o local por onde o minério é transferido de um transportador para o outro. Com o prolongamento do transportador, as estruturas da casa de transferências, bem como seus equipamentos, são ampliadas e modificadas.

Na Figura 70, é possível verificar a ampliação estrutural da casa de transferência.

Figura 70 - Ampliação estrutural da casa de transferência.



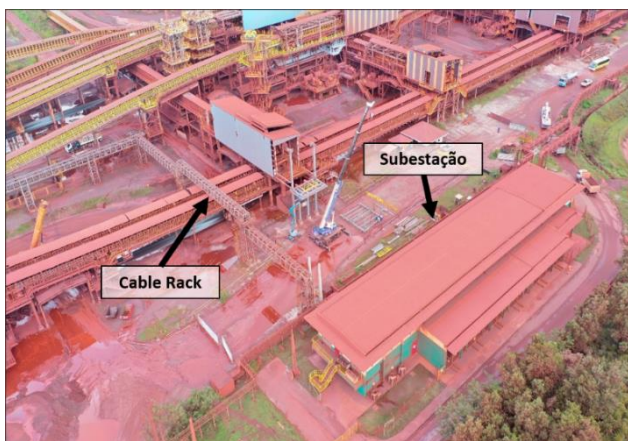
Fonte: O autor (2022).

Após a finalização da ampliação estrutural e da montagem da cobertura, as atividades restantes envolvendo os equipamentos da casa de transferência serão realizadas durante a fase de *Tie in*. Essas ações ocorrerão enquanto o transportador estiver inativo, devido ao bloqueio operacional necessário para a execução dessas tarefas.

12. Montagem do *cable rack* para passagem dos cabos (transportador - Subestação)

Para que aconteça a passagem dos cabos de ligação do transportador para a subestação de maneira segura e organizada, é necessário a montagem do *cable rack*, conforme Figura 71.

Figura 71 - Cable rack que liga o transportador à subestação.



Fonte: O autor (2022).

Este equipamento, consiste em uma estrutura metálica fabricada com chapas lisas e perfis soldados ASTM A36 / ASTM A572 Gr50, perfis laminados de abas paralelas (tipo W) e perfis laminados tipo cantoneira [32]. Sua concepção visa suportar a travessia dos cabos elétricos e dos demais cabos utilizados nas instalações industriais oriundos da subestação.

O *cable rack* desempenha um papel crucial não apenas na organização e proteção dos cabos, mas também na simplificação dos processos de inspeção, reparo e substituição dos mesmos.

13. Montagem dos instrumentos e painéis no transportador

São instalados pelas equipes de elétrica e automação equipamentos que desempenham funções importantes para garantir o funcionamento adequado do transportador. É nesse momento que serão montados os sensores e instrumentos de monitoramento, são eles: sensores de velocidade de correia, alinhamento, temperatura, sensores de rasgos, entre outros. Além disso, são instalados os botões de parada de emergência, sistemas de detecção de incêndios, alarmes.

Além dos sensores e dispositivos de segurança, são instalados os painéis de controle e automação e de distribuição elétrica.

14. Montagem de leitos e eletrodutos na região ampliada

A montagem dos leitos e eletrodutos, Figura 72, acontece em todo o prolongamento do transportador. Os leitos de cabos são parte dos elementos que compõe a infraestrutura elétrica, desempenhando um papel fundamental na

distribuição e proteção dos cabos elétricos. Os eletrodutos são componentes que protegem os cabos elétricos de possíveis danos de equipamentos mecânicos, umidade e alguns impactos que acontecem durante a operação do transportador. Além disso, os eletrodutos são importantes para o ordenamento dos cabos, tornando mais simples a manutenção, identificação e substituição, quando necessário.

Figura 72 - Montagem de leitos e eletrodutos no transportador.



Fonte: O autor (2022).

6.2 FINALIZAÇÃO DO PRÉ *TIE IN* EM UM TRANSPORTADOR DE CORREIA

Após a conclusão das atividades mencionadas anteriormente, ocorre a etapa final de preparação para a fase do *Tie in*. Isso envolve várias reuniões de planejamento com as equipes-chaves da mineradora:

- Equipe de projeto: responsável pela engenharia detalhada, planejamento, fornecimento de materiais, execução/implantação e com a segurança da obra.
- Equipe de operação: responsáveis por controlar a parada operacional para o tempo necessário de execução do *Tie in*. Além disso, acompanha toda a reta final do projeto, para que os ativos sejam entregues de maneira operacional.
- Equipe de manutenção: Quando a equipe de projetos realiza a entrega do transportador para o time de operação, a equipe de manutenção assumirá a responsabilidade dos ajustes, inspeções e substituições de equipamentos.

Para iniciar a parada operacional e realizar o *Tie in* de forma segura e eficiente, as equipes de implantação e segurança realizam uma série de verificações. Primeiramente, analisam se há canteiros de obras próximos ao ambiente de trabalho, garantindo a presença de instalações adequadas, como acesso à água e banheiros, além de condições seguras para os empregados. Também avaliam a área de sucatas metálicas, verificando se há segregação e organização dos materiais. Além disso, certificam-se da existência de rotas seguras para o deslocamento de pessoas, isolamento adequado de equipamentos e vias para o transporte de materiais. Por fim, ambas as equipes são responsáveis por revisar as Análises de Riscos de Trabalho (ARTs), as Proteções de Trabalho Seguro (PTSS) e os plano de *rigging* de todos os içamentos de carga previstos durante a execução do *Tie in*.

6.3 TIE IN EM UM TRANSPORTADOR DE CORREIA

Após a conclusão do período de pré-*Tie in* etapa em que grande parte do projeto foi concluída, é dado início ao período de *Tie in* eletromecânico do transportador. A grande diferença entre essas fases reside no tempo de implementação; na fase anterior (Pré-*Tie in*) não são necessárias paradas operacionais, visto que não é realizado nenhum ajuste ou modificação de elementos na estrutura do transportador em operação. No *Tie in*, por sua vez, para efetuar as atividades propostas, é necessário uma parada operacional por um tempo determinado, pois o transportador passará por ajustes, desmontagens e montagens em sua estrutura e componentes.

Para executar o *Tie in* no transportador em questão, foi necessário um período de 15 dias consecutivos para a conclusão de todas as atividades. É crucial ressaltar que este prazo não pode ser prorrogado, uma vez que os custos associados à paralisação de um ativo deste porte são substancialmente elevados para a mineradora. Esta situação representa um dos principais desafios na realização do *Tie in* em locais de alta produção.

Dessa forma, visando assegurar a entrega do ativo dentro do prazo estipulado, a empresa contratada disponibilizou os recursos de mão de obra conforme detalhado no Quadro 4, e os equipamentos listados no Quadro 5, garantindo assim a realização de todas as atividades necessárias. É importante destacar que esses recursos estão distribuídos em três turnos.

Quadro 4 - Mão de obra durante o *Tie in*.

Mão de obra por local de trabalho	Quantidade de pessoas
Máquina Empilhadeira	54
Mecânica - Transportador	166
Elétrica e instrumentação	58
Tubulação	36
Andaimes	33
Operador de máquinas e motoristas	33
Total geral previsto	380

Fonte: Adaptado de [34].

Quadro 5 - Equipamentos disponíveis durante o *Tie in*.

Equipamentos	Quantidade
Guindaste s/ pneus lança telescópico cap 100 t (at)	54
Guindaste s/ pneus lança telescópico cap 90 t (rt)	1
Guindaste s/ pneus lança telescópico cap 50 t	1
Plataforma elevatória Autoprop. Alt 30 m	2
Plataforma elevatória Autoprop. Alt 15 m	1
Retroescavadeira	1
Prancha 3 eixos c/ cavalo 6x4 cap. 40 t	1
Carreta c/ cavalo mecânico cap. 28 t	1
Caminhão c/ munck cap (10ton)	1
Caminhão bruck	1

Equipamentos	Quantidade
Caminhão pipa	1
Grupo gerador diesel 150 kva	1
Grupo gerador diesel 300 kva	1
Compressor diesel cap 250 pcm	1
Torres de iluminação	8
Andaimes ml x mês x 1000	11
Veículo de 5 lugares	2
Veículo van	1
Ônibus	6
TOTAL	37

Fonte: Adaptado de [34].

Com todas essas prerrogativas concluídas, dá-se início ao período de *Tie in*, que possui como principais atividades, a desmontagem da cabeceira existente, a troca do enrolador de cabos da máquina, a substituição do sistema de esticamento de correia, alterações nas casas de transferência, emenda de correia, entre outras atividades.

Para realizar as atividades no transportador e na máquina, a primeira atividade a ser realizada é a desativação do contrapeso da torre de esticamento. Essa desativação será realizada através da utilização do guincho de contrapeso, ver Figura 73.

Figura 73 - Alívio do contrapeso da torre de esticamento.



Fonte: [25].

Após a conclusão do alívio do contrapeso, serão realizados os bloqueios elétricos do transportador e da máquina na subestação, garantindo assim a segurança de todos os envolvidos no projeto. Os bloqueios deverão ser feitos por sistemas, permitindo a energização parcial conforme a liberação para testes. Para os ativos analisados, serão realizados os seguintes bloqueios:

- Bloqueio do acionamento;
- Bloqueio da cabeça móvel;
- Bloqueio do sistema de esticamento;
- Bloqueio de iluminação;
- Bloqueio de lubrificação
- Cubículo de alimentação (empilhadeira)

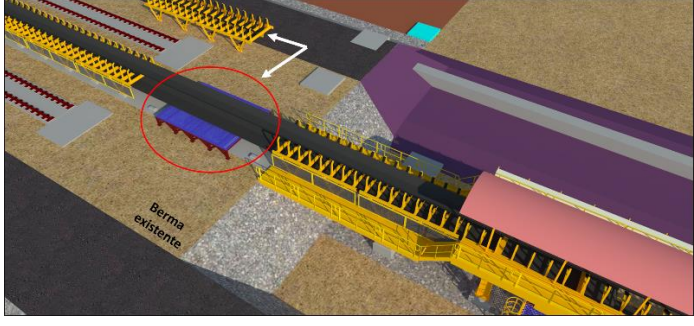
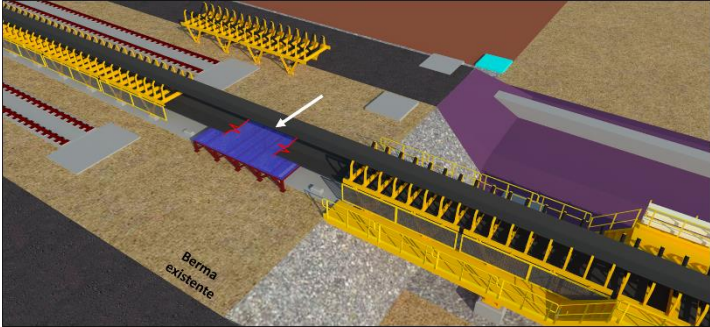
Na próxima seção, serão expostas com mais detalhes as principais atividades realizadas no *Tie in*.

6.3.1 Desmontagem da cabeceira existente do transportador de correia

No início da berma existente, será feito a desmontagem das mesas de carga para que aconteça a montagem da plataforma de corte da correia. Assim, o corte da correia será realizado em local pré-sinalizado. A correia será deixada sobre a berma existente, esperando o momento correto para realizar a emenda com a correia que foi inserida no transportador ampliado, na fase de pré-*Tie in*.

Para melhor entendimento, no Quadro 6 é possível verificar o processo da remoção da correia.

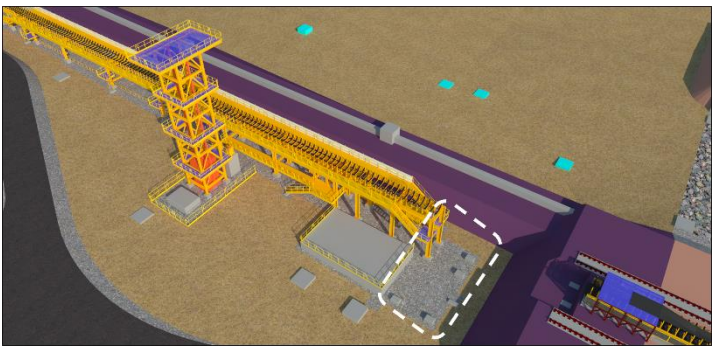
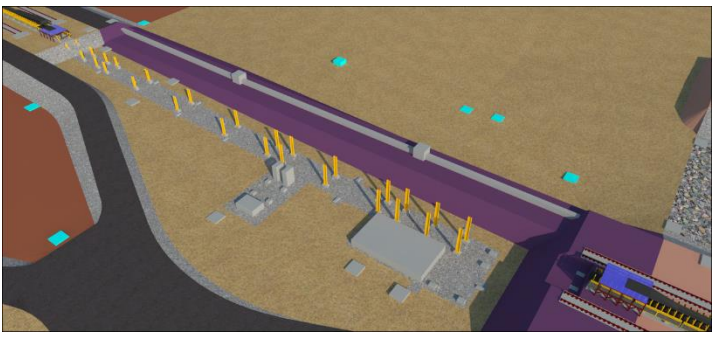
Quadro 6 - Processo de remoção da correia.

Sequenciamento de remoção de correia	Evidência
Desmontagem de mesas (2x) do transportador na berma existente e instalações de mesa de andaimes para corte da correia.	
Corte da correia na berma existente.	
Puxar a correia cortada.	
Após puxar a correia ela será armazenada sobre o TR da berma existente.	

Fonte: Adaptado de [25].

Após a processo de remoção de correia, acontece a desmontagem das estruturas e equipamentos da cabeceira do transportador existente, conforme mostra o Quadro 7.

Quadro 7 - Sequência de desmontagem na cabeceira no transportador.

Sequência de desmontagem na área da cabeceira	Evidência
Desmontagem de tambores primários, secundários e de desvio. Desmontagem dos 3 acionamentos.	
Desmontagens das estruturas do transportador existente próximas a berma nova.	
Desmontagem de estruturas e treliças do transportador existente (apenas as colunas são conservadas)	

Fonte: Adaptado de [25].

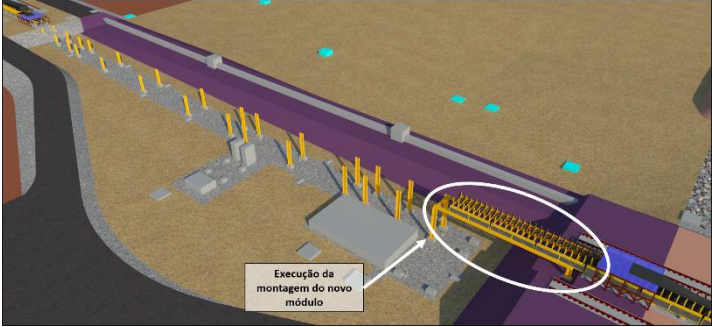
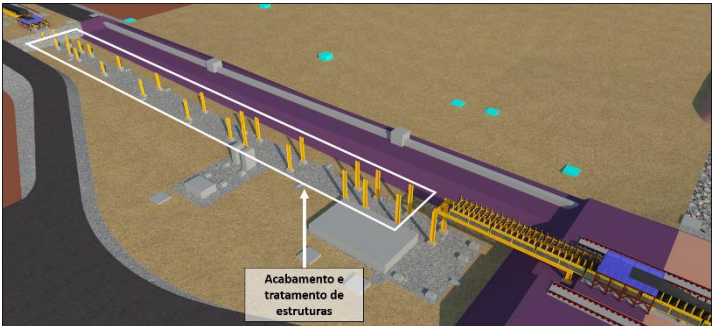
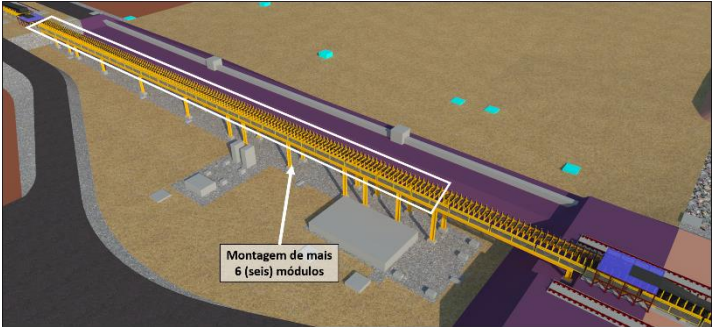
6.3.2 Montagem do transportador de correia

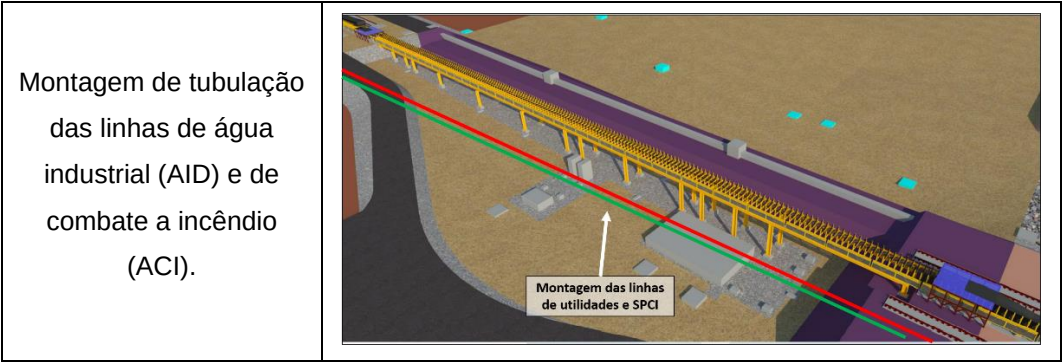
Sabe-se que grande parte da ampliação do transportador de correia, foi montado na fase de *pré-Tie in*, conforme seção 6.1. No entanto, a região de ligação entre a parte existente e a parte nova, além do acionamento na nova cabeceira, deverão ser executados.

Na seção 6.3.1, verificou-se a desmontagem da cabeceira existente, deixando somente as colunas de sustentação, que são necessárias para realizar a união dos dois segmentos do transportador.

Neste transportador, serão montados sete novos módulos (mesas com rolos de carga e retorno, vigas e suportes) no transportador. Estas estruturas serão soldadas com as colunas já existentes. Todo esse procedimento segue uma lógica, pois com o avanço da montagem dos módulos serão realizadas os acabamentos e retoques de pintura das estruturas (existentes e novas) nos pontos de corte e solda. Para melhor entendimento deste processo, é possível verificar o Quadro 8, onde é possível visualizar a sequência correta de montagem.

Quadro 8 - Sequência de montagem na região do *Tie in*.

Sequência de montagem na região do <i>Tie in</i> .	Evidência
Montagem de novas vigas, suportes e mesas com rolos de carga e retorno (iniciando pela ligação da berma nova). Obs: Módulo 1 montado.	 Execução da montagem do novo módulo
Acabamento de pintura e tratamento das estruturas existentes.	 Acabamento e tratamento de estruturas
Execução de montagem de mais 6 (seis) módulos para conclusão de interligação do transportador.	 Montagem de mais 6 (seis) módulos

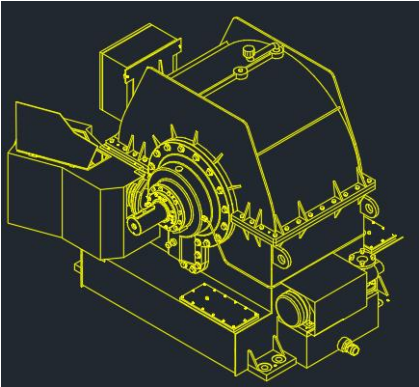


Fonte: Adaptado de [25].

Vale ressaltar que após a conclusão da montagem dos módulos serão lançados os cabos elétricos para realização das emendas e fusão de fibra óptica. Além disso, após a conclusão do reaterro dessa região, será realizado a escavação, prosseguindo com a montagem dos hidrantes conforme condição de projeto.

Na seção 6.1, identificamos que o transportador necessitaria de quatro acionamentos para operar de maneira eficiente. Conforme indicado no Quadro 1, é evidente que, desses quatro acionamentos, três poderiam ser reutilizados da cabeceira desmontada durante o início do processo de *Tie in*, conforme destacado na seção 6.3.1. Em consequência disso, procedemos à montagem dos três acionamentos conforme planejado. No Quadro 9 subsequente, é possível verificar os elementos que foram desmontados do acionamento anterior para serem instalados no novo conjunto de acionamento.

Quadro 9 - Conjuntos de acionamento reaproveitados.

Equipamentos do acionamento	Evidência
Hidrovariador HENFEL.	

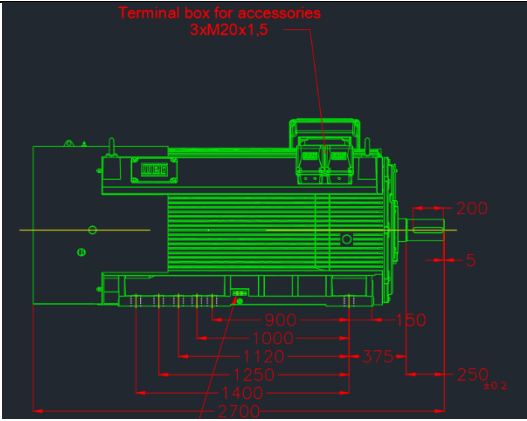
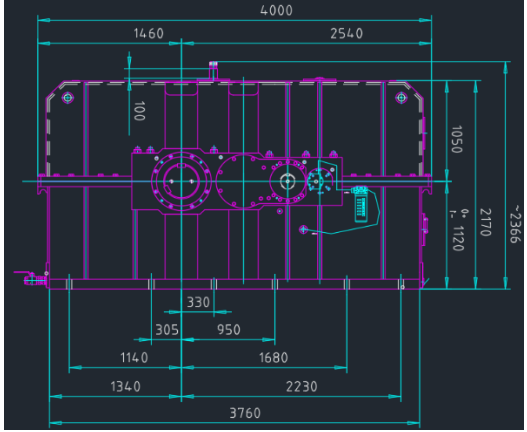
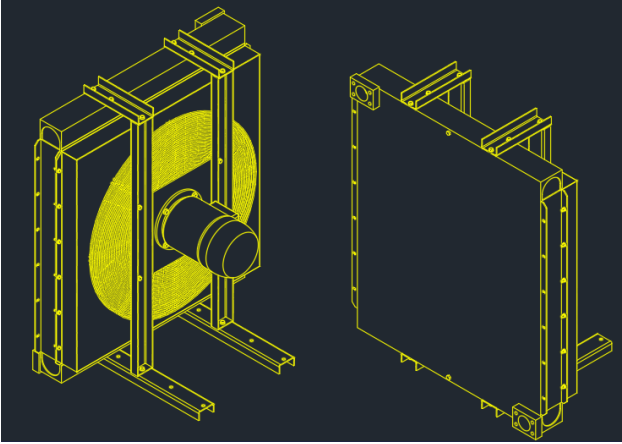
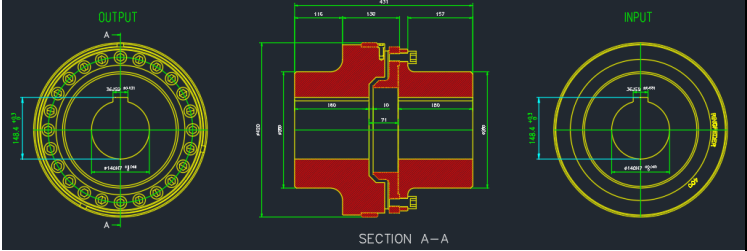
Motor WEG.	 Terminal box for accessories 3xM20x1,5 200 5 150 250 900 1000 1120 1250 1400 2700
Redutor SEW.	 4000 2540 1460 100 1050 2170 ~2366 330 305 950 1140 1680 1340 2230 3760
Sistema de refrigeração T11 HENFEL.	
Acoplamento BHD (Motor/Hidrovariador).	 OUTPUT A INPUT SECTION A-A

Tabela 9 - Propriedades motor WEG.

Dados	Valor
Potência (CV)	1500
Polos	8
Frequência (Hz)	60
Tensão nominal (V)	4000
Corrente nominal (A)	205
Velocidade nominal (rpm)	896
Torque nominal (Nm)	11780
Fator de serviço	1,0
Momento de inércia (Kgm^2)	126
Temperatura ambiente (°C)	-20 a +40

Fonte: Adaptado de [36].

Tabela 10 - Propriedades redutor SEW.

Dados	Valor
Potência Total (Kw)	1103
Relação de transmissão	19,152
Momento de inércia (Kgm^2)	2.7
Momento de inércia (Kgm^2)	126
Torque (KNm)	11.81
Peso total (Kg)	13000

Fonte: Adaptado de [37].

Dessa forma, na Figura 74, é possível verificar a forma final do sistema de acionamento do transportador.

Figura 74 - Sistema de acionamento do transportador.



Fonte: O autor (2023).

6.3.3 Alterações na casa de transferência de minério

Como foi verificado na seção 6.1, a casa de transferência sofre uma ampliação estrutural, restando apenas alguns ajustes a serem realizados no período do *Tie in*.

No Quadro 10, é possível verificar as atividades principais realizadas na casa de transferência.

Quadro 10 - Sequência de montagem da casa de transferência.

Sequência de execução da casa de transferência	Evidência
Realocação dos batentes fim de curso	

Fixação dos trilhos para extensão do caminho de rolamento da cabeça móvel	
Ampliação da viga e substituição do <i>festoon</i> (cabos elétricos, cabos de suporte e mangueira de lubrificação).	

Fonte: O autor (2023).

Além disso, há a instalação dos sensores fim de curso, montagem das chaves de posição da cabeça móvel, posicionamento de algumas vigas e monovias, além da adição de roletes de carga se necessário.

6.3.4 Execução da emenda da correia transportadora

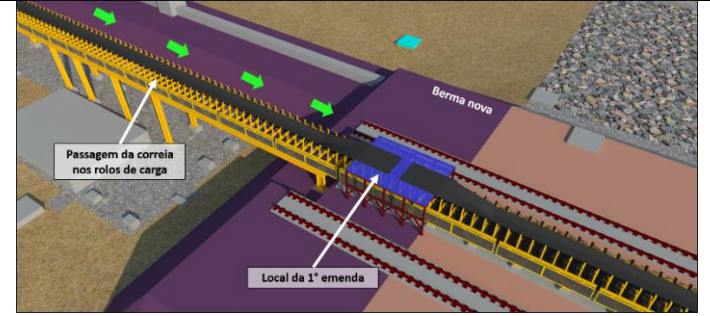
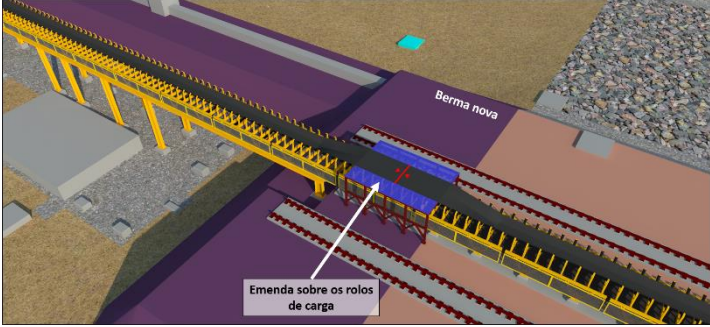
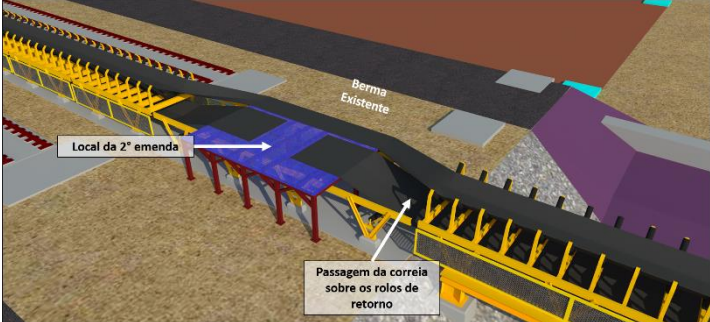
Para execução da emenda da correia, é importante saber os tipos de materiais necessários, geralmente o kit de emenda vem com os seguintes materiais: borracha de cobertura inferior, borracha de cobertura superior, borrachas de ligação, cimento de cobertura, cimento de cabo, solvente, estiletes, marcadores e colas.

Além disso, é de fundamental importância seguir o procedimento correto para realizar a emenda de uma correia transportadora. A sequência de execução é iniciada pela montagem das mesas e do platô de vulcanização, posteriormente é realizada a medição da emenda e a confecção das mantas/coberturas, alinhamento dos cabos e vulcanização.

Após esse procedimento, é necessário aguardar o resfriamento da correia e posteriormente retirar a correia.

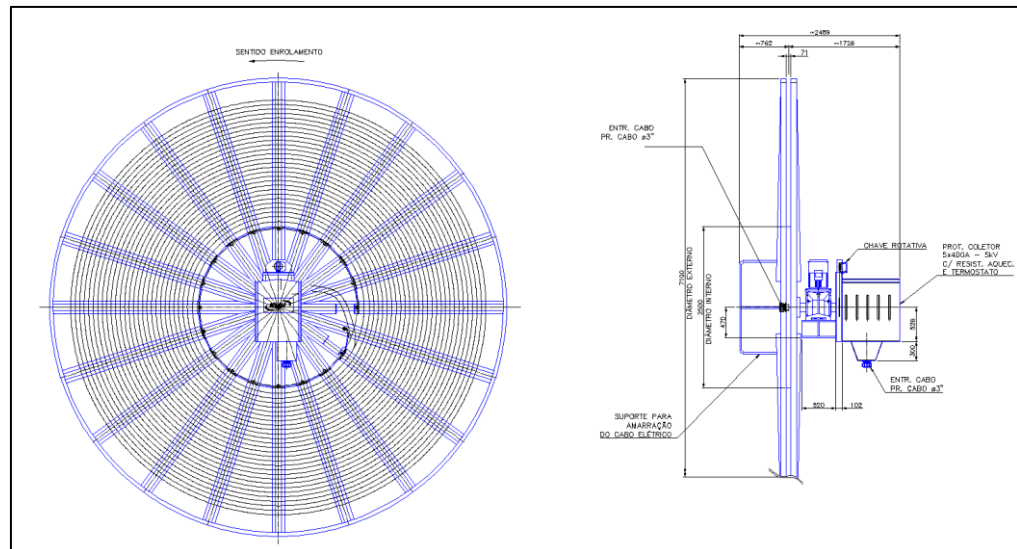
Para o transportador em estudo, fez-se necessário a realização de duas emendas, uma executada nos rolos de carga e a outra nos rolos de retorno. Para mais esclarecimentos, verifica-se o Quadro 11.

Quadro 11 - Realização da emenda de correia no transportador.

Sequência para realizar emenda de correia	Evidência
Local de emendas	
Passagem da correia sobre os rolos de carga da berma existente para berma nova.	
Preparar pontas das correias cortadas sobre a berma nova e executar emenda da correia sobre os rolos de carga	
Passar correia nos rolos de retorno do transportador da berma nova para a berma existente – Vista da berma existente	

O enrolador de cabo existente é do tipo espiral, com diâmetro externo de 7,1 metros e diâmetro interno de 2,5 metros, como apresentado na Figura 77 abaixo.

Figura 76 - Enrolador de cabos tipo espiral.



Fonte: [38].

Para mais detalhes, é possível verificar a Figura 78, o enrolador de cabos do tipo espiral antes da desmontagem.

Figura 77 - Condição do enrolador de cabo.



Fonte: O autor (2022).

O enrolador de cabo tipo espiral, fabricado pela TENOVA, possui um comprimento útil de 670 metros após a ampliação, sem a necessidade de

deslocamento das ancoragens. Para obter informações mais detalhadas sobre as especificações e propriedades desse equipamento, é possível verificar a Figura 79.

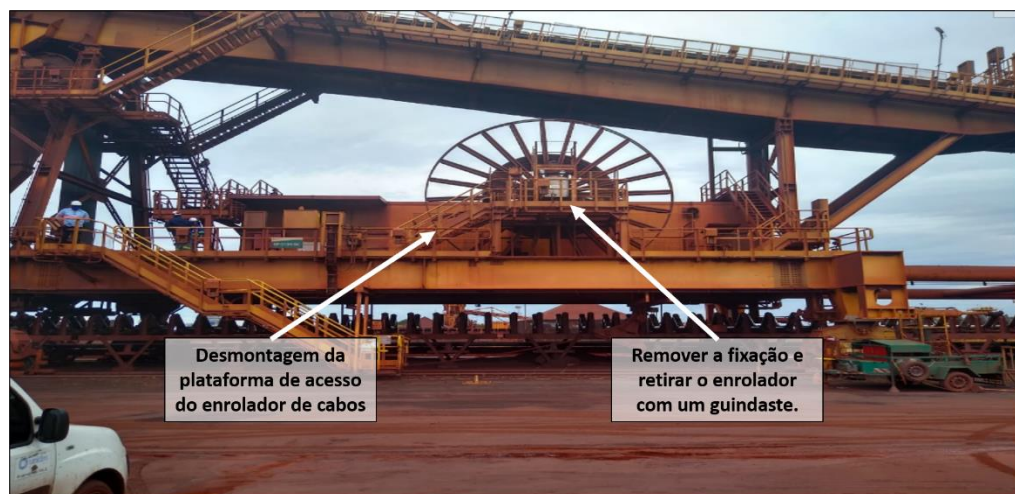
Figura 78 - Características técnicas do enrolador de cabos espiral.

GERAIS	VELOCIDADE MÁX. DA MÁQUINA	30 m/min.	ALTURA DE INSTALAÇÃO	7,5 m
	COMPRIMENTO ÚTIL A ENROLAR	450 m	TEMPERATURA AMBIENTE	40 °C
	NÚMERO DE CAMADAS	33	PESO APROX. DO ENROLADOR	VER NOTA kg
COLETOR	NÚMERO DE ANEÍIS	5	CORRENTE NOMINAL	400 Amp.
	NÚMERO DE ANEÍIS PRATEADOS	—	TENSÃO ENTRE ANEÍIS	4160/60 V/Hz
	PROTEÇÃO	IP W55	CLASSE DE ISOLAÇÃO	5000 Volt
CABO	TIPO	PROTOLON (3x120+2x35+1x10) mm ²	DIÂMETRO ϕ	64 mm
	FABRICANTE	—	PESO	6,8 kg/m
ACIONAMENTO	MOTOR TIPO	DRE112M4	POTÊNCIA=	4,5 kW
	REGIME DE SERVIÇO	100 %Ed.	PROTEÇÃO IP	W55
	FREIO	440V/49W/0,16A	—	VENTILAÇÃO FORÇADA 440V/60Hz — TERMISTOR (PTC)
	CAIXA DE RESISTÊNCIA TIPO	—	REDUTOR TIPO	KA157B
CHAVE	FIM DE CURSO TIPO	CR48C2	i=	48
	DE BRAÇO COM SENSOR	—	Nº DE CONTATOS	4
			FABR.	EMH
			NÚMERO DE SENSORES	—

Fonte: [39].

Dessa forma, o enrolador de cabo, do tipo espiral, será substituído por um enrolador do tipo tambor que ficará no mesmo nível da plataforma já existente. Para que aconteça a desmontagem do enrolador de cabo do tipo espiral, é necessário garantir o bloqueio da máquina na subestação, desconectar os cabos e realizar o desligamento e remoção dos painéis. Após isso, a desmontagem é realizada conforme Figura 80.

Figura 79 - Sequência para desmontagem do enrolador.

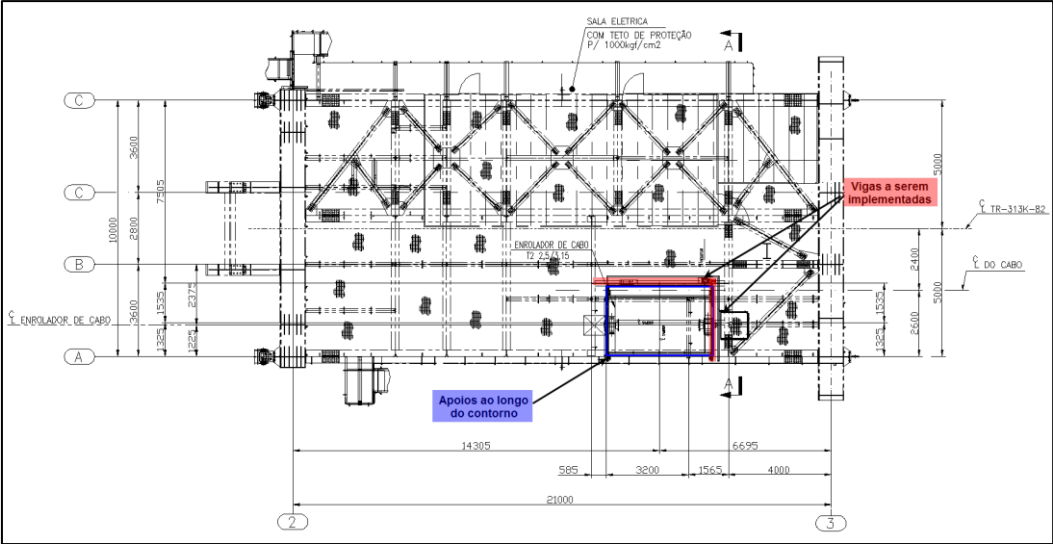


Fonte: O autor (2022).

O enrolador de cabos, do tipo espiral, será substituído por um enrolador do tipo tambor, que ficará no mesmo nível da plataforma existente. Os pontos de apoio do

enrolador de cabo serão na estrutura já existente, no entanto, será necessário adicionar mais duas vigas, para sustentação do novo enrolador, conforme é Figura 81.

Figura 80 - Instalação do reforço estrutural para o novo enrolador.



Fonte: [40].

A lista de materiais necessários para esse reforço estrutural do suporte do enrolador de cabos, está detalhado na Tabela 11.

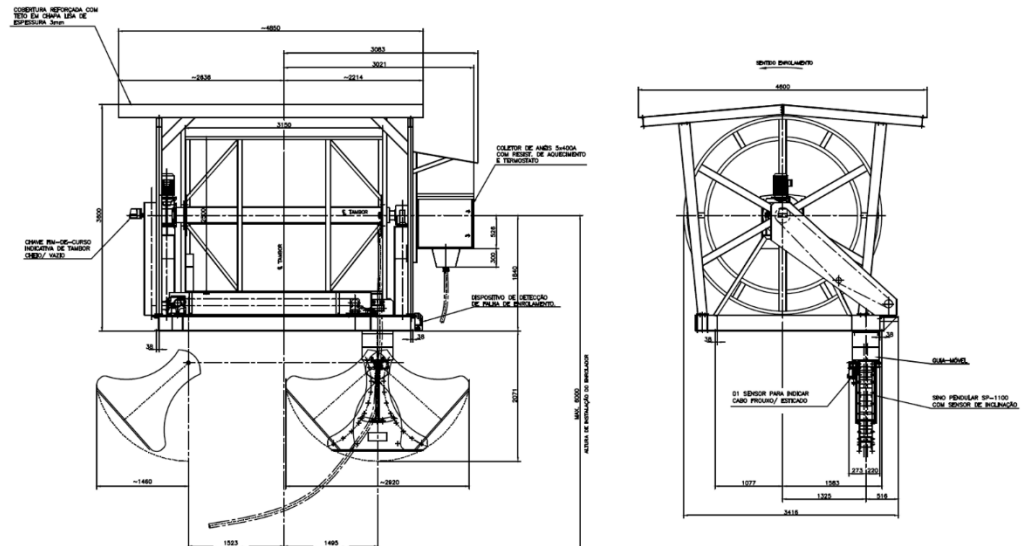
Tabela 11 - Materiais necessários para reforço estrutural.

Item	Quantidade	Aço
Perfil laminado do tipo W (kg)	300	ASTM A572 Gr50
Perfil laminado tipo U (kg)	500	ASTM A36
Grades de piso + grapas de fixação (m ²)	30	SAE 1020
Chapas diversas (Kg)	200	ASTM A36
Parafusos diversos com porcas e arruelas galvanizadas (cj)	1	ASTM A325
Peso total – sem grade de piso (Kg)		1000 kg

Fonte: Adaptado de [41].

O modelo do novo enrolador a ser implementado é o T2 2.5/3.15, Figura 82, com comprimento útil após ampliação sem deslocamento das ancoragens de aproximadamente 770 metros.

Figura 81 - Enrolador de cabo tipo tambor - modelo T2 2.5/3.15.



Fonte: [41].

O peso do cabo que antes ficava concentrado em um ponto em virtude do enrolador antigo ser do tipo espiral, agora ficará de forma distribuída visto ser um enrolador do tipo tambor.

As características técnicas e especificações deste novo enrolador de cabo estão expostas na Figura 83.

Figura 82 - Características técnicas do enrolador de cabos tipo tambor.

GERAIS	VELOCIDADE MÁX. DA MÁQUINA	30 m/min.	ALTURA DE INSTALAÇÃO	~6,14 m
	COMPRIMENTO ÚTIL A ENROLAR	670 m	TEMPERATURA AMBIENTE	40 °C
	NÚMERO DE CAMADAS	02	PESO APROX. DO ENROLADOR	kg
COLETOR	NÚMERO DE ANEIS	5	CORRENTE NOMINAL	400 Amp.
	NÚMERO DE ANEIS PRATEADOS	—	TENSÃO ENTRE ANEIS	4160/60 V/Hz
	PROTEÇÃO	IP W55	CLASSE DE ISOLAÇÃO	5000 Volt.
CABO	TIPO	PROTOLO (M)–R [(3x120)+(3x70/3)]	DIÂMETRO ϕ	59,2 mm
	FABRICANTE		PESO	6,8 kg/m
ACIONAMENTO	MOTOR TIPO	DRN100LMP4/BE2/HR/TF/ES7S/C/V	Ie=5,95 Amp., Ir=	Amp., CL. ISOLAÇÃO F
	REGIME DE SERVIÇO	100 %Ed, PROTEÇÃO IP W55	TENSÃO ALIMENTAÇÃO	440/60 V/Hz
	FREIO TIPO	BE2 – 440 V i = 0,15A		
	CONTROLE DE TORQUE:	INVERSOR DE FREQUENCIA		
CHAVE	REDUTOR TIPO	K107–R77 i= 318	ÓLEO	MOBILGEAR 630 VOLUME 37,3 l
	FIM DE CURSO TIPO	EMH i= 96 Nº	DE CONTATOS	02 FABR. EMH
	DE BRAÇO COM SENSOR	—	NÚMERO DE SENSORES	—

Fonte: [41].

Com todas essas informações disponíveis, acontece a montagem e os ajustes do enrolador de cabo tipo tambor, além da montagem da cobertura e dos painéis laterais, do lançamento e ligação dos cabos e da montagem e ligação dos painéis. Na Figura 84, é possível verificar o enrolador de cabo instalado.

Figura 83 - Execução da montagem do novo enrolador de cabos.



Fonte: O autor (2022).

6.3.6 Implementação de um novo sistema de esticamento

Todos os transportadores que foram ampliados trabalhavam em um sistema de tensionamento das correias, que contemplam (em cada transportador) torre de

esticamento, contrapeso com volumes variados, guincho do contrapeso, sistema de roldanas e um guia do contrapeso e carro esticador.

No entanto, a modelagem proposta tem um impacto significativo nos níveis de segurança aceitáveis para a operação. Durante a execução do processo de manutenção, é crucial aliviar o contrapeso que exerce carga contínua. Nesse procedimento, há um risco considerável de fatalidades caso ocorra algum incidente durante a manobra.

Para o novo conjunto de tensionamento proposto, a tensão necessária na correia será ajustada por meio de um guincho operado com cargas constantes pré-estabelecidas. Essa operação permite uma faixa de variação entre os valores máximos e mínimos dentro dos padrões aceitáveis estipulados pela engenharia [42].

A calibração da variação de tensão possibilitará que o motor do guincho permaneça desligado com o freio acionado durante os processos de manutenção, ou enquanto os parâmetros de variação de tensão registrados pela célula de carga estiverem dentro dos parâmetros operacionais programados. Isso proporcionará maior segurança ao sistema [42].

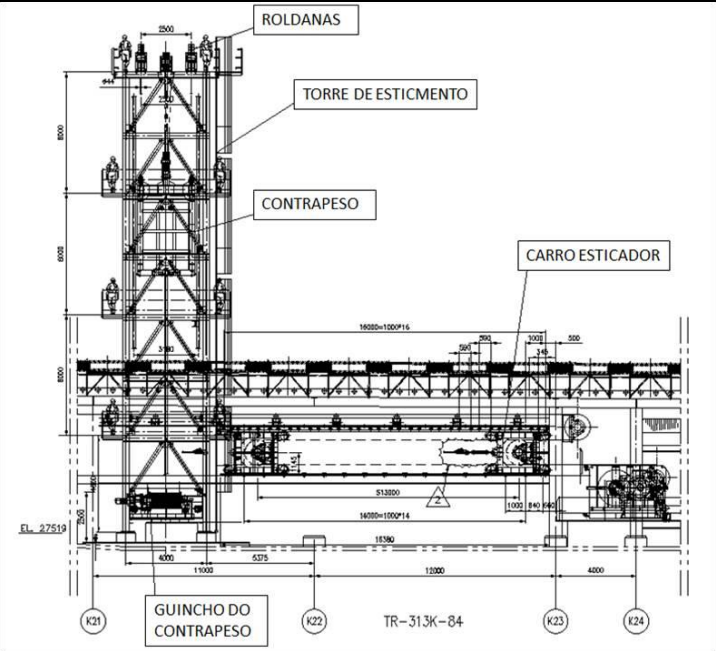
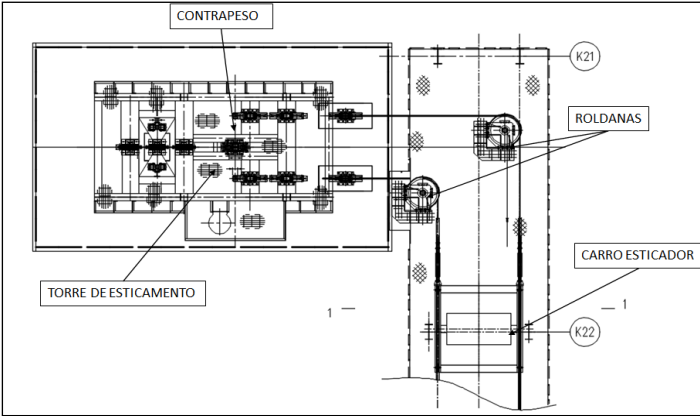
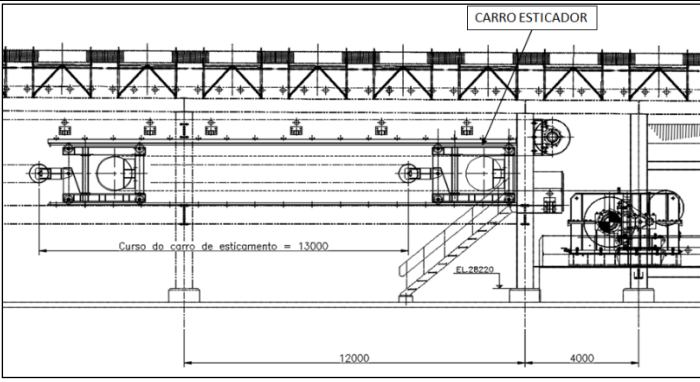
6.3.6.1 Conjunto de tensionamento existente

O Conjunto de tensionamento de correia existente opera através de um sistema de esticamento por gravidade, onde o contrapeso de aproximadamente 40 toneladas exerce uma carga contínua possibilitando o ajuste da tensão conveniente para o acionamento da correia, absorvendo suas deformações, tanto de alongamento quanto de contração. Seu ajuste é executado automaticamente pela energia potencial do contrapeso do tipo vertical acionando o carro esticado que por sua vez contém o tambor de esticamento [42].

Sendo assim, esse sistema exige uma estrutura considerável que implica em riscos inerentes por possuir tamanha carga suspensa tanto na operação quanto nos períodos de manutenção e ainda possui limitações ao lidar com as forças dinâmicas que a correia exerce.

No Quadro 12, é possível verificar os componentes da estrutura do sistema de esticamento por gravidade.

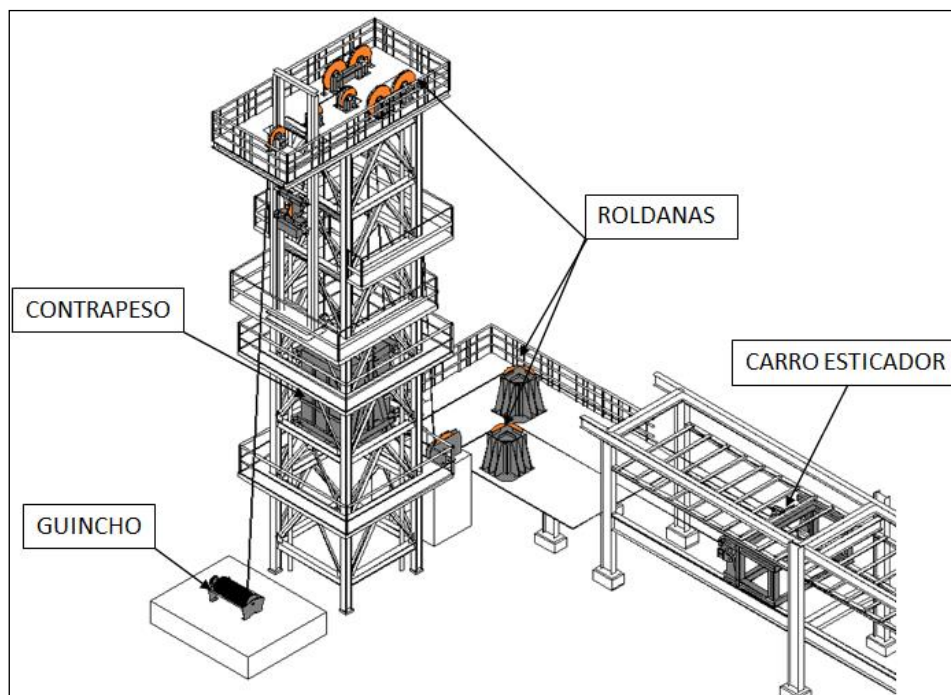
Quadro 12 - Visualização dos componentes do sistema de esticamento por gravidade.

Estrutura do sistema de esticamento	Evidência
Conjunto de esticamento e sistema de contrapeso do transportador em vista de configuração estrutural.	
Torre de esticamento, sistema de contrapeso e roldanas do transportador em planta.	
Vista em elevação do carro esticador do transportador	

Fonte: Adaptado de [42].

Na Figura 84, é possível observar que o carro esticador é acionado através do contrapeso calculado para que exerça tensão constante desejada na correia.

Figura 84 - Vista isométrica da estrutura existente.



Fonte: [42].

Este sistema, apesar de ser mais simples de ser executado, torna-se mais dispendioso quanto à segurança em operação e manutenção.

6.3.6.2 Premissas para novo sistema de esticamento

Por solicitação da mineradora, as colunas e vigas do novo sistema de contrapeso não devem possuir qualquer tipo de vínculo com a estrutura principal do transportador existente, para não haver transmissibilidade de esforços [43]. Além disso, o projeto deverá levar em consideração as vibrações resultantes do equipamento, prevenindo-se contra ocorrência de ressonância [44].

Os sistemas de tensionamento deverão ser utilizados para fins de esticamento das correias, mediante a manutenção do tensionamento constante sempre dentro de uma faixa previamente calibrada. Estes sistemas devem ser projetados para um regime de operação contínua 24 horas por dia, 7 dias por semana, 365 dias por ano e deverão apresentar vida útil para suportar o trabalho em ambiente de mineração (com proteções adequadas contra pó, umidade, vibração e corrosão) [44].

Por fim, o equipamento deverá ser fornecido completo com todos os controles e instrumentos necessários e documento que contenha descrição detalhada de funcionamento do equipamento visando garantir uma operação segura e eficiente. Além disso, todo sistema que requerer proteção deverá ser provido de sensores para

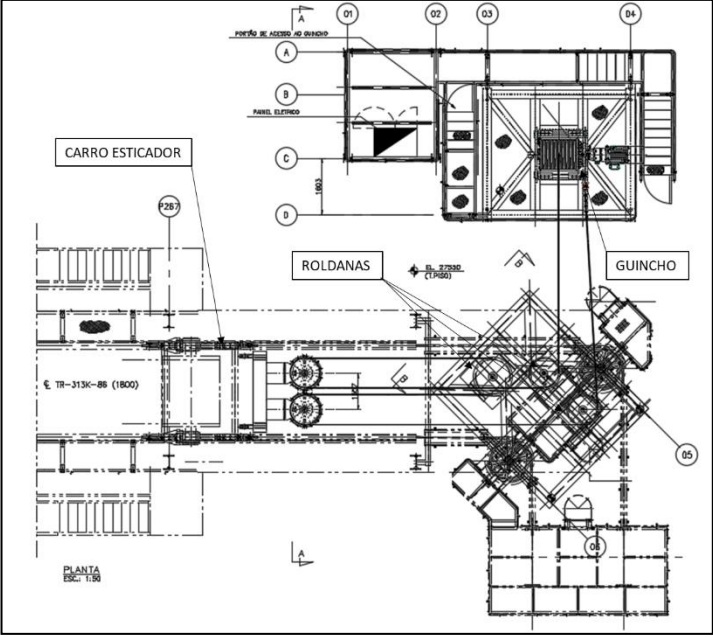
iniciar alarmes, e quando necessário, prover desligamento automático do sistema [44]. É importante destacar que o fator de serviço adotado deve ser de 6,3, sendo superior ao recomendado pelo fabricante (DANA) em razão da falta de manutenção periódica dos equipamentos [42].

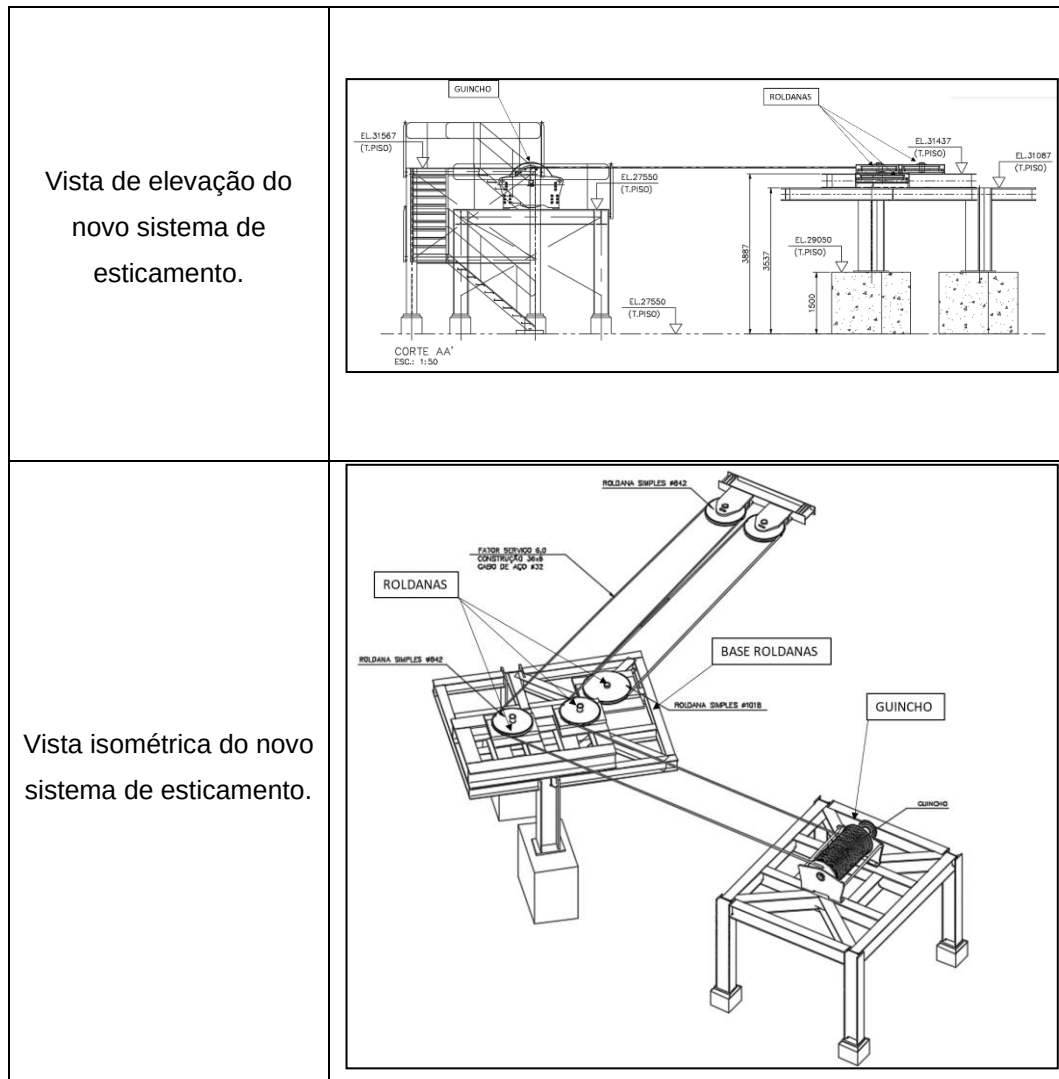
6.3.6.3 Sistema de esticamento eletromecânico

O novo conjunto de tensionamento fará a substituição completa do sistema, sendo que toda a estrutura do sistema de esticamento que atua por gravidade, passará a operar através do sistema de tensionamento por guincho eletromecânico [42].

No Quadro 13, é possível verificar os componentes da estrutura do sistema de esticamento eletromecânico.

Quadro 13 - Visualização dos componentes do sistema de esticamento eletromecânico.

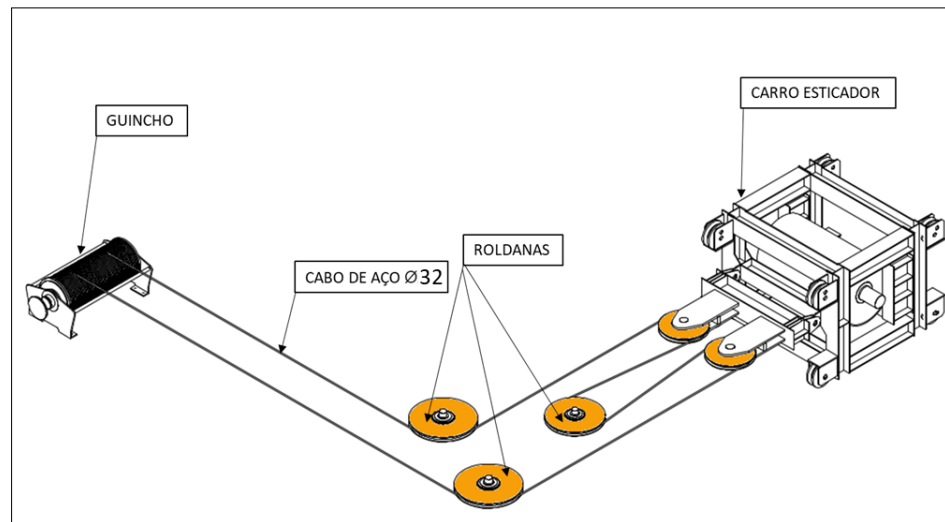
Estrutura do sistema de esticamento	Evidência
Novo conjunto de esticamento do transportador em planta.	 A detailed technical drawing of a mechanical stretching system. The drawing shows a complex arrangement of structural elements, including a horizontal beam labeled 'CARRO ESTICADOR' (stretching carriage) and a vertical assembly labeled 'ROLANAS' (pulleys). A winch labeled 'GUINCHO' is shown at the bottom right. The drawing includes various dimensions, such as '1800' and '1100', and a reference to 'P287'. A note 'TR-213K-BB (1800)' is present. The drawing is titled 'PLANTA' and 'EBC-130'.



Fonte: Adaptado de [42].

O sistema funcionará através do acionamento de um guincho eletromecânico da DANA BREVINI conectados ao carro esticador através de um cabo de aço, para garantir alinhamento durante a movimentação evitando a ocorrência de travamento do sistema ou descarrilamento. O cabo será direcionado ao carro através de roldanas fixadas a estrutura metálica apoiadas nas novas bases civis [45]. O sistema de esticamento eletromecânico é composto por motor elétrico, redutor, tambor, cabo de aço, roldanas móveis e com velocidade periférica preestabelecida. Conforme mostrado de maneira resumida na Figura 86.

Figura 85 - Esquemático básico de guincho automático para tensionamento de correia.



Fonte: [42].

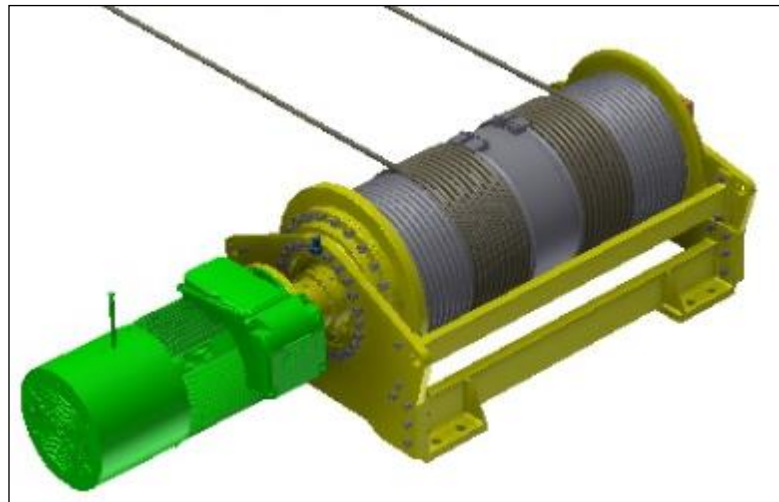
Esse sistema de tensionamento agrega mais segurança, flexibilidade, economia e redução de desgastes. Além disso, a tensão de esticamento da correia pode ser ajustada conforme a demanda de carregamento reduzindo desgastes tanto na correia, quanto nos mancais, nos roletes e em outros equipamentos relacionados a operação.

A seguir, é possível verificar a descrição mais detalhada dos principais componentes do sistema de esticamento eletromecânico, que possui como força de esticamento 760 kN e força de cabos de 1084 kN.

1. Guincho eletromecânico:

O guincho eletromecânico, Figura 87, será composto por um motorreductor com engrenagens do tipo cilíndrica, conectado diretamente em uma das extremidades do tambor flange.

Figura 86 - Guincho eletromecânico do sistema de esticamento



Fonte: [42].

Na Tabela 12, é possível verificar as características técnicas do guincho.

Tabela 12 - Características técnicas do guincho instalado.

Dado	Valor
Velocidade do cabo (m/min)	42,7
Capacidade de cabo na 1° camada (m)	110 + 3 voltas
Diâmetro do cabo (mm)	Ø 32 (6x36 - Fs > 6)
Relação de transmissão do redutor	219,2
Diâmetro do tambor (mm)	Ø 940 x 1500
Máximo torque (N.m)	4,16

Fonte: Adaptado de [46].

2. Motor elétrico:

O guincho será acionado diretamente pelo motor elétrico controlado pelo inversor. A rotação será transmitida pelo acoplamento entre o eixo do motor e o eixo de entrada da caixa de engrenagens. O tambor ranhurado e o rolo de pressão garantem o enrolamento adequado do cabo no máximo e no mínimo, a rotação do tambor será controlada pelo interruptor de limite elétrico que operará no lado oposto do eixo de entrada. Na Tabela 13, é possível verificar os dados técnicos do motor utilizado para este sistema de esticamento.

Tabela 13 - Características técnicas do motor elétrico instalado.

Dado	Valor
Potência (kW)	110
Polos	4
Frequência (Hz)	60
Voltagem (V)/Tensão do motor (V)	480
Carcaça/ Categoria/ Tipo	280 / N / Gaiola
Proteção / Forma construtiva	IP 65 / B5D
Isolação	Classe F (Δt de 80 K)
Fator de serviço	6
Regime de trabalho do motor	S1

Fonte: Adaptado de [46].

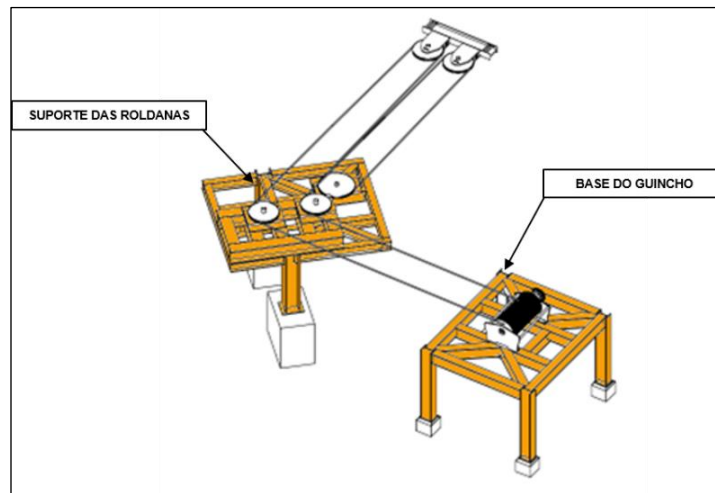
3. Cabo de aço:

O cabo utilizado no sistema de esticamento possui construção 6x36 com alma de aço, com 32 mm de diâmetro, garantindo assim maior resistência a amassamentos e a tração. O coeficiente mínimo de segurança para este cabo é de 6,3 para a aplicação, o que aumenta mais ainda a segurança da operação e a vida útil do cabo.

4. Estrutura metálica:

A estrutura metálica do sistema de esticamento, vai ser utilizada como suporte para o conjunto de roldanas que irão direcionar o cabo de aço do guincho ao carro esticador. Além disso, servirá como base para o guincho, conforme especificado na Figura 88.

Figura 87 - Estrutura metálica do suporte das roldanas.

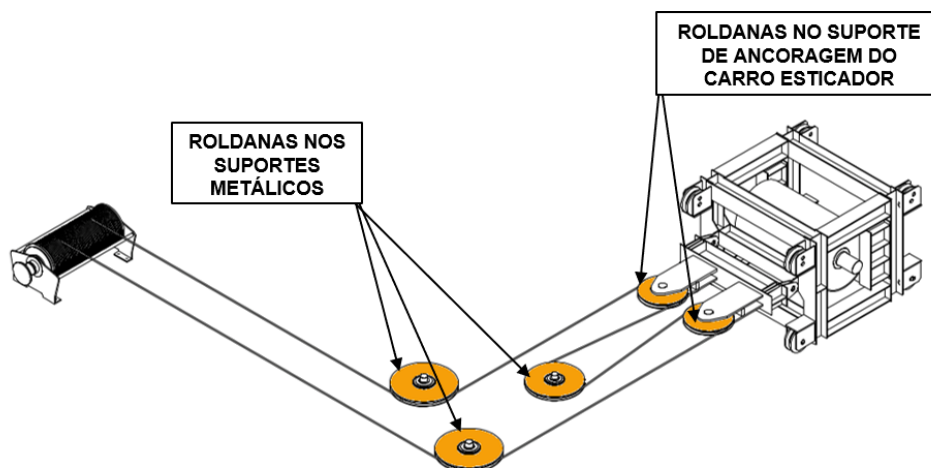


Fonte: [46].

5. Roldanas:

As roldanas fixadas à estrutura metálica, Figura 89, servirão como suporte para direcionar o cabo de aço que fará a ligação entre o guincho e o carro esticador. São confeccionadas em aço forjado ou fundido com resistência mecânica adequada para realização do trabalho.

Figura 88 - Roldanas instaladas no novo sistema de esticamento.



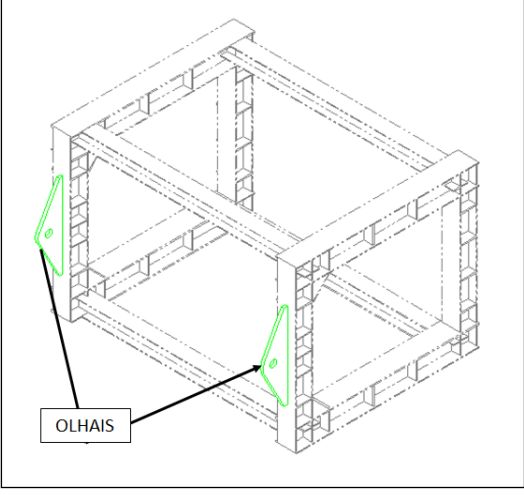
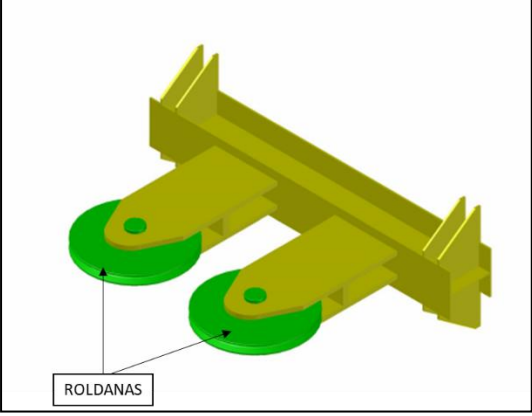
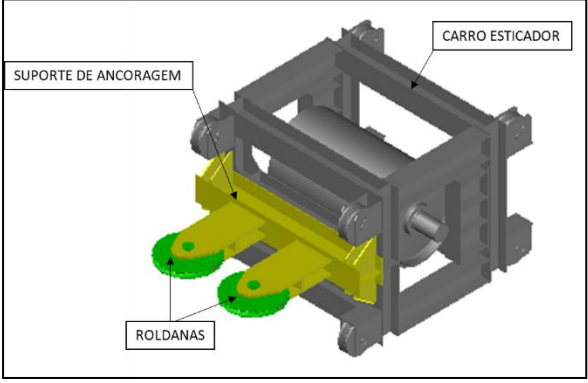
Fonte: [46].

6. Carro esticador:

O carro esticador do sistema de esticamento por gravidade dever ser utilizado no atual projeto do novo sistema, mas necessitará de adaptações.

É possível visualizar no Quadro 14, que a adaptação do carro esticador consiste na soldagem do suporte de ancoragem em sua estrutura, passando a possuir as roldanas necessárias para união com o cabo.

Quadro 14 - Adaptações no carro esticador do novo sistema de esticamento

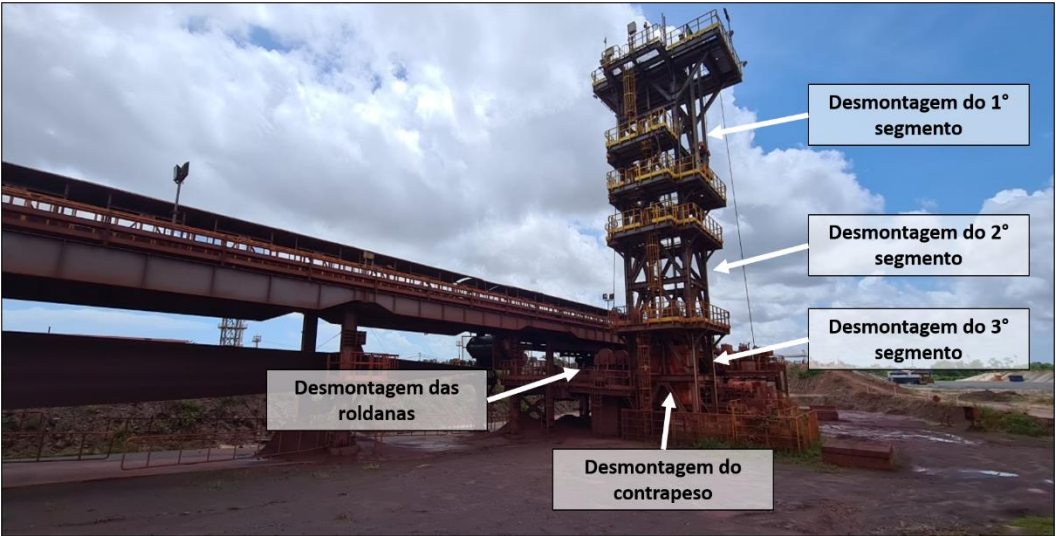
Estrutura do sistema de esticamento	Evidência
Carro esticador existente.	
Suporte de ancoragem	
Suporte de ancoragem acoplado no carro esticador	

Fonte: Adaptado de [42].

6.3.7 Desmontagem da torre de esticamento

Após realizar o desligamento do motor e do freio do guincho do contrapeso, desmontar os sensores do enrolador do guincho e remover os cabos de aço. Será feito a desmontagem da torre de esticamento por partes, dividindo-a em três segmentos. Além disso, será realizado a desmontagem das roldanas, contrapeso, guincho e periféricos. Esse processo de desmontagem está explicitado na Figura 90.

Figura 89 - Desmontagem do sistema de esticamento com contrapeso.



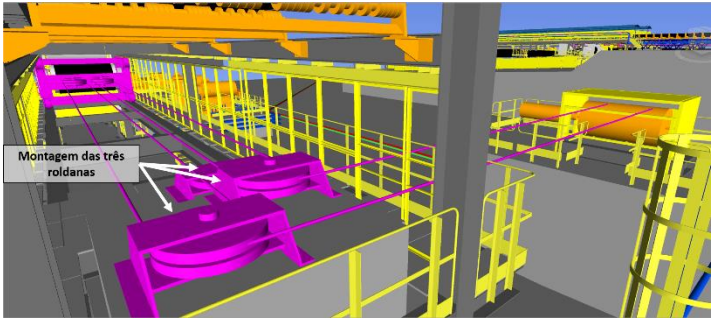
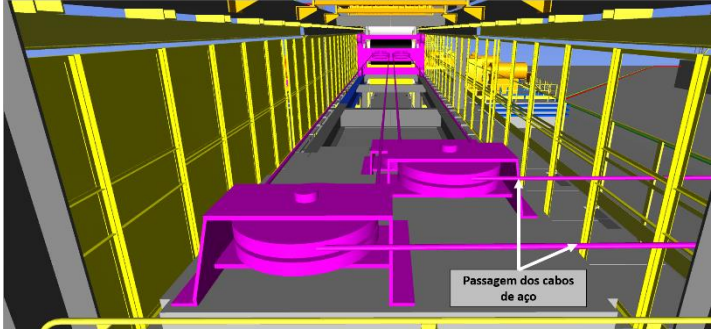
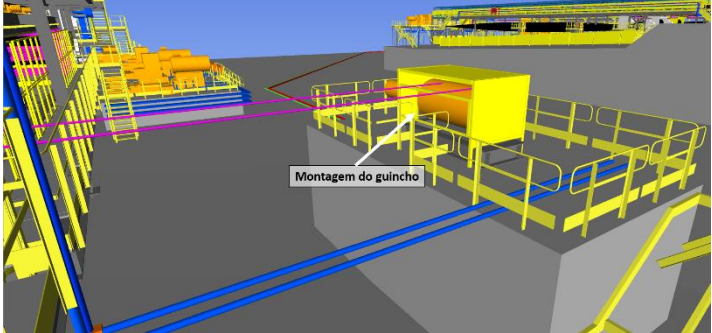
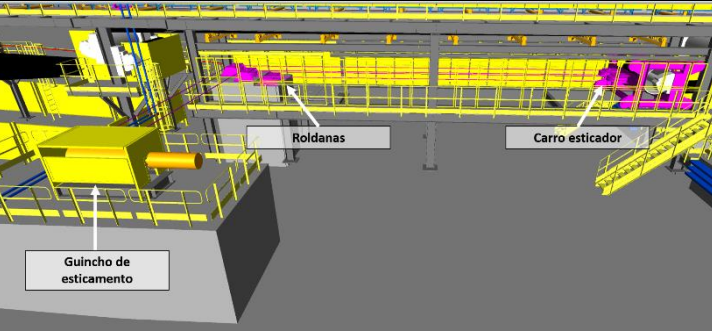
Fonte 9. O autor (2022).

6.3.8 Montagem do novo sistema de esticamento

A montagem do novo sistema de esticamento seguiu o procedimento mostrado no Quadro 15

Quadro 15 - Sequenciamento de montagem do novo sistema de esticamento.

Montagem – sistema de esticamento automático	Evidência
Montagem do carro esticador.	

Montagem das três roldanas	
Passagem dos cabos de aço	
Montagem do guincho do sistema de esticamento (capacidade para 16 ton).	
Montagem finaliza	

Fonte: Adaptado de [25].

Além disso, a equipe de automação é responsável por ligar o cabo de fibra da remota mais próxima ao painel, reconfigurar a rede de internet, parametrização e programação de todo o sistema de esticamento.

Sendo assim, conclui-se que a solução de guincho eletromecânico tem muitas vantagens em comparação com a torre de contrapeso, mesmo em aplicações onde não é necessário ser travado novamente, como: o aumento de segurança sem a

operação de elevação de um bloco de contrapeso durante a manutenção que é uma intervenção perigosa e redução de custos, pois um guincho eletromecânico é mais barato que uma torre completa de contrapeso.

Além disso, o sistema de esticamento automático (ATS) são desenvolvidos para manter o tensionamento da correia dentro da faixa pré-estabelecida, ou seja, nas condições de modo de partida, modo de parada e modo operacional. Sendo assim, enquanto o valor da tensão da correia estiver dentro da faixa estabelecida, um freio eletromagnético será utilizado para manter a tensão da correia, isso permite que o motor elétrico permaneça desligado sem consumo de energia durante este período.

Por outro lado, quando o valor da tensão sair fora da faixa pré-estabelecida, imediatamente o controlador lógico do transportador (PLC) acionará a célula de carga do sistema de esticamento, o que resulta no tensionamento ou contração do cabo de aço realizado pelo guincho, para trazer a tensão da correia para a faixa de controle novamente. Uma vez que a tensão da correia está estabilizada dentro da faixa definida, o freio eletromagnético é acionado.

Com o guincho eletromecânico será possível ter vida útil mais longa da correia. O valor da tensão da correia durante o início e a parada do transportador de correia é um valor paramétrico do controlador lógico do transportador e esse recurso faz com que a tensão usada para esticar a correia possa ser o valor mínimo possível, o que garantirá uma vida mais longa para as correias [45].

6.4 PÓS *TIE-IN* DE UM TRANSPORTADOR DE CORREIA

Ao final das atividades da etapa de montagem eletromecânica do projeto, ocorre a fase de completação mecânica. É nessa fase que se tem a definição por completo da correta montagem das instalações conforme especificações técnicas. É durante essa etapa que acontecem as inspeções visuais, testes hidrostáticos, de continuidade, de isolamento, há calibrações nos instrumentos e válvulas de controle, finalização de alimentos, entre outros.

É considerada uma das fases mais importantes de todo o projeto, pois acontece a caminhada para aplicação de protocolos, que são as listas de verificação em que os fornecedores, construtoras e montadoras registrarão os resultados das análises realizadas em cada ativo do projeto.

O objetivo da caminhada é averiguar na área se as instalações montadas estão de acordo com as informações de protocolo. Se houver divergência, haverá abertura

de pendências de projeto, essas pendências impedirão a realização do comissionamento do projeto [47].

Após a caminhada, as equipes de EPO (Equipe de Prontidão Operacional), implantação de projetos, planejamento e engenharia deverão se reunir para definir a classificação e a responsabilidade de cada pendência. Em relação a classificação das pendências em um transportador, elas podem ser classificadas de acordo com as categorias destacadas a seguir [48]:

1. Pendência Impeditivas: São conhecidas como pendências de tipo A. São consideradas impeditivas para seguimento do projeto se:

- Colocar em risco a segurança das instalações, pessoas e meio ambiente;
- Impedir o prosseguimento do pré-comissionamento do item, malha, subsistema ou equipamentos envolvidos
- Exigir paralisação de instalações para sua correção (desde que impeça a continuidade do processo produtivo).

2. Pendências não impeditivas: São conhecidas como pendência de tipo B. São quando as atividades relativas à fase em andamento podem prosseguir mesmo com sua existência, podendo ser eliminadas até o final do comissionamento. Sendo assim, é possível realizar testes sem carga com algumas pendências tipo B abertas, já para o teste com carga, algumas pendências necessitam ser fechadas, pois existem pendências tipo B que se tornam tipo A para o teste com carga.

3. Melhoria operacional: São itens identificados como necessários à sua execução, mas que não afetem o comissionamento em relação a saúde, segurança e meio ambiente e não criem risco operacional ao processo, mas que não constam no escopo do projeto [48].

Dessa maneira, após a conclusão das pendências Tipo A (impeditivas), dá-se início a etapa de comissionamento, que compreende a execução dos testes sem carga e com carga do transportador de correia.

Entende-se por testes sem carga em um transportador, os testes realizados em sistemas de comissionamento envolvendo os subsistemas integrados, equipamentos, instrumentos e componentes sem introduzir qualquer tipo de carga [49]. É nessa fase que acontece a verificação do alinhamento da correia rodando à vazia, o funcionamento adequado do sistema de esticamento, se todos os componentes do acionamento estão funcionando de acordo com o que é solicitado, entre outros. É um

teste de suma importância pois identifica problemas de fabricação, qualidade de execução, montagem mecânica e elétrica, entre outros. O tempo para execução dos testes sem carga pode variar, o previsto é 48 horas para realização do teste e ajustes mecânicos nos equipamentos caso seja necessário. No entanto, se surgir algum problema no equipamento durante o teste, esse tempo necessitará de prorrogação.

Já o teste com carga nos transportadores, é o período que são realizados testes e ajustes com carga nos sistemas de comissionamento [48]. É essencial para verificar se o transportador que já foi testado sem carga, está se comportando da maneira adequada com minério. É necessário destacar que o teste utilizando carga não é feito de início com o grau de enchimento total, o processo acontece gradativamente, ou seja, a quantidade de minério sobre a correia é inserida aos poucos.

Com a conclusão dos testes, acontecerá o *handover* com a equipe de Operação. O projeto já montado por inteiro, realizado toda completação mecânica e os testes todos concluídos, é o momento de realizar a operação assistida por alguns dias com a operação e manutenção, e posteriormente, realizar a troca de serviços (*handover*), a equipe de projetos irá passar o transportador para operação por definitivo.

7. CONCLUSÃO

Ao longo deste estudo, foi explorado de maneira abrangente e detalhada a metodologia de implantação de um *Tie in* eletromecânico em um transportador de correia, analisou-se de maneira clara e objetiva um vasto estudo bibliográfico e técnico da maioria dos componentes de um transportador. As análises, descobertas e procedimentos apresentados no referencial teórico fornecem um conhecimento significativo para entender o detalhamento das etapas e impactos do projeto eletromecânico de ampliação do transportador, mencionado de forma compreensível nos resultados e discussão.

Durante o detalhamento das atividades do projeto, que como visto, é dividido em três grandes fases: *pré-Tie in*, *Tie in* e *Pós Tie in*, foi possível observar a multidisciplinariedade das disciplinas envolvidas no projeto, pois verificou-se o trabalho em conjunto nas áreas da engenharia civil, mecânica, elétrica e automação. Além disso, foi possível observar o trabalho em unidade das equipes de planejamento, engenharia, implantação, materiais e prontidão operacional, que somadas, formam a equipe de projetos. Equipe essa, que sempre esteve alinhada com os grupos de operação e manutenção, procurando sempre a forma mais segura e eficiente para realizar o projeto de ampliação.

Não obstante, foi visto que para finalizar o projeto de forma eficiente, ou seja, com toda a montagem finalizada e entregue, é necessário passar pelas etapas de completção mecânica, visando entregar a montagem eletromecânica de acordo com o projeto detalhado e as normas; a etapa de pré-comissionamento, onde são retiradas todas as pendências que restaram da fase de montagem; e por fim, a etapa de comissionamento, onde será realizada os testes do equipamento e há a preparação para o processo de *handover* com a equipe de operação.

Com a realização da ampliação do transportador, a mineradora conseguiu expandir a capacidade de transporte e alocação de minério, pois com o aumento de 435 metros do transportador, é possível garantir mais 300 mil toneladas de minérios nos pátios laterais. Além disso, o processo de ampliação, garantiu a melhoria da eficiência operacional, reduzindo gargalos e aumentando a produtividade do processo de transporte.

Outro fator de grande importância, é a redução de custo a longo prazo, pois evita-se a necessidade de realizar um transportador do zero, sendo mais vantajoso

financeiramente realizar a ampliação aproveitando partes já existentes. Alinhado a isso, a expansão otimiza o layout da empresa, aproveitando melhor os espaços disponíveis e melhorando a logística das equipes.

Assim, reforça-se a importância de prosseguir com investigações mais aprofundadas e análises detalhadas nesse campo, visando não apenas aprimorar os sistemas existentes, mas também explorar novas fronteiras de pesquisa que possam revolucionar ainda mais a eficiência e segurança dos transportadores. Destaca-se, ainda, que a área de estudos e pesquisas voltada ao *Tie in* dos transportadores desempenha um papel fundamental no avanço da engenharia mecânica e no setor industrial como um todo. Por fim, é evidente que o *Tie in* representa não apenas um ponto de conexão física entre equipamentos, mas também um elo essencial para o progresso e evolução contínua nos processos industriais modernos

REFERÊNCIAS

- [1] **VALE INAUGURA O MAIOR PROJETO DA HISTÓRIA DA MINERAÇÃO: Complexo S11D Eliezer Batista, que homenageia o ex-presidente da Vale responsável pela viabilidade da mina de Carajás, entrará em operação comercial em janeiro de 2017.** Vitória - Espírito Santo, 13 jun. 2017. Disponível em: <https://www.jornalempresariall.com.br/noticias/vale/vale-inaugura-o-maior-projeto-da-historia-da-mineracao>. Acesso em: 03 jun. 2023.
- [2] BATALHA, Bruno Henrique Rego. **PROCESSO DE COMISSIONAMENTO MECÂNICO DO TIE IN DE UM TRANSPORTADOR DE CORREIA.** 2022. 109 f. Tese (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2022.
- [3] VALE. **Levantamento de Interferências e Tie ins.** GU – C – 608. 09 Agosto de 2022.
- [4] TITO, Thamís Luna de Carvalho. **ANÁLISE DE CARREGAMENTO DE MINÉRIO DE FERRO NO TERMINAL DE PONTA DA MADEIRA – PORTO DE ITAQUI, SÃO LUIS.** 2019. 57 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Naval e Oceânica, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019
- [5] VALE. **Engenharia de Manutenção Porto Norte - Layout de Operações Porto Norte.** Novembro de 2021.
- [6] CALIJORNE, A. **Introdução aos transportadores de correia.** Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/introdu%C3%A7%C3%A3o-aos-transportadores-de-correia>. alexandre-calijorne?trk=portfolio_article-card_title. Acesso em: 15 jul. 2023.
- [7] CAMPELO, LUCAS SÁ GUIMARÃES. Técnica de manutenção para aumento da confiabilidade de transportadores de correia. 2019. 64p - Trabalho de conclusão de curso. Universidade Estadual do Maranhão, São Luís.

- [8] TODD SWINDERMAN (Estados Unidos). **Foundations**: guia prático para um controle mais limpo, seguro e produtivo de pó e material a granel. 4. ed. Neponsente: Martin Engineering Brasil, 2009. 577 p.
- [9] CAMPOS, ANDRÉ LUIZ. **Dimensionamento de um transportador contínuo para o transporte de minério de bauxita considerando aspectos estáticos e dinâmicos**. 2013. 73p - Monografia. Universidade de Brasília, Brasília.
- [10] MERCÚRIO. **Manual técnico de correias transportadoras**. Itu: Schoba, 2015.
- [11] SACRAMENTO, R. C. F. Apostila de Transportadores de Correia. Universidade Federal da Bahia – UFBA, pp. 20 – 47 Salvador – BA, 2010.
- [12] HICKMANN, G. S. **Dimensionamento de um transportador de correia para o transporte de britagem**. 2017. 88p – Trabalho de conclusão de curso. Centro Universitário UNIVATES, Lajeado.
- [13] RIGOLHO, Leonardo Visentainer. **ESTUDO TÉCNICO DE UM TRANSPORTADOR DE CORREIA**. 2018. 66 f. Tese (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2018.
- [14] VALE. **Projeto básico pátio de estocagem ampliação do pátio sul – (existente/modificado) – Memorial de cálculo**. MC-3130KP-M-70112. 23 de novembro 2018.
- [15] VALE. **Projeto básico porto geral transportadores de correia, Especificação técnica**. ET-3000KP-M-50050.
- [16] HENFEL (ed.). Catálogo eletrônico de produtos 1.2. São Paulo: Henfel Indústria Metalúrgica LTDA, 2016. Catálogo. Disponível em: <https://www.henfel.com.br/>. Acesso em: 15 out. 2023.
- [17] HDA (ed.). Trocador de calor: Modelo: TCA400-100. São Paulo: HDA Acessórias e Equipamentos LRDA, 2004. Catálogo.

[18] FÁBRICA DE AÇO PAULISTA S.A. (São Paulo). **Manual de Transportadores de Correias**: faço. 4. ed. São Paulo: Fábrica de Aço Paulista Ltda, 1990. 412 p.

[19] VALE. Sistemas de Movimentação de Carga - Geral. PNR-000189. Revisão 00, 29 Agosto 2022.

[20] LOPES, Érika Cristina de Melo; SILVA, Felipe Soares. **DIMENSIONAMENTO DE UM PERFIL DE TRILHO PARA MESA DE GIRO DE UMA RECUPERADORA TIPO RODA DE CAÇAMBA**. 2019. 72 f. Monografia (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Pará, Tucuruí - Pará, 2019. Cap. 72.

[21] SELLTIZ, C.; WRIGHTSMAN, L. S.; COOK, S. W. Métodos de pesquisa das relações sociais. São Paulo: Herder, 1965.

[22] OLIVEIRA, Maxwell Ferreira de. **METODOLOGIA CIENTÍFICA: um manual para a realização de pesquisas em administração**. 2011. 73 f. Tese (Doutorado) - Curso de Curso de Administração, Universidade Federal de Goiás, Catalão, 2011.

[23] VALE. **Projeto básico do pátio do sistema de contrapeso com guinchos hidráulicos e sistema automático de tensionamento de correia – Guincho memorial descritivo**. MD-3130KP-G-50026. 20 de julho 2020

[24] VALE. **Projeto básico do pátio de estocagem enrolador de cabos para máquina de pátio – Relatório Técnico de levantamento de campo**. RL-3130KP-M-50051. 20 de maio 2020.

[25] PLANEJAMENTO VALE - ESCRITÓRIO DE PROJETOS PORTO NORTE (Maranhão) (org.). **Prolongamento dos Pátios Sequência de execução do TIE-IN do TR-84 e Pátio S**. São Luís: Vale, 2021. 60 slides, color.

[26] VALE. Projeto de estocagem ampliação pátio sul – Transportador de correia TR-313K-84 – Folha de dados. FD-3130KP-M-70819.

[27] VALE. **Projeto de Ampliação dos Pátios – 230 MTPA**. Mat-Federado S32.

[28] VALE. Projeto detalhado pátio de estocagem – Transportador de correia TR-313K- 84. Viradores de correia do Transportador-84. DF-3130KP-M-80005-L-00072.

[29] VALE. Projeto básico pátio de estocagem – Recuperadora- RP-313k-09 - Especificação técnica de correia transportadora. DF-ET-3130KP-M-80009-M-500025. 29 de dezembro de 2020.

[30] VALE. Projeto básico pátio de estocagem - Sistema de utilidades e SPCI - Ampliação sistema de bombeamento de combate a incêndio memorial de cálculo. MC-3130KP-T-50004. 23 de julho de 2020.

[31] VALE. Projeto basico pátio de estocagem - Sistema de utilidades e SPCI - Ampliação sistema de utilidades e SPCI - Memorial descritivo. MD-3130KP-T-50001. 23 de julho de 2020.

[32] VALE. Projeto detalhado pátio de estocagem – Ampliação do pátio sul – Cable rack – SE-3130KP-04 – Elétrica – Planilha de quantitativos. PQ-3130KP-S-70011.

[33] ENESA. Tie in do transportador TR-313K-84. Recursos a serem utilizados.

[34] VALE. Projeto detalhado pátio de estocagem – Transportador de correia TR-313K- 84. Sistema de acionamento. DF-3130KP-M-80005-L-00144.

[35] VALE. Projeto detalhado pátio de estocagem – Transportador de correia TR-313K- 84. Hidrovariador. DF-3130KP-M-80005-M-01737.

[36] VALE. Projeto detalhado pátio de estocagem – Transportador de correia TR-313K- 84. Motor elétrico. DF-3130KP-M-80005- M-01735.

[37] VALE. Projeto detalhado pátio de estocagem – Transportador de correia TR-313K- 84. Redutor. DF-3130KP-M-80005- M-01740

[38] VALE. Projeto detalhado pátio de estocagem – Enrolador de cabo para máquina de pátio – Relatório técnico de levantamento de campo - Ep-313K-06. RL-3130KP-M-50052. 20 de maio de 2020.

[39] VALE. Projeto Executivo pátio de estocagem – Empilhadeira de lança giratória - EP-313K-06 - Enrolador de cabos. DF-3130KP-G-00000-M-70645.

[40] VALE. Projeto básico pátio de estocagem – Enrolador de cabo para máquina de pátio – Relatório técnico final - Ep-313K-06. RL-3130KP-M-50061. 19 de Junho de 2020.

[41] VALE. Projeto detalhado pátio de estocagem – Empilhadeira EP-313K-06 - Enrolador de cabo e tomada de força – Enrolador de cabo. DF-3130KP-M-10017-M-05537.

[42] VALE. Projeto básico pátio de estocagem - Sistema de contrapeso com guinchos hidráulicos e mecânicos - Sistema automático de tensionamento de correia – Guincho - Relatório técnico. RL-3130KP-M-50050.

[43] VALE. Projeto básico pátio de estocagem - Sistema de contrapeso com guinchos hidráulicos e mecânicos - Sistema automático de tensionamento de correia – Guincho – Memorial de cálculo. MC-3130KP-M-70202.

[44] VALE. Projeto básico pátio de estocagem - Sistema de contrapeso com guinchos hidráulicos e mecânicos - Sistema automático de tensionamento de correia – Guincho – Especificação técnica. ET-3130KP-M-70050.

[45] VALE. Projeto básico pátio de estocagem - Sistema de contrapeso com guinchos hidráulicos e mecânicos - Sistema automático de tensionamento de correia – Guincho – Memorial descritivo. MD-3130KP-G-50026.

[46] VALE. Projeto básico pátio de estocagem - Sistema de contrapeso com guinchos hidráulicos e mecânicos - Sistema automático de tensionamento de correia – Guincho – Folha de dados. FD-3130KP-M-70847.

[47] VALE. Completação mecânica. PR-C-003. 21 de maio de 2021.

[48] VALE. Categorias de pendências e critérios de classificação. GU-C-002. 24 de setembro de 2021.

[49] VALE. Comissionamento e testes. GU-C-006. 06 de julho de 2015.

