



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Minas – Departamento de Engenharia de Minas
Curso de Graduação em Engenharia de Minas

DANIEL CAMPOS GONÇALVES DO CARMO

DESAFIOS NA CONSTRUÇÃO DE TRANSPORTADORES DE CORREIAS
PARA UMA MINERAÇÃO DE GRANDE PORTE NO NORTE DO BRASIL,
DURANTE A PANDEMIA DE COVID-19

OURO PRETO

2023

Daniel Campos Gonçalves do Carmo

**DESAFIOS NA CONSTRUÇÃO DE TRANSPORTADORES DE CORREIAS
PARA UMA MINERAÇÃO DE GRANDE PORTE NO NORTE DO BRASIL,
DURANTE A PANDEMIA DE COVID-19**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao curso de Engenharia de
Minas da Universidade Federal de Ouro
Preto como requisito parcial para
obtenção do título de bacharel em
Engenharia de Minas.

Área de concentração: Equipamentos
para mineração

Orientadora: Prof.^a. Dr.^a Rita de Cassia
Pedrosa Santos

OURO PRETO

2023

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

C287d Carmo, Daniel Campos Gonçalves do.

Desafios na construção de transportadores de correias para uma mineração de grande porte no norte do Brasil, durante a pandemia de COVID-19. [manuscrito] / Daniel Campos Gonçalves do Carmo. - 2023. 70 f.: il.: color., gráf., tab..

Orientadora: Profa. Dra. Rita de Cássia Pedrosa Santos.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Engenharia de Minas .

1. Minas e recursos minerais. 2. Máquinas de mineração - Transportador de correia. 3. Aço - Indústria. 4. COVID-19, Pandemia de, 2020-. I. Santos, Rita de Cássia Pedrosa. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 622.693

Bibliotecário(a) Responsável: Sione Galvão Rodrigues - CRB6 / 2526



FOLHA DE APROVAÇÃO

Daniel Campos Gonçalves do Carmo

Desafios na construção de transportadores de correias para uma mineração de grande porte no norte do Brasil, durante a pandemia de Covid-19

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro de Minas.

Aprovada em 01 de setembro de 2023.

Membros da banca

Dr.^a Rita de Cássia Pedrosa Santos - Orientadora (Universidade Federal de Ouro Preto)
Dr. José Aurélio Medeiros da Luz (Universidade Federal de Ouro Preto)
Dr. José Margarida da Silva (Universidade Federal de Ouro Preto)

Rita de Cássia Pedrosa Santos, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 05/09/2023



Documento assinado eletronicamente por **Rita de Cássia Pedrosa Santos, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 05/09/2023, às 18:57, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0586402** e o código CRC **1AD51C86**.

RESUMO

A pandemia de COVID-19 teve um impacto significativo no desenvolvimento de projetos industriais, afetando toda a cadeia produtiva. O presente trabalho analisa os desafios enfrentados pelas indústrias no contexto da pandemia, com base no caso da Tecnokor. Busca-se entender como o contexto pandêmico afetou o tempo de entrega dos insumos e matérias-primas, bem como suas consequências para os marcos contratuais. A metodologia empregada na pesquisa utilizou dados gerados ao longo do projeto e foi baseada em relatórios, propostas técnicas e comerciais, bem como outros documentos oficiais relacionados ao processo de fabricação de transportadores de correia para uma empresa de mineração de grande porte. Os aumentos repentinos nos preços do aço e a escassez de outros insumos causaram dificuldades na produção e no avanço do projeto. As medidas de isolamento e distanciamento social levaram a uma dinâmica de trabalho híbrida. Essa transição exigiu ajustes para evitar a propagação do vírus e garantir a segurança dos envolvidos. Para enfrentar os desafios financeiros decorrentes dos aumentos de preço do aço, a empresa propôs reajustar valores contratuais como principal medida de reequilíbrio econômico. A busca por fornecedores alternativos e a readequação do projeto foram adotadas para superar os atrasos nas entregas de insumos essenciais, garantindo assim o andamento do projeto. A capacidade de reagir de forma ágil e criativa diante dos desafios foi essencial para mitigar os impactos colaterais e garantir o avanço do projeto em sua fase final de implementação. Estas experiências podem servir como aprendizado para aprimorar estratégias e preparar a indústria para enfrentar futuras adversidades, tornando-a mais resiliente e adaptável a um cenário pós-pandêmico. Ao compreender e superar os desafios apresentados pela pandemia, as empresas podem fortalecer suas operações e estratégias para enfrentar com maior eficiência possíveis crises futuras.

Palavras-chaves: Pandemia; Transportador de correia; Indústria; Aço; Projeto industrial; Equipamentos de mineração.

ABSTRACT

The COVID-19 pandemic had a significant impact on the development of industrial projects, affecting the entire supply chain. This study analyzes the challenges faced by industries in the context of the pandemic, based on the case of Tecnokor. The aim is to understand how the pandemic context affected the lead time of inputs and raw materials, as well as their consequences for contractual milestones. The methodology employed in the research utilized data generated throughout the project and was based on reports, technical and commercial proposals, as well as other official documents related to the manufacturing process of conveyor belts for a large-scale mining company. Sudden increases in steel prices and shortages of other inputs caused difficulties in production and the advancement of the project. Measures of isolation and social distancing led to a hybrid work dynamic. This transition required adjustments to prevent the spread of the virus and ensure the safety of those involved. To address the financial challenges resulting from steel price increases, the company proposed adjusting contractual values as the main measure for economic rebalancing. The search for alternative suppliers and project readjustments were adopted to overcome delays in the delivery of essential inputs, thus ensuring the project's progress. The ability to react quickly and creatively to the challenges was essential to mitigate collateral impacts and ensure the advancement of the project in its final implementation phase. These experiences can serve as lessons to improve strategies and prepare the industry to face future adversities, making it more resilient and adaptable in a post-pandemic scenario. By understanding and overcoming the challenges presented by the pandemic, companies can strengthen their operations and strategies to face possible future crises more efficiently.

Keywords: Pandemic; Conveyor Belt; Industry; Steel; Industrial project; Mining equipment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Principais elementos de um transportador de correia convencional	21
Figura 2 - Correia transportadora com carcaça de cabo de aço	22
Figura 3 - Correia transportadora com carcaça têxtil	22
Figura 4 - Componentes do sistema de acionamento	23
Figura 5 - Motor 500cv WEG.....	24
Figura 6 - Composição de engrenagens de um redutor	25
Figura 7 - Motor elétrico acoplado a um sistema de redutores de alta e baixa rotação	25
Figura 8 - Motor ligado a acoplamento hidrodinâmico.....	26
Figura 9 - Acoplamento flexível	27
Figura 10 - Desalinhamento angular (a), axial (b) e radial (c)	27
Figura 11 - Motorreductor WEG-Cestari	28
Figura 12 - Freio eletro hidráulico de 1,6m de diâmetro que gera 182160 Nm de torque durante a parada.....	28
Figura 13 - Contra recuo com braço de torque.....	29
Figura 14 - Disco de emergência, freio e volante de inércia em um transportador de correia	30
Figura 15 - Diferentes tipos de tambores em um transportador	31
Figura 16 - Tambor de acionamento de 10,5 t	32
Figura 17 - Elementos básicos de um tambor.....	33
Figura 18 - Mancal de rolamento montado em tambor de transportador de correia..	34
Figura 19 - Rolamento autocompensador de rolos	34
Figura 20 - Construção básica de um rolo para transportadores de correia	35
Figura 21 - Rolete de carga triplo com base para roletes em aço	36
Figura 22 - Rolete de impacto com anéis de borracha instalados em base de roletes	36
Figura 23 - Rolete de retorno duplo em uretano.....	37
Figura 24 - Rolete auto-alinhante em funcionamento.....	37
Figura 25 - Distância de transição entre roletes	38
Figura 26 - Esticamento por gravidade em (a) e esticamento por parafuso em (b)...	38
Figura 27 - Chute de transferência entre dois TC's.....	40
Figura 28 - Interior do chute de transferência.....	41

Figura 29 - Chapa de revestimento fabricada em ferro fundido branco	41
Figura 30 - Revestimento de aço soldado para britador cônico	42
Figura 31 - Placas de desgaste cerâmicas vulcanizadas com borracha	42
Figura 32 - Acúmulo de material em locais indesejados	43
Figura 33 - Raspador de lâmina em (a) e rotativo em (b).....	44
Figura 34 - Limpador reto em (a) e limpador em “V” em (b).....	44
Figura 35 - Virador de correia.....	45
Figura 36 - Estrutura metálica de um transportador de correia	46
Figura 37 - Visão geral da metodologia.....	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Participação setorial do consumo aparente de produtos siderúrgicos	19
Tabela 2 - Proporção do custo das principais matérias-primas e insumos no projeto	51
Tabela 3 - Impacto no segundo reajuste no valor total do contrato (referente ao saldo de aço)	55
Tabela 4 - Impacto percentual do reajuste por período	57
Tabela 5 - Atraso em dias corridos no projeto de engenharia	58
Tabela 6 - Atraso em dias corridos na fabricação	58
Tabela 7- Impacto total em dias corridos no prazo de entrega dos transportadores.	59
Tabela 8 - Atraso em dias na transição dos setores administrativos para <i>home office</i>	60

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Produção siderúrgica de aço bruto no Brasil.	18
Gráfico 2 - Evolução do preço médio por kg do aço.....	52
Gráfico 3 - Consumo de aço em milhares de kg entre abril de 2020 e outubro de 2020	52
Gráfico 4 - Variação do índice IPA 272 (FGV) entre novembro/2020 e março/2020.	53
Gráfico 5 - Consumo de aço em milhares de kg no período de novembro/2020 a março/2021	54
Gráfico 6 - Variação dos índices IPA 251, 31 e 29.....	56

LISTA DE SIGLAS

FGV – Fundação Getúlio Vargas

IPA – Índice do produtor amplo

OMS – Organização Mundial da Saúde

TC – Transportador de correia

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Objetivo.....	13
1.1.1 Objetivos Específicos.....	13
1.2 Estrutura do Texto	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1 Cadeia de suprimentos e insumos durante a pandemia de COVID-19	15
2.2 Mão de obra nas indústrias durante a pandemia	16
2.3 Mineração de ferro	16
2.4 Impactos do COVID-19 nas siderurgias	17
2.5 Transportadores de correia	20
2.5.1 Componentes mecânicos	21
2.5.1.1 Correia	21
2.5.1.2 Sistema de acionamento.....	23
2.5.1.3 Motor elétrico.....	24
2.5.1.4 Redutor	24
2.5.1.5 Acoplamentos.....	26
2.5.1.6 Motorreductor	27
2.5.1.7 Freios.....	28
2.5.1.8 Contra recuos	29
2.5.1.9 Volantes de inércia.....	30
2.5.1.10 Tambores	30
2.5.1.11 Mancais e rolamentos	33
2.5.1.12 Roletes.....	35
2.5.1.13 Sistema de esticamento.....	38

2.5.1.14 Casas de transferência	39
2.5.1.15 Equipamentos para limpeza da correia	43
2.5.1.16 Estruturas metálicas	45
2.5.1.17 Acessórios para transportadores de correia	46
3 METODOLOGIA	48
4 RESULTADOS	50
4.1 Apresentação	50
4.2 Aumento do preço do aço	51
4.2.1 Aumento do preço dos demais componentes	56
4.3 Implicações no lead time dos insumos e matérias-primas	57
4.4 Readequação do modo de trabalho	60
5 CONCLUSÃO	63
REFERÊNCIAS	64

1 INTRODUÇÃO

A pandemia de COVID-19 trouxe implicações no desenvolvimento de projetos industriais devido aos impactos causados em toda a sociedade. Toda a cadeia produtiva vivenciou dificuldades e incertezas, que resultaram em impactos desde a aquisição de matérias-primas até os marcos contratuais de entregas. Diante disto, toda a dinâmica existente nos mercados, nas indústrias e nas relações sociais passaram a se reinventar para superar a crise pandêmica. Os desafios enfrentados na construção de transportadores de correia para uma mineração foram diversos, cada um resultando em planos de ação com o intuito de mitigar os efeitos colaterais.

Em meados de novembro de 2019, o primeiro caso de infecção por síndrome respiratória aguda grave provocado pelo SARS-CoV-2 (coronavírus 2) foi relatado no interior da China, em Wuhan (ROBERTS; ROSSMAN; JARIC, 2021). Em março de 2020 a Organização Mundial da Saúde (OMS) nomeou o surto oficialmente como pandemia do COVID-19 (ZU *et al.*, 2020). A crise pandêmica impôs obstáculos inéditos para as cadeias de suprimentos globais e proporcionou desafios socioeconômicos extraordinários (DIFFENBAUGH *et al.*, 2020).

Com o início da pandemia, houve uma retração no fluxo de comércio e nas atividades industriais, resultando em uma diminuição na demanda por *commodities* minerais (IPEA, 2020). Somente no Brasil em 2020, a exportação de minério de ferro teve um impacto negativo de 11,9 bilhões de dólares, devido às restrições ocasionadas pelo COVID-19 (WANG *et al.*, 2023). No dia 28 de março de 2020, o Ministério de Minas e Energia publicou a Portaria nº 135/GM, que determinou a manutenção das atividades de mineração como essenciais, desde que seguidas as rígidas exigências estabelecidas para conter o avanço do COVID-19. Entretanto, à medida em que a pandemia foi sendo disseminada ao redor do mundo e as campanhas de vacinação foram progredindo, a retomada das atividades industriais e econômicas implicou em um aumento na demanda de minerais metálicos, principalmente o minério de ferro (IPEA, 2022).

No contexto de uma crise global, grandes corporações têm buscado estratégias para reduzir os custos operacionais e aumentar a produtividade. Conforme mencionado por (ÇETIN, 2004), o desempenho econômico de uma mina está diretamente relacionado aos custos de aquisição de equipamentos de carga e

transporte, bem como aos custos de manutenção e dos combustíveis utilizados. No primeiro ano da pandemia, estas despesas aumentaram cerca de 16%, levando as empresas do setor a se prepararem para se adaptar à nova realidade (AZEVEDO *et al.*, 2020).

O uso de transportadores de correia, que sempre demonstrou ser uma prática atraente nas minerações, ganhou ainda mais importância com a incorporação das novas tendências de adoção ao *truckless*. O sistema conhecido como *truckless*, que elimina a necessidade de caminhões, substituindo-os por transportadores de correia para conectar a área de extração mineral à usina de beneficiamento, tem se mostrado extremamente vantajoso na redução dos custos operacionais (TORRES *et al.*, 2022). Consequentemente, a tendência para a adoção do *truckless* foi acentuada, tornando-se ainda mais interessante no contexto atual de crise. Além da redução do número de pessoas envolvidas na operação, os ganhos substanciais devido à redução dos custos a longo prazo tornaram-se mais evidentes.

1.1 Objetivo

Apresentar e analisar os desafios enfrentados pela indústria durante a fabricação de transportadores de correia para minerações de grande porte, em um contexto pandêmico.

1.1.1 Objetivos Específicos

- Apresentar e analisar os desafios enfrentados pela Tecnokor (Vespasiano – MG) na construção de transportadores de correia para uma mineração de grande porte no norte do país;
- Analisar os impactos do aumento do preço do aço na cadeia de suprimentos do projeto, com foco nas propostas de reequilíbrio econômico;
- Compreender como o contexto pandêmico altera o tempo de entrega dos insumos e matérias-primas e influencia a dinâmica do projeto;

- Apresentar os impactos da pandemia sobre o modo de trabalho, e suas consequências para os marcos contratuais.

1.2 Estrutura do Texto

A estrutura deste trabalho consiste em 5 capítulos que abordam conceitos e temas que relacionam a construção de transportadores de correia com a pandemia de COVID-19. No primeiro capítulo, faz-se uma introdução ao trabalho, com uma breve contextualização histórica sobre o início da disseminação do COVID-19, assim como as suas implicações técnicas e econômicas no desenrolar do projeto estudado. Apresentam-se ainda as motivações para o uso de transportadores de correia neste contexto. Em um segundo momento, apresentam-se os objetivos gerais e específicos do trabalho em questão.

No segundo capítulo, realiza-se uma revisão bibliográfica, apresentando os principais conceitos envolvidos na concepção e desenvolvimento do projeto estudado. Apresentam-se os principais aspectos do projeto afetados pelo momento pandêmico, desde as matérias-primas utilizadas, passando pelos aspectos econômicos, financeiros e relacionados à mão de obra, além de apresentar uma visão geral dos componentes e equipamentos necessários à construção de um transportador de correia.

O terceiro capítulo aborda a metodologia adotada. Trata-se de um estudo de caso específico, a construção de um transportador de correias para uma mineração de grande porte no norte do Brasil, por uma empresa situada na região sudeste, durante a pandemia global de COVID-19. O estudo foi realizado com base em relatórios, propostas técnicas e comerciais e outros documentos oficiais gerados durante o processo.

No quarto capítulo apresentam-se os resultados. As implicações da pandemia e os planos de ação assumidos no decorrer do projeto são analisados dos pontos de vista contratual, financeiro e de recursos humanos.

Por fim, apresentam-se as conclusões no quinto capítulo. Cada um dos efeitos deletérios da pandemia sobre o projeto é analisado e as soluções adotadas são apresentadas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cadeia de suprimentos e insumos durante a pandemia de COVID-19

Em um mundo cada vez mais globalizado, o acesso a tecnologias, serviços e produtos estrangeiros se tornou algo de extrema importância para as indústrias. Além do progresso tecnológico, a globalização propicia grandes benefícios produtivos aos países em desenvolvimento (LALL, 2005). O fortalecimento das relações econômicas e comerciais se deve a constantes inovações tecnológicas, que são capazes de reduzir as distâncias e o tempo. Como resultado da velocidade das interações ao redor do mundo, cadeias interconectadas para circulação de pessoas e mercadorias foram estabelecidas. Apesar da globalização proporcionar ganhos para as economias, ela altera a dinâmica no que diz respeito à saúde. As mudanças nos padrões das doenças, assim como o aumento da velocidade de sua propagação, faz com que esta temática se torne um grande desafio. Neste sentido, os impactos da pandemia de Covid-19 vão além da elevada taxa de mortalidade. A paralisação das atividades comerciais e industriais, devido ao isolamento social, refletiu fortemente na economia mundial (NETO, 2020).

O laço estabelecido entre os mercados ao redor do mundo criou uma dependência entre fornecedores e consumidores. Essa dependência transcende o fator econômico e evidencia a carência de cadeias longas de suprimentos em países subdesenvolvidos. No Brasil, os impactos da pandemia resultaram em uma série de mudanças logísticas nos processos de aquisição. O bom relacionamento entre compradores e fornecedores foi deixado para segundo plano, e a incerteza nos prazos de entrega, e nos preços e até mesmo as capacidades produtivas foram colocadas à frente (ASSUNÇÃO *et al.*, 2020).

A pandemia de COVID-19 criou obstáculos logísticos que dificultaram as importações, exportações e transporte de produtos e matérias-primas. Fabricantes e distribuidoras tiveram que buscar soluções inovadoras, exigindo um nível maior de flexibilidade na adaptação dos processos e uma sinergia mais forte entre os membros, principalmente nos processos de compras, administração de estoques e distribuição. A estratégia *just-in-time* adotada por muitas empresas com o intuito de minimizar os estoques, passou a ser criticada e os gestores passaram a valorizar estratégias que conciliem a eficiência e a resiliência (FERNANDES, 2020).

2.2 Mão de obra nas indústrias durante a pandemia

Durante a pandemia, outro desafio crítico enfrentado pelas indústrias diz respeito à disponibilidade de mão de obra. De acordo com Fernandes (2020), os danos causados às indústrias foram catastróficos. Além da necessidade evidente de distanciamento social para os colaboradores que foram efetivamente infectados, também houve um aumento importante de faltas ao trabalho devido a casos suspeitos, que exigiram o mesmo distanciamento. Este fato colaborou para a adoção de jornadas de trabalho à distância (*home office*) para os cargos e setores que eram passíveis deste método de trabalho. Essa mudança pode ser considerada duradoura e crescente, exigindo sinergia entre os membros e uma realocação considerável de recursos, de acordo com a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE, 2020). Para as pessoas que exerciam funções não passíveis de serem realizadas de forma remota, foram criadas medidas restritivas de distanciamento social no ambiente de trabalho, assim como o afastamento de colaboradores que pertenciam ao grupo de risco. A falta de perspectivas futuras trouxe à tona insegurança para os trabalhadores e para as indústrias, que só foi reduzida com a chegada dos programas de vacinação em massa.

2.3 Mineração de ferro

O minério de ferro é o segundo metal em abundância presente na crosta terrestre representando cerca de 30% da composição química do planeta Terra, além de ser um dos principais recursos minerais explorados no mundo (GROTZINGER; JORDAN, 2013). O ferro é a principal matéria-prima presente no processo de industrialização dos países, estando diretamente ligado à fabricação do aço e ao desenvolvimento de mercados e da economia mundial (SOUZA *et al.*, 2020). No Brasil, três regiões se destacam como as principais produtoras de minério de ferro: o Quadrilátero Ferrífero, a Província Mineral de Carajás e a região de Corumbá (CAXITO; DIAS, 2017), sendo os itabiritos, as hematitas e as cangas lateríticas os principais depósitos de minério de ferro explorados economicamente nessas regiões.

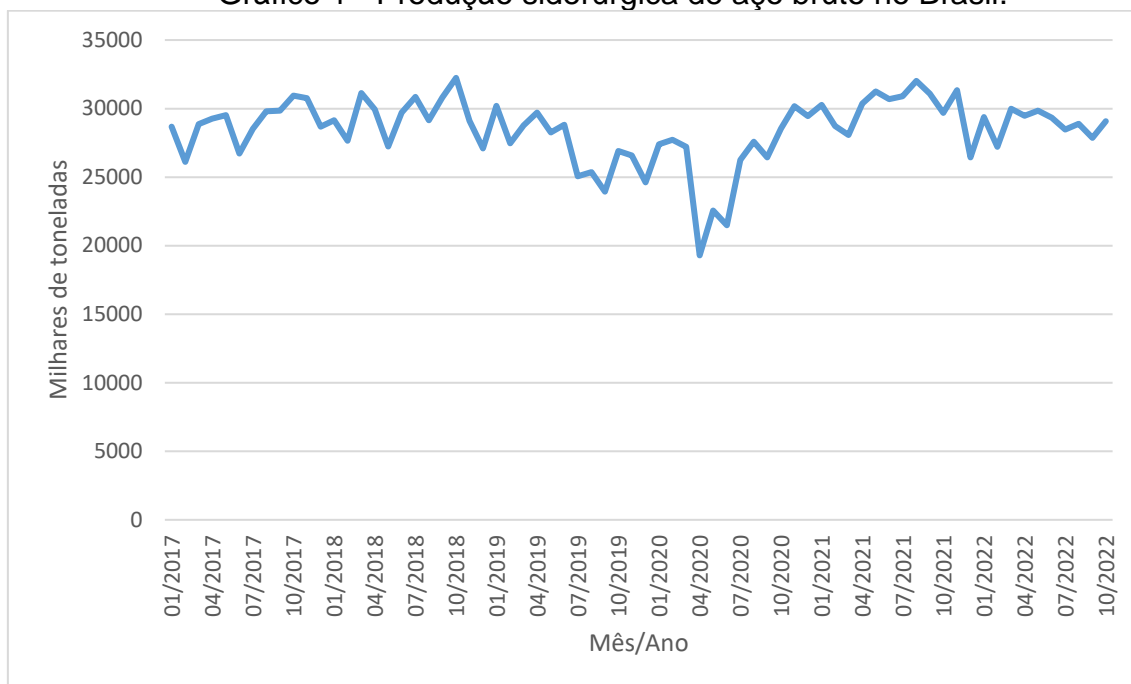
O processo produtivo em uma mina de minério de ferro inicia-se com a lavra do corpo mineralizado, que na maioria das vezes ocorre a céu aberto (*open pit*). Nesta etapa, ocorre o desmonte do material rochoso, o carregamento e o transporte dos minerais extraídos por meio de caminhões e transportadores de correia (HUSTRULID; KUCHITA, 1995). Dentro da usina, o minério percorre rotas de processamento visando modificar a granulometria e a concentração relativa das espécies, sem alterar as características físicas e químicas dos minerais (LUZ; LINZ, 2010).

Durante o processo de planejamento estratégico da cadeia produtiva de uma mineração, é essencial levar em consideração as restrições operacionais e os critérios econômicos, com o objetivo de minimizar os custos do empreendimento e reduzir os impactos ambientais (SOUSA *et al.*, 2022). Neste contexto, com o avanço tecnológico, novos modelos de processos estão sendo testados e utilizados ao redor do mundo.

2.4 Impactos do COVID-19 nas siderurgias

A pandemia do COVID-19 impactou todos os setores produtivos e as mais diversas classes econômicas. Um grande desequilíbrio foi criado entre a oferta e a demanda, resultando em uma queda de 4,1% no PIB brasileiro somente em 2020, quando comparado ao ano anterior (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2021). De acordo com o Instituto Aço Brasil, a produção de aço bruto recuou cerca de 3,5% no início da pandemia, entre 2019 e 2020, contrapondo o surpreendente crescimento no consumo de produtos siderúrgicos, de 2,3% ao ano, no auge da pademia de COVID-19. O Gráfico 1 apresenta a variação da produção do aço bruto no Brasil entre janeiro de 2017 e outubro de 2022 (FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS – FGV, 2023; INSTITUTO AÇO BRASIL, 2022).

Gráfico 1 - Produção siderúrgica de aço bruto no Brasil.



Fonte: FGV e Instituto Aço Brasil (2022)

Diferentes impactos foram registrados diante dos principais setores consumidores de aço na pandemia. O setor automotivo e as indústrias de bens de capital apresentaram uma queda no consumo entre 2019 e 2020, seguida de um aumento no consumo entre 2020 e 2021, contrapondo a construção civil que apresentou um aumento no primeiro período e uma queda no segundo período. De acordo com os dados do Instituto Aço Brasil, o setor automotivo foi responsável pelo consumo aparente de 16,6% dos produtos siderúrgicos em 2021, uma elevação de 1,8% no consumo em relação ao ano anterior. Já as indústrias de bens de capital, apresentaram um consumo de 10,4% em 2021, um aumento de 1,6% em relação ao ano anterior. A construção civil apresentou uma queda de 1,3% em 2021, quando comparado com o ano anterior. A Tabela 1 apresenta o consumo aparente de produtos siderúrgicos por setor entre 2017 e 2021.

Tabela 1 - Participação setorial do consumo aparente de produtos siderúrgicos

SETORES	2017	2018	2019	2020	2021
- AUTOMOTIVO	16,4%	18,0%	17,4%	14,8%	16,6%
- BENS DE CAPITAL	8,5%	9,5%	8,7%	8,8%	10,4%
- FERROVIÁRIO	1,0%	0,9%	0,7%	0,8%	0,9%
- NAVAL	0,6%	0,1%	0,1%	0,2%	0,2%
- AGRÍCOLA	1,4%	1,5%	1,3%	1,4%	1,8%
- RODOVIÁRIO	0,7%	1,0%	0,9%	0,8%	1,2%
- ELETRO-ELETRÔNICO	2,2%	2,3%	2,2%	2,3%	2,4%
- MECÂNICO	2,6%	3,7%	3,5%	3,3%	3,9%
- CONSTRUÇÃO CIVIL	13,7%	15,6%	18,0%	20,6%	19,3%
- UTILIDADES DOMÉSTICAS E COMERCIAIS	3,4%	2,9%	2,8%	3,4%	3,5%
- EMBALAGENS E RECIPIENTES	3,3%	2,0%	2,1%	2,4%	2,2%
- SEMIELABORAÇÃO	14,7%	14,0%	13,5%	12,9%	13,9%
TUBOS C/ COSTURA DE PEQUENO DIÂMETRO (d<7")	5,0%	3,8%	4,4%	3,9%	4,3%
- DISTRIBUIDORES E REVENDADORES	36,5%	34,0%	36,2%	36,2%	33,2%
- OUTROS SETORES	3,5%	4,0%	1,3%	0,9%	1,0%
TOTAL	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Fonte: Instituto Aço Brasil (2022)

Desafios enfrentados pelo setor siderúrgico no recebimento de matérias-primas e no escoamento de seus produtos finais, resultaram em uma elevação nos preços do aço para as indústrias (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2020). Diante de um cenário pandêmico, todas as cadeias de suprimentos foram afetadas, principalmente aquelas ligadas à produção de aço. De acordo com o Platts (2022), índice americano de preços da S&P Global, as principais matérias-primas que impactaram o preço final do aço ao redor do mundo entre 2020 e 2022 foram:

1. carvão mineral – aumento de 315,8%;
2. ferro gusa – aumento de 218,7%;
3. níquel – aumento de 180,1%;
4. sucata – aumento de 158,7%;
5. zinco – aumento de 108,4%;
6. minério de ferro – 93,2%.

Dessa forma, o aumento dos preços nos produtos de origem siderúrgica foi considerável e impactou todas cadeias de suprimentos diretamente e indiretamente em todo o mundo.

2.5 Transportadores de correia

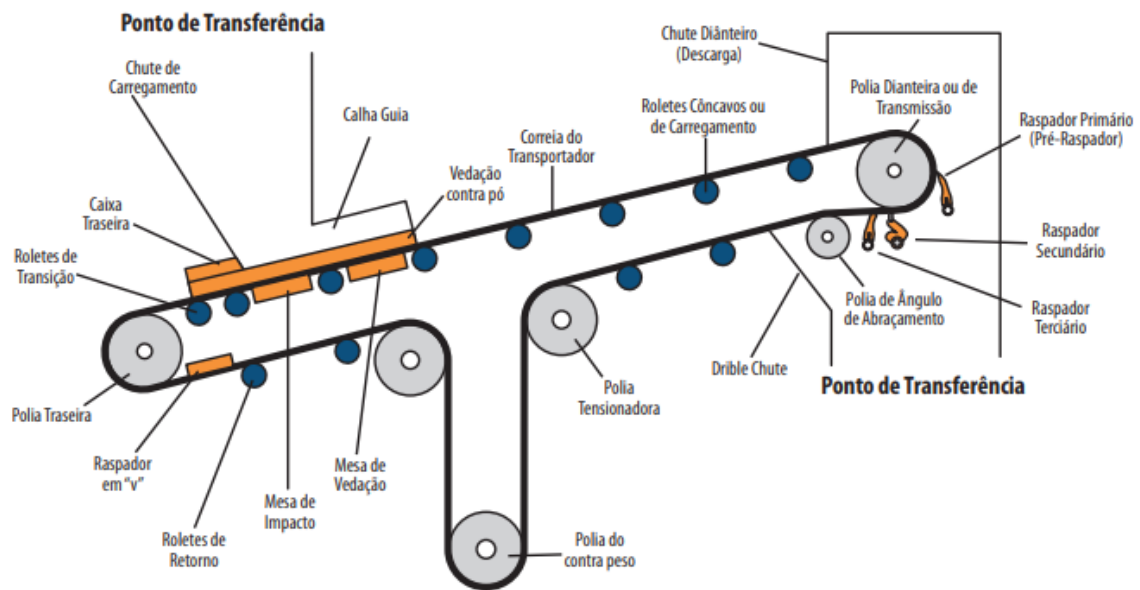
Os transportadores de correia são utilizados em diversos segmentos, de indústrias a comércios (FERRAZ, 2019). A Associação Brasileira de normas Técnicas (ABNT) diz que os transportadores de correia também podem ser chamados de “TC’s” (*belt conveyor or BC*) de acordo com a NBR 6177:1998. TC’s são máquinas utilizadas em inúmeros processos com o intuito de proporcionar um fluxo contínuo de materiais entre diversas operações.

Transportadores de correia apresentam diversas vantagens em relação a outros métodos de transporte. O menor custo de transporte por tonelada, menor custo de manutenção por tonelada, menor custo de energia, menor custo de trabalho, maior segurança na operação, maior confiabilidade, versatilidade, além da ampla variedade de capacidades (ELETROBRÁS *et al.*, 2009). Desde 1830, os TC’s vêm sendo aprimorados, e hoje são capazes de transportar praticamente qualquer material a granel em uma taxa de milhares de toneladas por hora (CEMA, 2007).

Os transportadores de correia podem transportar materiais por encostas íngremes, contornar possíveis obstáculos, passar sobre cursos d’água, operar em subsolo e nas condições mais extremas de temperatura, poeira e umidade, provando ser um equipamento ultra resistente para as mais diversas situações (SWINDERMAN *et al.*, 2009). Na mineração, os TC’s são utilizados na integração de diversos processos, na lavra, no peneiramento, na britagem, no descarregamento de vagões e navios, no empilhamento e recuperação.

A norma NBR 6177 define a série de elementos e componentes que um transportador de correia possui. Os transportadores de correia são submetidos a esforços e condições de operação extremas. Dessa forma, o sucesso operacional de um TC estará intimamente ligado à performance e ao dimensionamento adequado dos elementos e componentes utilizados no projeto. Um transportador é composto basicamente por alguns elementos de máquinas tais como eixos, tambores, roletes correias transportadoras, raspadores, conjunto de acionamento, mancais, componentes elétricos e uma robusta estrutura para sustentar as altas cargas transportadas. A Figura 1 ilustra o *layout* básico dos elementos de um transportador de correia convencional.

Figura 1 - Principais elementos de um transportador de correia convencional



Fonte: Swinderman *et al.*, 2009

2.5.1 Componentes mecânicos

2.5.1.1 Correia

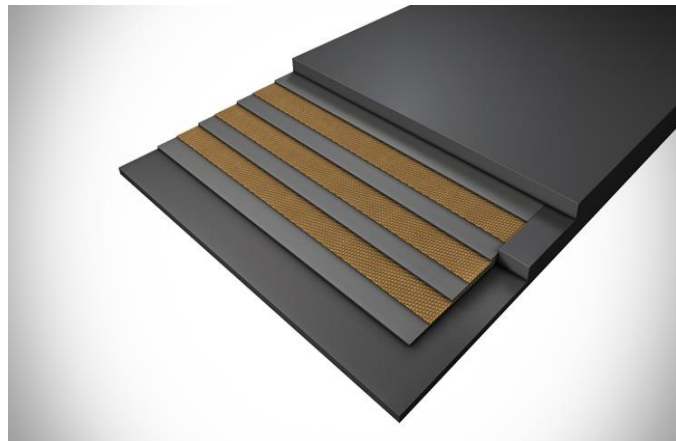
As correias são tracionadas pelo sistema de acionamento e tensionadas pelo sistema de esticamento e são responsáveis pelo transporte dos materiais descarregados sobre ela. É o principal elemento do transportador de correia, representando grande parte do custo do equipamento (ILANKOVIĆ; ŽIVANIĆ, 2022). Uma correia transportadora é composta por duas partes: a carcaça e o revestimento. As carcaças das correias transportadoras são construídas geralmente por lonas têxteis ou cabos de aço, sendo partes responsáveis por resistir aos esforços e aos impactos, garantindo o correto acamamento da correia (MERCÚRIO S/A, 2022). Ainda de acordo com a empresa Mercúrio S/A, a principal função do revestimento de uma correia é proteger a carcaça do cisalhamento do material durante o transporte. Os revestimentos podem ser compostos por uma variada gama de borrachas que são indicadas especificamente para cada tipo de material transportado. As Figuras 2 e 3 apresentam as correias transportadoras com os diferentes tipos de carcaças.

Figura 2 - Correia transportadora com carcaça de cabo de aço



Fonte: Continental

Figura 3 - Correia transportadora com carcaça têxtil



Fonte: Continental

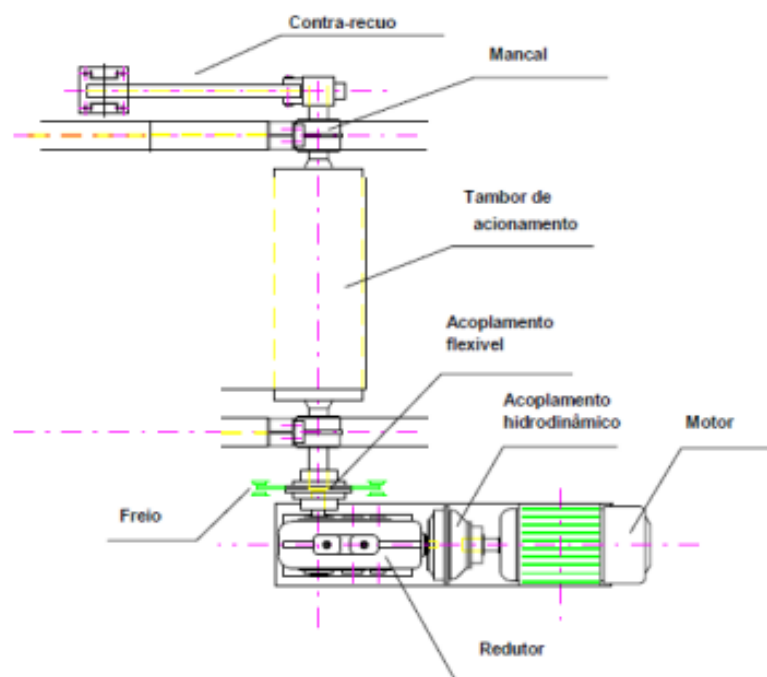
A seleção de uma correia transportadora leva em consideração os seguintes aspectos, de acordo com (GELAIS, 2016):

- características físicas e químicas do material a ser transportado;
- temperatura do material;
- condições de serviço;
- tipo e inclinação lateral dos roletes;
- largura necessária à correia;
- tensão máxima atuante na correia;
- tempo de ciclo da correia.

2.5.1.2 Sistema de acionamento

O sistema de acionamento é responsável por promover torque e potência suficientes para o deslocamento da correia juntamente com sua carga, pela ação do atrito da correia com o tambor de acionamento. Segundo (GELAIS, 2016) o acionamento pode ser composto por diversos sistemas, do mais simplificado (motorreductor acoplado diretamente no eixo do tambor) até sistemas mais complexos (compostos por motor, acoplamento de alta e baixa rotação, redutor, freio, dispositivo contra recuo e volante de inércia). A Figura 4 apresenta os principais componentes citados anteriormente.

Figura 4 - Componentes do sistema de acionamento



Fonte: NBR 6177, 1998

2.5.1.3 Motor elétrico

Os transportadores de correia são acionados por motores elétricos que utilizam os acoplamentos como meio de transmissão de torque e potência para o redutor. A Figura 5 apresenta um motor elétrico utilizado em projetos de transportadores de correia.

Figura 5 - Motor 500 cv WEG



Fonte: WEG, 2023

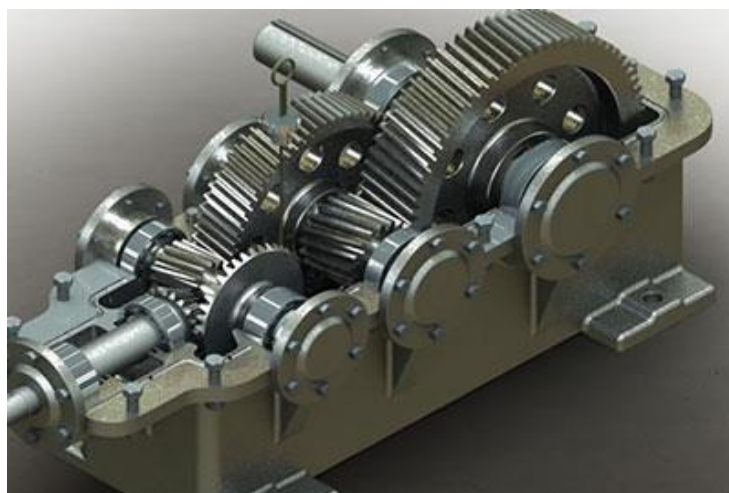
O conjunto de acionamento pode ser instalado no tambor de retorno do transportador, no centro do transportador ou próximo ao ponto de descarga do TC. Para a adequada escolha do melhor local para o conjunto de acionamento devem ser levados em consideração alguns fatores: espaço disponível para instalação, potência exigida e sentido de movimentação da correia além de alguns fatores intrínsecos de cada projeto como o ângulo de abraçamento da correia com o tambor de acionamento e o fator de acionamento (SACRAMENTO, 2010).

2.5.1.4 Redutor

Os redutores são componentes mecânicos responsáveis pela redução das altas rotações geradas pelos motores elétricos, adequando-os para condições

operacionais. São constituídos por trens de engrenagens com dois ou mais conjuntos de rodas dentadas, montadas em caixas que desempenham a função de suporte mecânico e também atuam como reservatório de óleos lubrificantes (ELETROBRÁS *et al.*, 2009). A Figura 6 apresenta a parte interna de um redutor.

Figura 6 - Composição de engrenagens de um redutor



Fonte: D Banu Comercial, 2019

Com a redução da velocidade de rotação dos motores com o intuito de torná-los operacionalizáveis, ocorre a multiplicação diretamente proporcional do torque proveniente do eixo do motor (GELAIS, 2016). A Figura 7 apresenta um motor elétrico acoplado a redutores.

Figura 7 - Motor elétrico acoplado a um sistema de redutores de alta e baixa rotação



Fonte: Antares Acoplamentos

2.5.1.5 Acoplamentos

Os acoplamentos são elementos de máquinas responsáveis pela conexão (transmissão de torque e potência) entre os motores e redutores (acoplamentos de alta rotação) e entre os redutores e os tambores de acionamento (acoplamentos de baixa rotação). Os acoplamentos hidrodinâmicos (FIG. 8) são os mais utilizados em projetos de transportadores de correia, embora existam outros tipos de acoplamentos específicos para cada aplicação (CEMA, 2007).

Figura 8 - Motor ligado a acoplamento hidrodinâmico



Fonte: Henfel (2020)

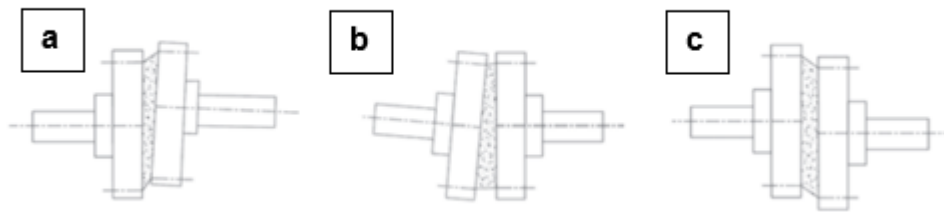
Outro tipo de acoplamento são os flexíveis (FIG. 9) que, além de transmitirem o torque e a potência de maneira eficiente, são utilizados para suprir possíveis desalinhamentos, causados por esforços de tração, empenos e deslocamentos (ELETROBRÁS *et al.*, 2009). A Figura 10 apresenta os três principais tipos de desalinhamentos.

Figura 9 - Acoplamento flexível



Fonte: Henfel

Figura 10 - Desalinhamento angular (a), axial (b) e radial (c)



Fonte: Eletrobrás *et al.*, 2009

2.5.1.6 Motorreductor

Os motorredutores são constituídos por um motor elétrico e um redutor, que são fabricados em uma única peça compacta, com potências geralmente de até 30 kW (GELAIS, 2016). Este sistema de acionamento tem grande versatilidade em diversos *layouts* de montagem, podendo ser conjugado com uma grande variedade de elementos de máquinas. A Figura 11 apresenta um motorreductor.

Figura 11 – Motorreductor WEG-Cestari

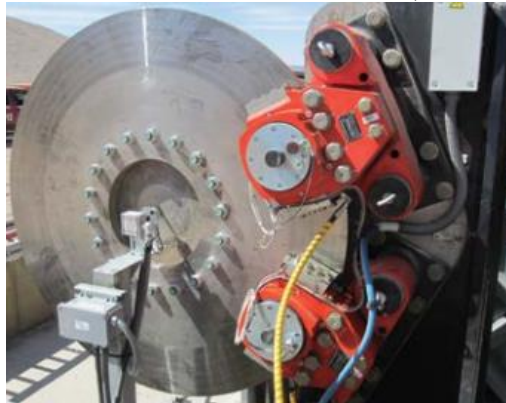


Fonte: WEG, 2023

2.5.1.7 Freios

Os freios são utilizados nos transportadores de correia para reduzir o tempo de parada após seu desligamento, em casos de paradas emergenciais e para um melhor controle da aceleração para a partida (SACRAMENTO, 2010). Os freios podem ser abertos ou fechados e ainda serem eletromagnéticos ou eletro hidráulicos como apresentado na (FIG. 12).

Figura 12 - Freio eletro hidráulico de 1,6 m de diâmetro



Fonte: Brakes, 2015

De acordo com Gelais (2016), existem três tipos principais de frenagem: Instantânea, suavizada e controlada. É chamada de frenagem instantânea quando todo o torque de frenagem é aplicado para desacelerar o transportador até sua parada no menor tempo possível. A frenagem suavizada ocorre de forma gradativa, onde um sistema hidráulico aumenta o torque de frenagem aos poucos, até a parada do sistema. Por fim, a frenagem controlada ocorre em sistemas automatizados que possuem controladores programáveis e sensores de velocidade onde é possível realizar a frenagem da maneira mais conveniente.

Os freios são dimensionados levando em consideração alguns aspectos como o torque necessário para realizar a parada das correias, a capacidade térmica dos freios e a sua taxa de dissipação de calor, que compromete paradas repetitivas (CEMA, 2007).

2.5.1.8 Contra recuos

Os dispositivos contra recuo são utilizados em transportadores instalados em terrenos acidentados para impossibilitar a mudança de sentido de rotação da correia em caso de paradas. Esse dispositivo é geralmente instalado no eixo do redutor ou no eixo do tambor de acionamento. A Figura 13 apresenta um contra recuo com braço de torque, utilizados como medidas preventivas e de segurança em transportadores de correia.

Figura 13 - Contra recuo com braço de torque

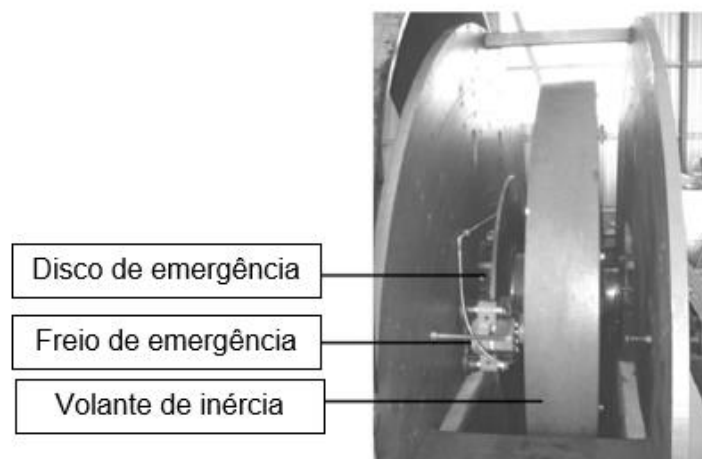


Fonte: Manudec Power Transmission and Sprag Components, 2023

2.5.1.9 Volantes de inércia

Em alguns projetos é aconselhável controlar o comportamento dinâmico dos transportadores de correia, adicionando um volante de inércia (*flywheel*). Trata-se de um elemento que tem como função adicionar inércia ao sistema de acionamento por meio de uma grande massa girante localizada entre o motor e o redutor. O intuito desse aumento de inércia é tornar mais lenta a resposta na partida e na parada do transportador, tornando a operação mais segura (CEMA, 2007). A Figura 14 apresenta um sistema com o volante de inércia.

Figura 14 - Disco de emergência, freio e volante de inércia em um transportador de correia

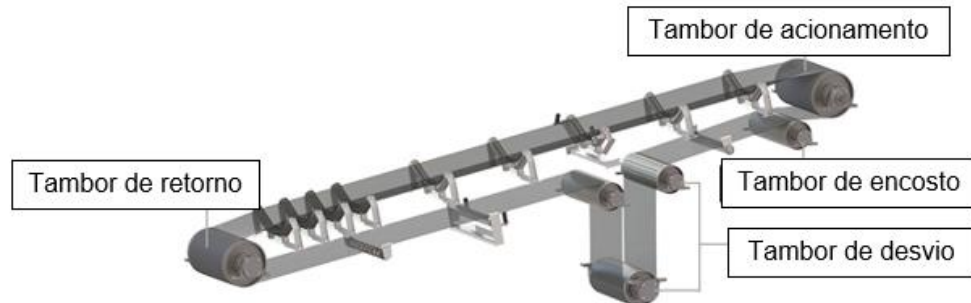


Fonte: Pang, 2010

2.5.1.10 Tambores

Os tambores são os elementos responsáveis pela movimentação da correia transportadora, tensionando, tracionando e alterando a direção da correia (GELAIS, 2016). Estes elementos passaram por uma evolução ao longo do tempo. Entre as décadas de 1860 e 1880, os primeiros transportadores de correia utilizavam tambores confeccionados em madeira, mas ao decorrer do tempo passou-se a utilizar tambores de ferro fundido e em seguida tambores de aço soldado (CEMA, 2007). Existem diversos tipos de tambores em um transportador de correia, cada um com uma aplicação específica, como mostra Figura 15.

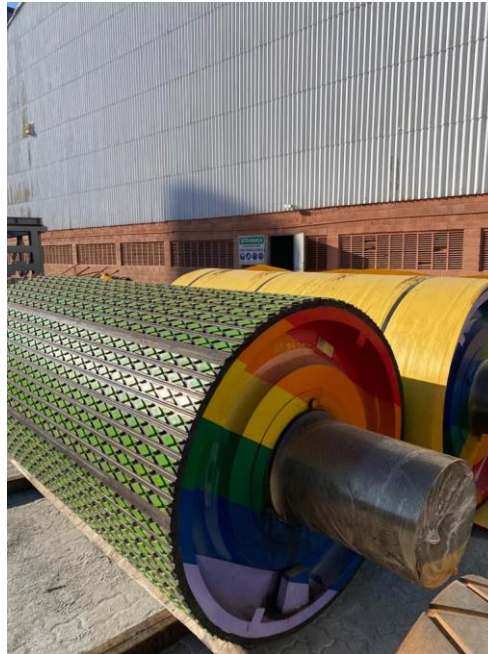
Figura 15 - Diferentes tipos de tambores em um transportador



Fonte: Henan Excellent Machinery Co

1. Tambor de acionamento: tambor acionado pela unidade motriz que transmite o torque e movimenta a correia transportadora, apresentado na Figura 16;
2. Tambor de retorno: tambor responsável pela mudança de direção da correia transportadora;
3. Tambor de desvio e de tensionamento: tambor localizado na parte mais superior é responsável por mudar a direção de movimento da correia, utilizado em sistemas de tensionamento vertical e horizontal. O tambor localizado na parte mais inferior é utilizado para tensionar a correia, evitando possíveis deslizamentos;
4. Tambor de encosto: este tambor tem a função evitar deslizamentos e elevar o contato entre o tambor motriz e a correia. Este aumento na área de contato aumenta o efeito da força motriz.

Figura 16 - Tambor de acionamento de 10,5 t



Fonte: Tecnokor

. Os tambores podem ser lisos ou ranhurados e ainda podem possuir revestimentos ou não. Utilizam-se geralmente revestimentos de borracha natural, borracha de butadieno, neoprene e revestimentos cerâmicos (FERRAZ, 2019). Os revestimentos têm como principal função aumentar a vida útil das correias e dos próprios tambores. As principais vantagens e desvantagens de cada tipo de revestimento utilizado são:

1. revestimento de borracha natural - proporciona um aumento da vida útil da correia e um ótimo desempenho no sistema seco. Em contrapartida, apresenta um médio rendimento em sistemas úmidos.

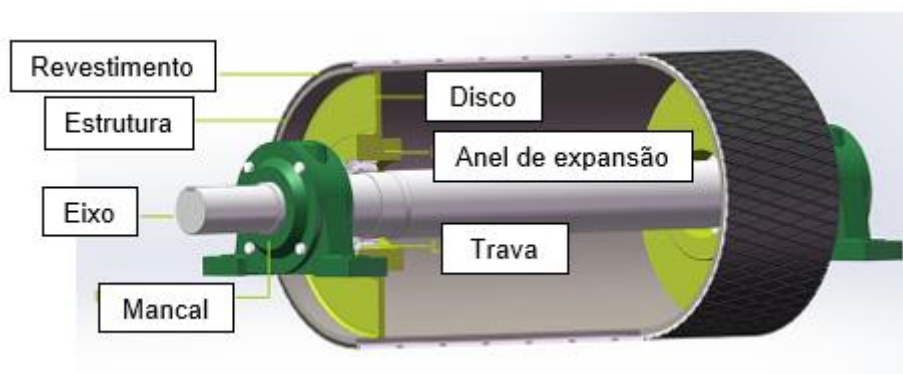
2. revestimento de borracha butadieno - apresenta maior resistência à abrasão do que a borracha natural e possui um excelente custo benefício. Como desvantagem, podemos citar o fato de possuir moderada resistência aos agentes atmosféricos e aos agentes químicos.

3. revestimento de neoprene - este revestimento apresenta uma elevada resistência às intempéries e aos agentes químicos. Além disso, é um revestimento antichama. Em contrapartida, apresenta um custo mais elevado.

4. revestimento cerâmico - apresentam alta resistência à abrasividade e maior vida útil quando comparado com os demais tipos de revestimento. Como desvantagem, os revestimentos cerâmicos propiciam um maior desgaste na cobertura inferior das correias transportadoras.

A Figura 17 apresenta os principais elementos de um tambor, utilizado em TC's.

Figura 17 - Elementos básicos de um tambor



Fonte: Henan Excellent Machinery Co

O dimensionamento dos tambores é intrínseco de cada projeto, mas existem parâmetros que devem ser considerados. De acordo com a Eletrobrás *et al.* (2009) quanto maior o diâmetro dos tambores, maior a vida útil das correias, pois esta sofrerá uma menor flexão durante a operação.

2.5.1.11 Mancais e rolamentos

Os mancais de rolamento são utilizados para permitir a rotação de um eixo em relação a uma superfície fixa. Este sistema é amplamente utilizado na indústria, em motores, máquinas rotativas, veículos automotores e equipamentos pesados. Os mancais de rolamento são geralmente fabricados em ferro fundido cinzento, ferro fundido nodular e aço fundido (HENFEL, 2023). A Figura 18 demonstra a aplicação de um mancal no eixo de um tambor para TC.

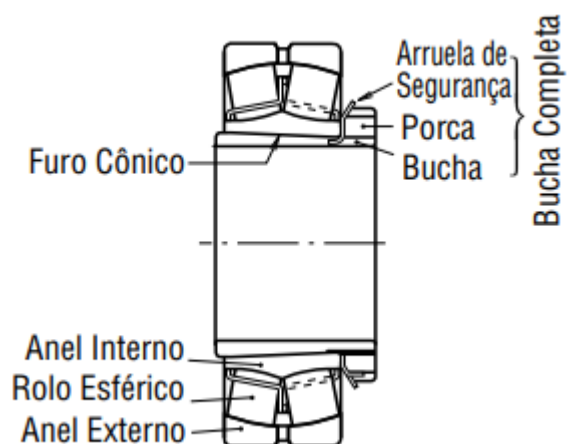
Figura 18 - Mancal de rolamento montado em tambor de transportador de correia



Fonte: Tecnokor

Os mancais utilizados em transportadores de correia são munidos de rolamentos autocompensadores de rolos, como apresentado na Figura 19.

Figura 19 - Rolamento autocompensador de rolos



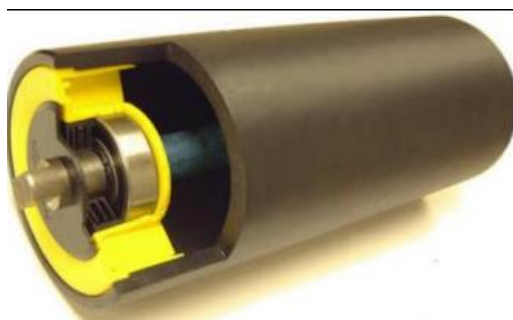
Fonte: NSK Brasil LTDA, 2013

Estes rolamentos são recomendados pela fabricante (NSK BRASIL LTDA, 2013), devido as altas cargas de operação, grandes impactos, além da possibilidade de ocorrerem flexões e desalinhamentos do conjunto correia/tambor durante a operação dos transportadores de correia.

2.5.1.12 Roletes

Os roletes são os elementos responsáveis por sustentar, conformar e guiar a correia transportadora. Os roletes são compostos por rolos cilíndricos que giram em torno de seus próprios eixos e fabricados de tubos de aço, tubos de ferro fundido ou tubos plásticos (ELETROBRÁS *et al.*, 2009). A Figura 20 apresenta um rolete em corte.

Figura 20 - Construção básica de um rolo para transportadores de correia



Fonte: Gelais, 2016

Existem diferentes aplicações para os rolos nos transportadores de correia, sendo que para cada aplicação existe um rolete específico.

Roletes de carga: os roletes de carga (FIG. 21) são os conjuntos de rolos que se localizam na parte superior do transportador e ao longo de toda a extensão de carga na correia transportadora (GELAIS, 2016). Usualmente são fabricados em aço.

Figura 21 - Rolete de carga triplo com base para roletes em aço



Fonte: HMA Group, 2023

Roleta de impacto: os rolos de impacto (FIG. 22) geralmente estão localizados nos pontos de carregamento da correia e têm a função de absorver o choque inicial da queda do material sobre a correia (ELETROBRÁS *et al.*, 2009)

Dessa forma, evitam-se possíveis danificações na correia. Sua construção típica é a partir de tubos de aço e com revestimentos em formas de anéis de borracha (FERRAZ, 2019).

Figura 22 - Roleta de impacto com anéis de borracha instalados em base de roletes



Fonte: ASGCO, 2021

Roletes de retorno: os roletes de retorno (FIG. 23) geralmente são instalados na região de retorno da correia, sendo o principal elemento que dá sustentação à correia neste trecho (ELETROBRÁS *et al.*, 2009). Podem ser confeccionados de aço e ainda serem revestidos com anéis de borracha (GELAIS, 2016).

Figura 23 - Rolete de retorno duplo em uretano



Fonte: ASGCO, 2021

Roletes auto-alinhantes: os roletes auto-alinhantes (FIG. 24) são encarregados de corrigirem possíveis desalinhamentos na lateral da correia, tanto no trecho carregado quanto no trecho de retorno, por meio de rolos guia verticais (SACRAMENTO, 2010). Este tipo de rolete deve ser utilizado somente em casos extremamente necessários, pois o mesmo danifica as bordas da correia quando ocorre o contato rolete/correia (FERRAZ, 2019).

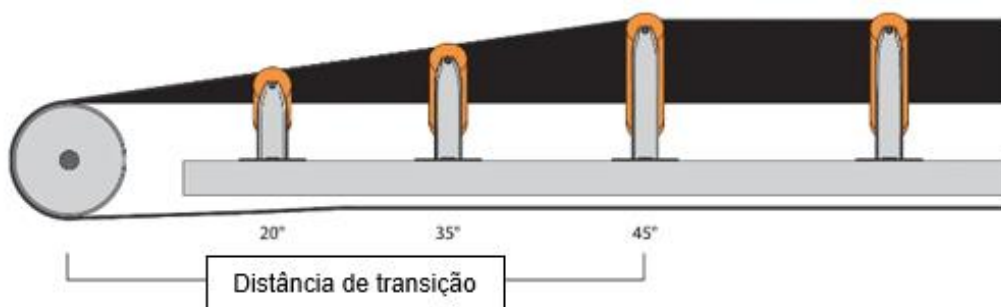
Figura 24 - Rolete auto-alinhante em funcionamento



Fonte: Swinderman *et al.*, 2009

Rolete de transição: a Figura 25 ilustra os roletes de transição que são encarregados de realizar a transição gradual da concavidade da correia ao aproximar-se dos tambores de acionamento ou retorno (GELAIS, 2016). É de extrema importância ajustar os roletes com distâncias adequadas entre si com o objetivo de não ocorrer esforços durante a transição (MERCÚRIO S/A, 2022).

Figura 25 - Distância de transição entre roletes

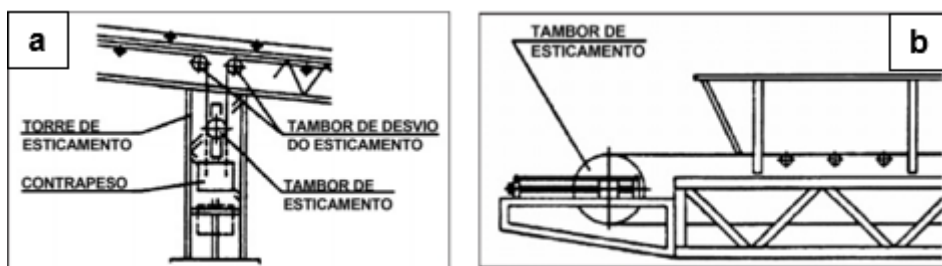


Fonte: Swinderman *et al.*, 2009

2.5.1.13 Sistema de esticamento

Os sistemas de esticamento têm como função elementar manter a adequada tensão da correia no tambor de acionamento (GELAIS, 2016), garantindo a transferência de torque de forma eficiente. Existem dois principais métodos de esticamento de correias, por gravidade e por parafuso (FERRAZ, 2019), como apresentado na Figura 26.

Figura 26 - Esticamento por gravidade em (a) e esticamento por parafuso em (b)



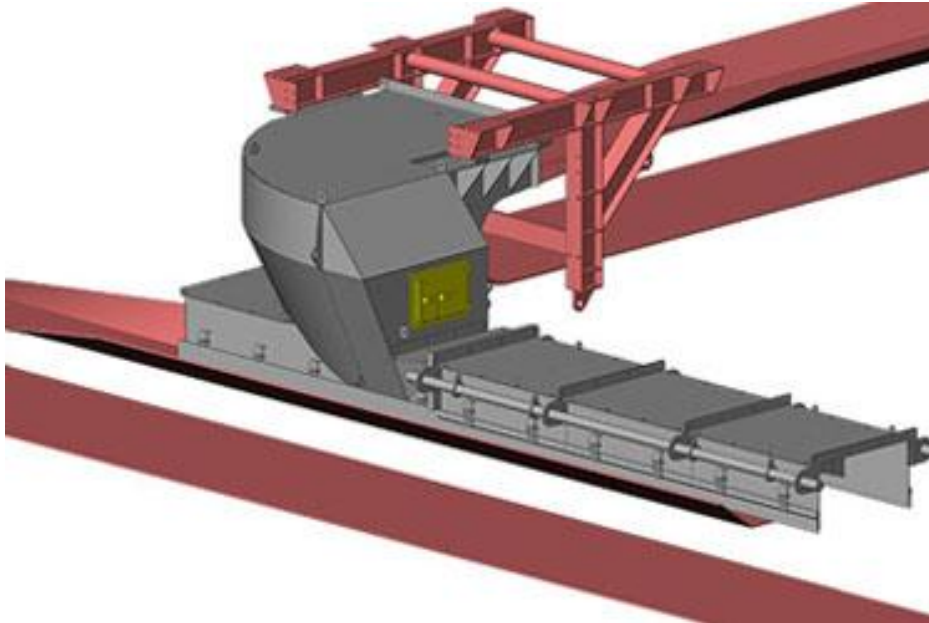
Fonte: Moura *et al.*, 2011

Os esticamentos por gravidade são compostos por uma massa suspensa conectada ao tambor de esticamento em uma torre estrutural. Esse tipo de esticamento é utilizado em transportadores de maiores dimensões e é realizado de forma automática, com a ação da massa e da gravidade. Já o esticamento por parafuso é utilizado em equipamentos de menor proporção. Neste sistema, o tambor de esticamento possui uma barra rosqueada que permite uma pequena movimentação longitudinal do tambor. Essa movimentação permite o esticamento da correia transportadora.

2.5.1.14 Casas de transferência

As casas de transferência ou chutes de transferência (FIG. 27) são equipamentos que operam em conjunto com os transportadores de correia. Como o próprio nome já diz, os chutes são encarregados de realizar a transferência (carga ou descarga) do material transportado pela correia de forma que permita um melhor fluxo, sem acúmulos e entupimentos (MOURA *et al.*, 2011). De acordo com o Manual Técnico de Correias Transportadoras (MERCÚRIO S/A, 2022), a largura do chute deve variar de 50% a 75% da largura da correia transportadora, a depender do tipo de material transportado. Desse modo, minimiza-se o lançamento de material para fora da correia, além de centralizar melhor a carga na correia.

Figura 27 - Chute de transferência entre dois TC's



Fonte: Flexco

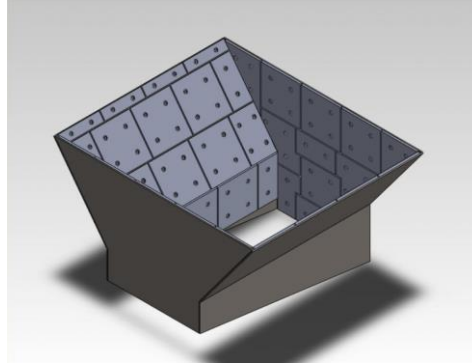
De acordo com a CEMA (2007) as casas de transferência são projetadas para:

1. controlar o escoamento do material a fim de minimizar o desgaste, os impactos, a geração de particulados, a pulverização do produto transportado e o derramamento de material;
2. amortecer e conduzir o fluxo do material;
3. impedir entupimentos que possam interferir no fluxo;
4. descarregar no sentido de movimentação da correia, com velocidade compatível à correia de recebimento e centralizar o material na correia;
5. realocar o material raspado pelos raspadores;
6. serem instaladas fora da área de transição da correia;
7. reduzir o máximo da circulação de ar dentro dos chutes para minimizar a geração de materiais particulados;
8. resistirem a eventuais paradas e partidas ao longo da operação com o chute cheio.

Devido aos grandes impactos e à alta abrasão, os chutes são revestidos internamente (FIG. 28) por chapas de desgaste de alta dureza (MOURA *et al.*,

2011). Essas chapas prolongam a vida útil do equipamento, visto que é necessária somente a troca das chapas de desgaste quando necessário.

Figura 28 - Interior do chute de transferência



Fonte: Swinderman et al., 2009

Geralmente, as chapas de desgaste podem ser fabricadas por uma diversa gama de materiais. Ferro fundido, aço soldado e cerâmica fundida com borracha ou poliuretano, são os tipos mais utilizados. As chapas de ferro fundido branco apresentam elevada dureza, entretanto impossibilita-se o revestimento dos chutes por completo, pois não é possível realizar cortes nestas chapas para revestir os cantos internos do chute. A Figura 29 apresenta uma chapa de revestimento de ferro fundido branco utilizada em chutes de transferência.

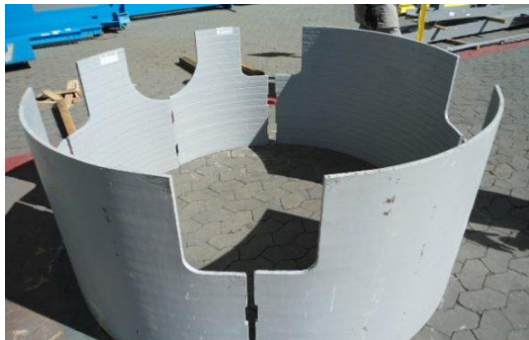
Figura 29 - Chapa de revestimento fabricada em ferro fundido branco



Fonte: Monferrato

As chapas de revestimentos fabricadas em aços que apresentam boa soldabilidade, as chapas de aço soldado, apresentam elevada dureza e resistência à abrasão, assim como as chapas de ferro fundido branco (MOURA *et al.*, 2011). As chapas de aço soldado podem ser conformadas, calandradas, cortadas e soldadas, apresentando uma maior versatilidade quando comparada às chapas de ferro fundido branco, como demonstrado na Figura 30.

Figura 30 - Revestimento de aço soldado para britador cônico



Fonte: Placadur, 2023

As chapas fabricadas em cerâmica vulcanizada em borracha ou poliuretano apresentam elevada resistência ao impacto e elevada resistência à abrasão. As chapas de desgaste cerâmicas apresentam uma maior durabilidade quando comparada as chapas de ferro fundido e as chapas de aço, devido ao fato de não se oxidarem (MOURA *et al.*, 2011). A Figura 31 apresenta a aplicação das placas cerâmicas no interior de um chute de transferência.

Figura 31 - Placas de desgaste cerâmicas vulcanizadas com borracha



Fonte: Maxbor, 2022

2.5.1.15 Equipamentos para limpeza da correia

Os equipamentos destinados à limpeza das correias transportadoras são imprescindíveis para prolongar a vida útil dos componentes de um transportador (MOURA *et al.*, 2011). Esses equipamentos são destinados à limpeza do material residual aderido à correia transportadora, já que o transporte de materiais pegajosos é algo recorrente na mineração (GELAIS, 2016). Certa fração desse tipo de material adere-se à superfície da correia, não sendo transferido no ponto desejado. Dessa forma, o material residual entra em contato com os roletes e tambores no retorno da correia, causando desgastes excessivos, acúmulo de material em locais indesejados e em muitas das vezes, a necessidade de uma limpeza manual. Na Figura 32, é apresentado o acúmulo de material abaixo do tambor de retorno em A e o acúmulo de material nos roletes de retorno em B.

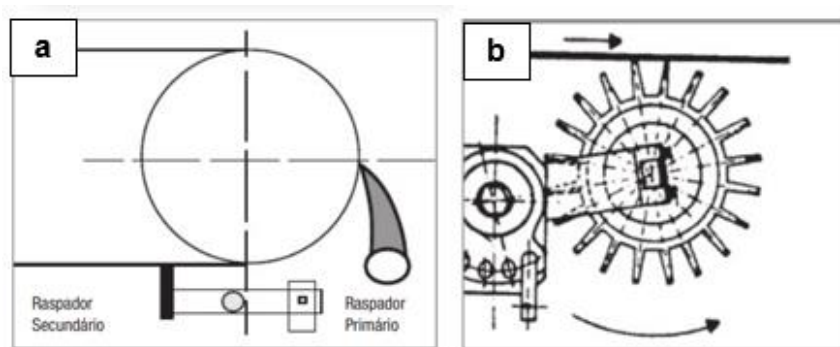
Figura 32 - Acúmulo de material em locais indesejados



Fonte: Swinderman *et al.*, 2009

Os principais tipos de sistema de limpeza utilizados em transportadores de correia são os raspadores, limpadores e viradores de correia. Os raspadores são instalados no tambor de retorno, do lado externo da correia com o intuito de retirar o máximo de material aderido à correia. Geralmente se tratam de lâminas de borracha e de escovas rotativas, sendo acionadas por um dispositivo que exerce pressão contra a correia, como apresentado na Figura 33.

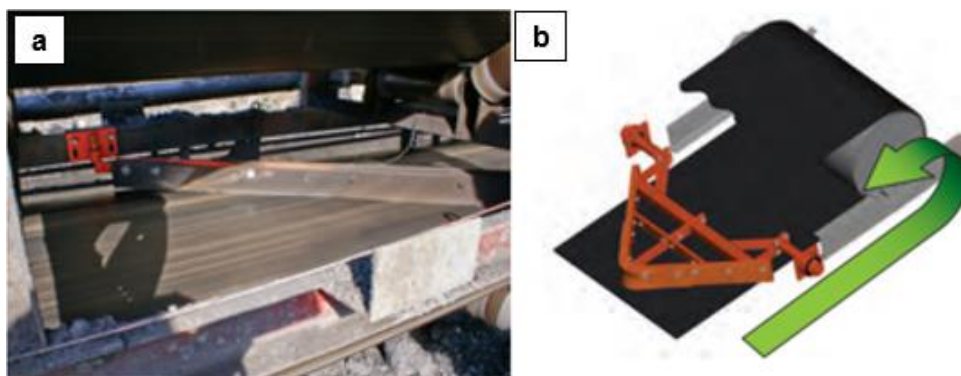
Figura 33 - Raspador de lâmina em (a) e rotativo em (b)



Fonte: Moura *et al.*, 2011

Outro tipo de sistema de limpeza muito utilizado é o de limpadores de correia, que são instalados na face interna das correias. Assim como os raspadores, têm o objetivo de promover a limpeza das correias, impedindo que eventualmente o material residual entre em contato com tambores. Estes são instalados no lado limpo da correia, antes de tambores que possam vir a ser contaminados com materiais pegajosos. Existem dois principais tipos de limpadores, os retos e os limpadores em “V”, como demonstrado na Figura 34.

Figura 34 - Limpador reto em (a) e limpador em “V” em (b)

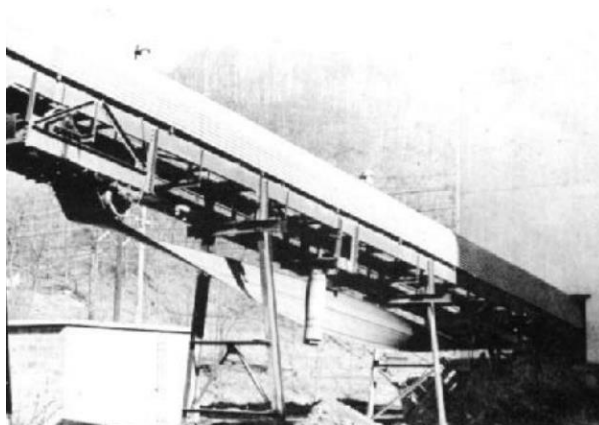


Fonte: Swinderman *et al.*, 2009

Quando os sistemas de limpeza tradicionais não são suficientes para desprender todo o material aderido à correia, utilizam-se geralmente os viradores de correia. Este sistema gira a correia em 180° em dois pontos distintos próximos às extremidades do transportador, impedindo que o lado sujo da correia entre em

contato com os roletes de retorno (MOURA *et al.*, 2011). Os viradores de correia podem ser instalados em qualquer transportador de correia, desde que os mesmos possuam espaço para a instalação dos tambores de giro e que a distância entre eles seja o suficiente para não provocar tensões excessivas nas bordas da correia (SACRAMENTO, 2010). Este sistema é apresentado na Figura 35.

Figura 35 - Virador de correia



Fonte: Sacramento, 2010

2.5.1.16 Estruturas metálicas

A estrutura de um transportador de correia (FIG. 36) envolve a sustentação de todos os componentes utilizados no projeto: apoios, torres, colunas, treliças, suportes, chutes, sistemas de esticamento e acionamento, tambores e roletes (MERCÚRIO S/A, 2022). Por se tratar do maior elemento mecânico presente em um TC, a construção e o dimensionamento da estrutura metálica são essenciais para que o desempenho de todos os componentes fixados a ela performem como projetado (CAMPOS, 2013).

Figura 36 - Estrutura metálica do TC do porto de Pecém, CE



Fonte: Tecnokor

2.5.1.17 Acessórios para transportadores de correia

Os transportadores de correia podem ser fabricados de variados tamanhos, conforme a necessidade do projeto, podendo partir de dezenas de metros e podendo alcançar centenas de metros. Para tornar a operação de um transportador de correia segura e viável, alguns acessórios são imprescindíveis. Os acessórios mais usuais de acordo com Gelais (2016) serão apresentados:

1. Detectores de metais - estes detectores são utilizados para identificar possíveis elementos metálicos sobre a correia que possam afetar a sua integridade física;
2. detector de rasgo - tem como função detectar rasgos e danos nas correias transportadoras;
3. detector de desalinhamento - os detectores de desalinhamento são instalados próximos aos tambores e tem como intuito identificar possíveis desalinhamentos na correia. Caso o desalinhamento seja excessivo ao ponto de representar algum risco, estes detectores paralisam o equipamento;
4. detector de entupimento - este detector identifica entupimentos nos chutes de transferência, paralisando as operações;

5. detector de subvelocidade - encarregado de paralisar o transportador caso este detecte diferença de velocidade entre o tambor de acionamento e o tambor movido;

6. detector de sobre velocidade - quando detectada velocidade acima do pré-estabelecido, o detector aciona o freio para desacelerar o transportador;

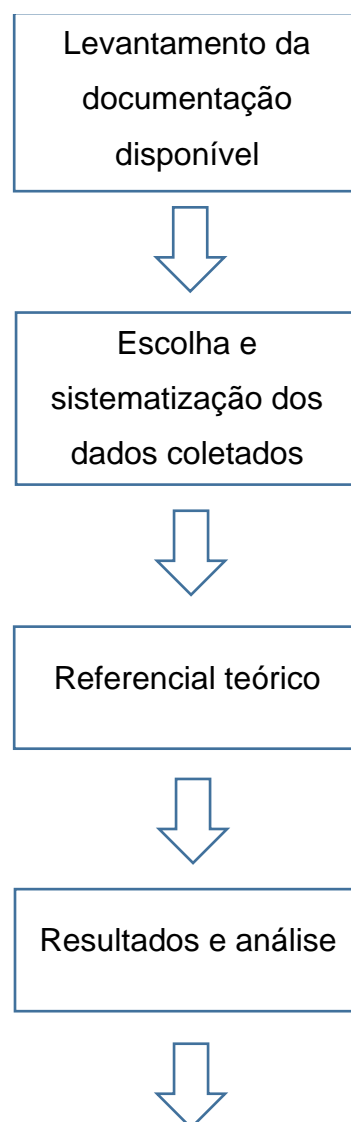
7. balança - tem como objetivo pesar o fluxo do material transportado sobre as correias;

8. sirene de partida - equipamento de segurança utilizado para alertar a todos que o transportador está prestes a iniciar suas operações

3 METODOLOGIA

O procedimento de pesquisa empregado neste trabalho utilizou como base um conjunto de dados gerados no decorrer de um projeto por um fabricante de transportadores de correia. Por ter sido desenvolvido em grande parte durante a pandemia de COVID-19, este projeto possui particularidades e problemas específicos gerados pelo contexto pandêmico. O estudo foi realizado com base em relatórios, propostas técnicas e comerciais e outros documentos oficiais gerados durante o processo. Trata-se de gráficos, tabelas, correspondências, contratos, aditivos e outros documentos oficiais que foram disponibilizados para a execução da pesquisa. A seguir, apresenta-se uma visão geral da metodologia aplicada.

Figura 37 - Visão geral da metodologia



Conclusão

Fonte: O autor, 2023

4 RESULTADOS

Para entender os desafios enfrentados na construção de um transportador de correia para uma mineração durante a pandemia de COVID-19, foi realizado um estudo de caso em uma indústria fabricante de transportadores de correia. Foram apresentados implicações e planos de ação assumidos no decorrer do projeto, que se encontra na fase final de implementação.

4.1 Apresentação

O projeto selecionado refere-se à construção de 13 transportadores de correias distintos, com características próprias, para uma mina de grande porte localizada na região norte do país. Esta iniciativa foi concebida e implementada pela empresa Tecnokor, uma indústria de bens de capital sediada em Vespasiano, Minas Gerais. O autor participou da equipe de gerenciamento de projetos.

Vários desafios foram surgindo no decorrer do projeto e os mais relevantes têm ligação direta com a pandemia de COVID-19. A disseminação do vírus em alta velocidade por todo o mundo ocasionou implicações e mudanças em todos os setores da Tecnokor. O aumento no preço do aço, assim como a escassez e o aumento do tempo de entrega de diversos itens no mercado, causou uma série de dificuldades no avanço da produção. Outro ponto de destaque diz respeito às implicações do isolamento e do distanciamento social durante a pandemia. Enquanto os setores administrativos aderiram à jornada de trabalho *home office*, os setores de fábrica continuaram com a jornada de trabalho presencial, embora algumas mudanças tenham sido implementadas a fim de evitar a propagação do COVID-19.

A fim de compreender os problemas gerados pela pandemia de COVID-19 sobre este projeto específico, serão apresentados dados relativos aos diversos setores da empresa no que diz respeito às matérias-primas, à mão de obra e ao consequente descolamento financeiro do projeto.

4.2 Aumento do preço do aço

O aço é a principal matéria-prima utilizada na fabricação dos transportadores de correia, representando 33% do custo total, como demonstrado na Tabela 2.

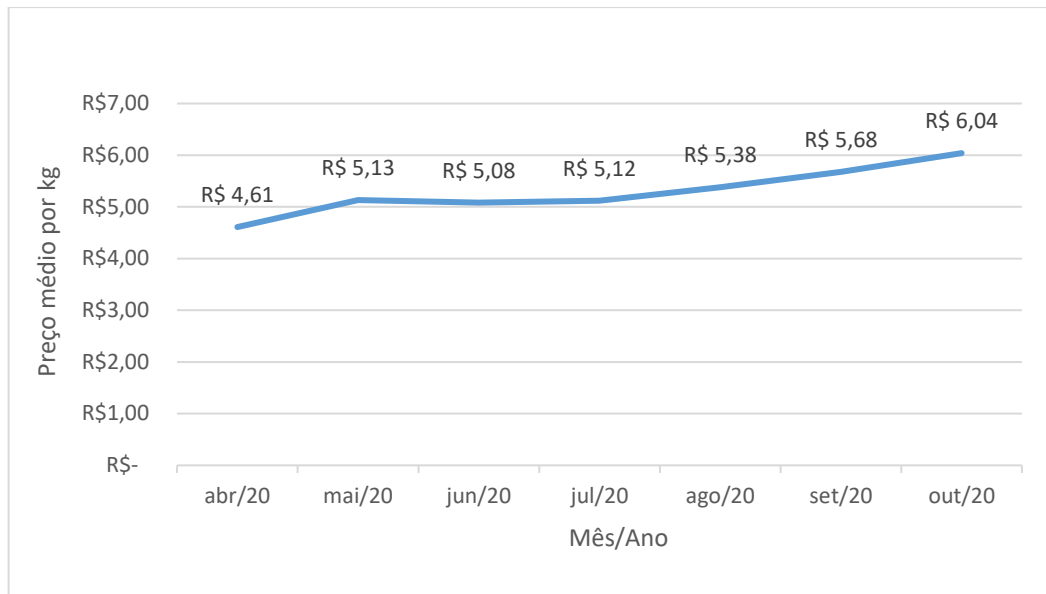
Tabela 2 - Proporção do custo das principais matérias-primas e insumos no projeto

Representatividade dos insumos e equipamentos no custo do projeto	
Insumo/equipamento	Proporção
IPA 272: Produtos em aço	33,0%
IPA 29: Máquinas e equipamentos	32,0%
IPA 251: Borracha	8,3%
IPA 31: Máquinas, aparelhos e materiais elétricos	4,0%

Fonte: O autor, 2023

O processo de orçamento do projeto se desenvolveu durante o período pré-pandêmico, utilizando como data-base setembro de 2019, quando o preço do aço se encontrava estabelecido. Em menos de 1 ano, o custo médio do insumo quase dobrou. Em abril de 2020, o aço era comercializado por R\$ 4,61/kg e em novembro do mesmo ano, este valor subiu para R\$ 8,01/kg. No contrato de fornecimento dos transportadores é firmado um reajuste periódico de praxe, em função da flutuação do preço das matérias-primas e insumos. Este reajuste ocorre a cada 12 meses, a partir da data da assinatura do contrato. Como a variação do preço do aço ocorreu de maneira brusca em um curto período de tempo, foi elaborada uma proposta comercial complementar a fim de alcançar um acordo de reequilíbrio econômico, com o intuito de mitigar os impactos no projeto. Para o cálculo do reequilíbrio econômico, foram considerados dois períodos, o primeiro entre abril e outubro de 2020 e o segundo entre novembro de 2020 e março de 2021. Neste projeto foi previsto um total de 4323 toneladas de aço bruto, sendo que 2519 toneladas foram adquiridas até outubro de 2020, representando 58,29 % do total de aço no projeto. Neste período o preço médio do aço subiu cerca de 31,00 %. A evolução dos preços entre abril e outubro de 2020 está apresentada no Gráfico 2.

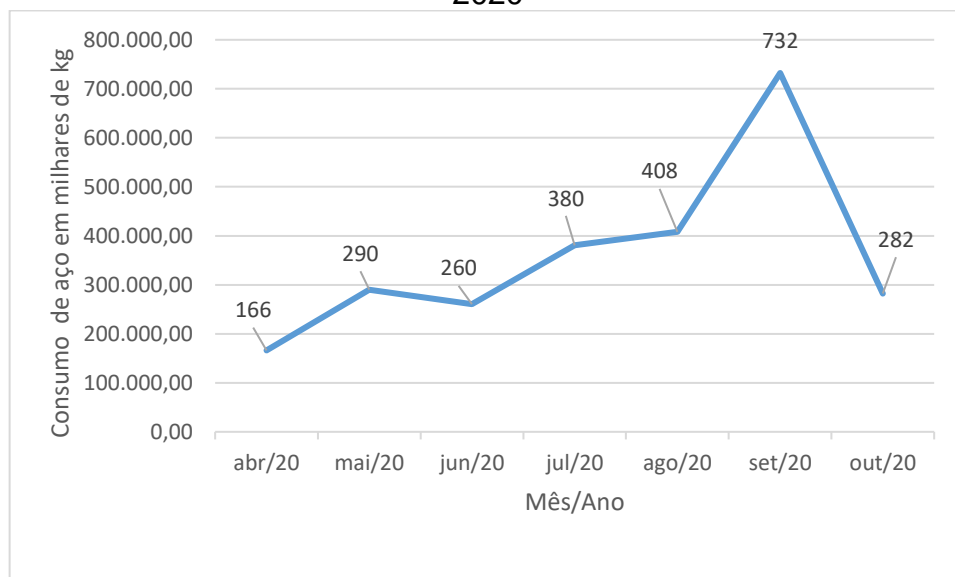
Gráfico 2 - Evolução do preço médio por kg do aço



Fonte: O autor, 2023

O preço médio do aço leva em consideração os dois principais tipos de aço utilizados no projeto, aços planos e não planos. Foi considerada uma ponderação de 60% para os aços não planos e 40% para aços planos. O Gráfico 3 apresenta o consumo de aço mensal no período compreendido entre abril e outubro de 2020.

Gráfico 3 - Consumo de aço em milhares de kg entre abril de 2020 e outubro de 2020

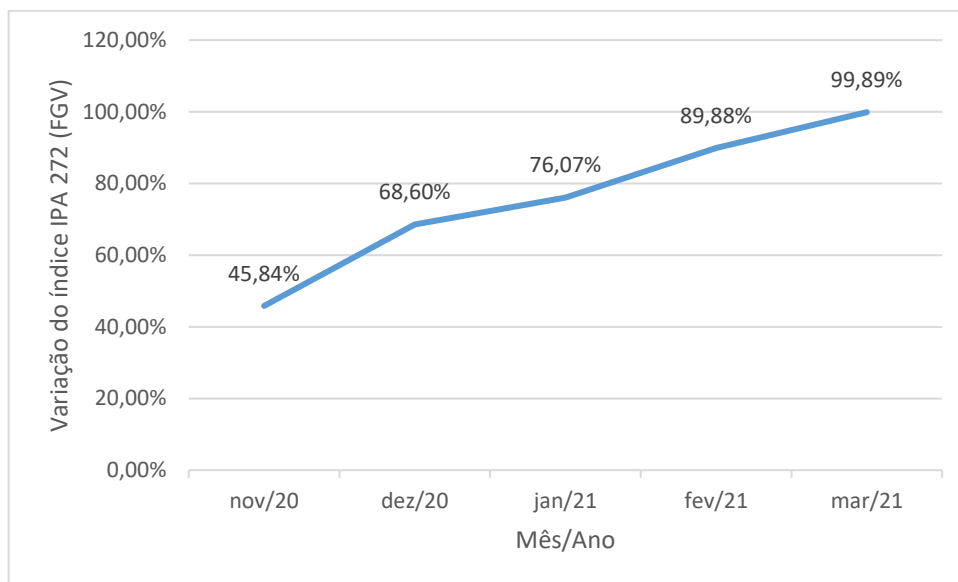


Fonte: O autor, 2023

Neste gráfico nota-se um maior consumo de aço nos meses com a maior alta de preço. O aumento exorbitante do preço do aço tornou inviável o desenvolvimento do projeto sem a equalização dos preços de mercado junto à empresa contratante. Neste momento, portanto, foi necessária uma proposta de reequilíbrio econômico. Diante disso, foi proposto um reajuste considerando a proporção de 33% de aço no valor total dos equipamentos, resultando em uma correção de 15% do valor firmado inicialmente pelos transportadores de correia.

Após este primeiro reequilíbrio econômico, a contratante propôs a adoção de gatilhos de reajuste futuros atrelados às variações do índice FGV IPA 272, referente a produtos siderúrgicos. Ficou acordado que o gatilho seria disparado caso houvesse um aumento ou redução igual ou superior a 10%. A partir de novembro de 2020, o gatilho de reajuste passou a ser utilizado. Após a conclusão da compra do aço em março de 2021, um novo reajuste foi realizado sobre os 41,71% de aço que ainda não tinham sido adquiridos. O Gráfico 4 apresenta a variação do índice IPA 272, de acordo com a publicação da FGV, que foi utilizado como base do gatilho de reajuste.

Gráfico 4 - Variação do índice IPA 272 (FGV) entre novembro/2020 e março/2021

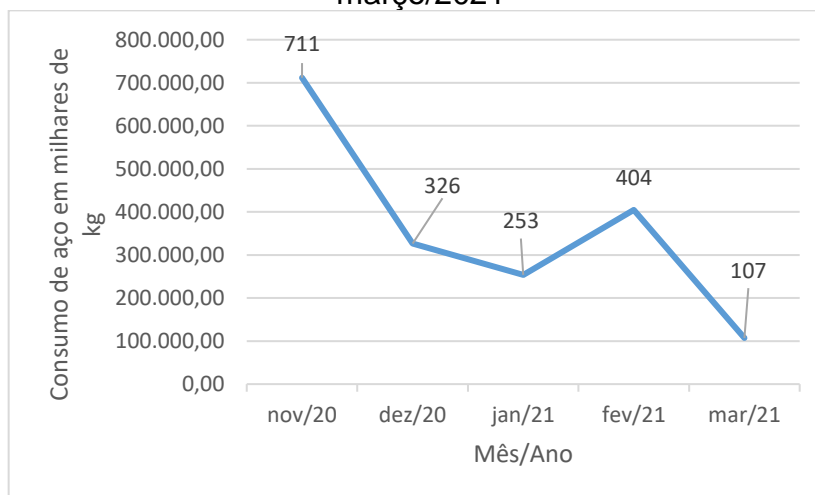


Fonte: O autor, 2023

No primeiro período considerado no reajuste, entre abril e outubro de 2020, a variação acumulada do índice era de 39,87%. No segundo período considerado,

este valor mais que dobrou, atingindo o ápice em março de 2021, com uma variação acumulada de 99,89% em comparação com a data-base (setembro/2019). O Gráfico 5 apresenta o volume de aço adquirido no segundo período considerado.

Gráfico 5 - Consumo de aço em milhares de kg no período de novembro/2020 a março/2021



Fonte: O autor, 2023

Neste período, o processo de aquisição de matérias-primas se encontrava na fase final. Desse modo, o volume de aço comprado no período diminuiu significativamente. A fórmula a seguir apresenta o cálculo do impacto do novo reequilíbrio econômico, considerando o saldo restante de aço a ser adquirido para a conclusão do projeto, representando 41,71% do total.

$$\text{Reajuste} = (\text{Valor dos equipamentos}) * (33\%) * (\text{Variação do índice no período})$$

Em que:

- *Valor dos equipamentos = Valor dos transportadores firmados no contrato inicial;*
- *33% = Proporção do aço no valor dos equipamentos*
- *Variação do índice no período =*
Variação do índice IPA 272 (FGV) no segundo período considerado.

A Tabela 3 apresenta o impacto mês a mês no segundo período considerado.

Tabela 3 - Impacto no segundo reajuste no valor total do contrato (referente ao saldo de aço)

Período	Impacto do segundo reajuste (%)
novembro/2020	2,49
dezembro/2020	1,71
janeiro/2021	1,47
fevereiro/2021	2,77
março/2021	0,82
TOTAL	9,26

Fonte: O autor, 2023

Neste segundo período, o valor total do reajuste representa 9,26% do valor firmado inicialmente. Levando-se em consideração os dois reajustes realizados em decorrência dos aumentos do aço, chegou-se a um total de 24,26% de reajuste acordado entre as partes, em relação ao valor do contrato inicial.

Além dos impactos financeiros, a pandemia de COVID-19 prejudicou o prazo de entrega de diversos insumos e matérias-primas essenciais ao projeto. Neste contexto, com o objetivo de mitigar os impactos referentes aos atrasos de entrega, modificações na engenharia do projeto foram necessárias para readequar os insumos e matérias-primas alternativas disponíveis naquele momento. A partir desta readequação, foi firmado um termo de aditivo de contrato (TAC) em março de 2021, para incluir no escopo de fornecimento as devidas alterações de projeto. Este TAC representa aproximadamente 6,0% do valor inicial do contrato. Desse modo, foi necessário apurar o impacto da variação do aço neste aditivo, visto que a data-base original do contrato é de setembro de 2019. Utilizou-se a seguinte fórmula paramétrica para apurar o impacto.

$$\text{Reajuste no aditivo} = (\text{Valor dos equipamentos do TAC}) * (33\%) * (99,89\%)$$

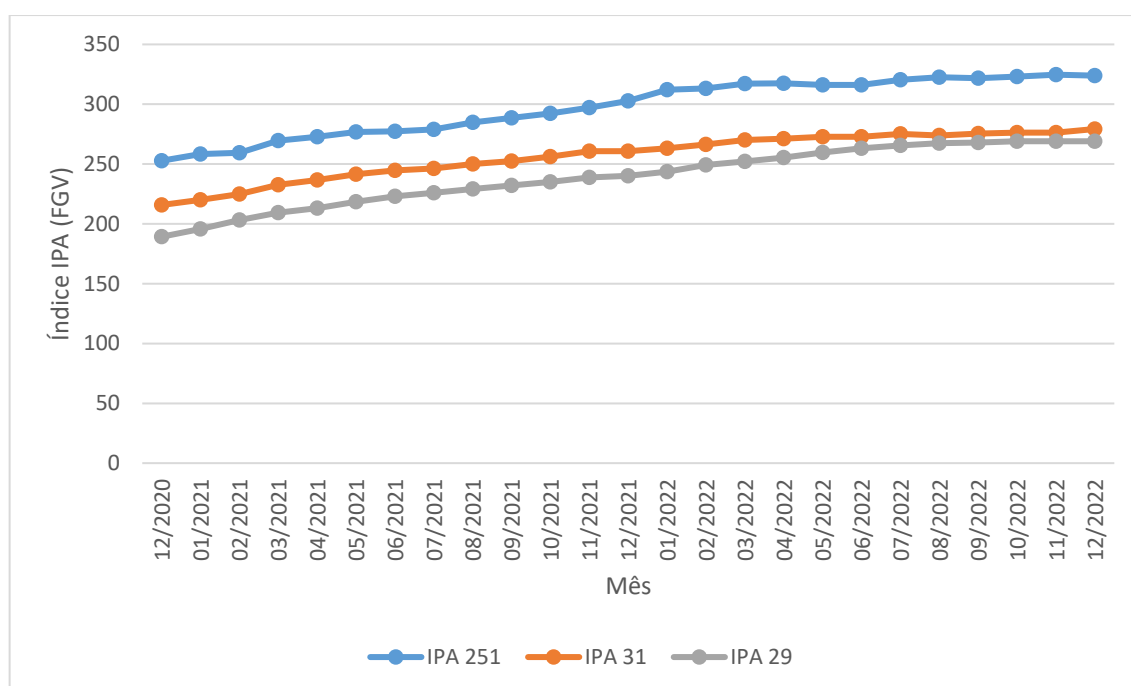
Onde:

- *Valor dos equipamentos do TAC = Valor do termo de aditivo de contrato*
- *33% = Proporção do aço no valor dos equipamentos*
- *99,89% =*
Variação do índice IPA 272 (FGV) entre setembro de 2021 e março de 2021

4.2.1 Aumento do preço dos demais componentes

Além do aumento do preço do aço, vários outros produtos de primeira necessidade na construção dos transportadores sofreram aumentos significativos. Entretanto, estes aumentos não surgiram de forma súbita, assim como surgiram para o aço, apesar de impactarem de forma severa o andamento do projeto. Neste sentido, o reajuste destes itens seguiu o procedimento firmado na assinatura do contrato inicial, onde o gatilho de reequilíbrio econômico era disparado a cada 12 meses. Nestes reajustes, foi considerada a variação dos índices para as máquinas e equipamentos (IPA 29), borrachas (IPA 251) e máquinas, equipamentos e materiais elétricos (IPA 31). A variação dos índices está apresentada no Gráfico 6.

Gráfico 6 - Variação dos índices IPA 251, 31 e 29



Fonte: FGV

Para o reajuste destes itens, foram considerados dois períodos. O primeiro entre dezembro de 2020 e dezembro de 2021 e o segundo entre dezembro de 2021 e dezembro de 2022. A Tabela 4 demonstra o impacto percentual dos reajustes em cada período, em relação ao valor do contrato inicial.

Tabela 4 - Impacto percentual do reajuste por período

Matérias-primas e equipamentos	Período entre Dez/20 e Dez/21	Período entre Dez/21 e Dez/22
IPA 29: Máquinas e Equipamentos	3,1%	2,4%
IPA 251: Borracha	1,6%	0,6%
IPA 31: Máquinas, aparelhos e materiais elétricos.	0,9%	0,3%
REAJUSTE TOTAL NO PERÍODO	5,6%	3,3%

Fonte: O autor, 2023

Portanto, o impacto total da repactuação de valores nos períodos considerados é de 8,9% para os produtos dos IPA's 29, 251 e 31. A seguir, será apresentada a fórmula paramétrica adotada para o cálculo do impacto do reajuste destes itens.

$$PR = P0 * (0,33 * IPA29 + 0,0833 * IPA251 + 0,04 * IPA31)$$

Onde:

- $P0$ = Valor da parcela remanescente na data-base do reajuste
- IPA29 = Máquinas e Equipamentos
- IPA251 = Borracha
- IPA31 = Máquinas, Aparelhos e Materiais Elétricos

Apesar da variação de preço destes itens afetar de maneira contundente o planejamento financeiro do projeto, pode-se notar que o valor reajustado para outros equipamentos foi substancialmente menor que o reajuste referente ao aço.

4.3 Implicações do aumento do tempo de disponibilização dos insumos e matérias-primas

Outro desafio enfrentado durante a pandemia, diz respeito ao aumento do tempo de disponibilização de matérias-primas e insumos para produção. Durante a fase de equalização do projeto, são apresentadas pelo cliente as listagens de fornecedores (*vendor list*) que devem ser consideradas no processo de aquisição de suprimentos e na engenharia básica do projeto. A escolha de fornecedores fora da listagem implica processos de homologação, além de possíveis alterações no

projeto básico de engenharia e fabricação. O prazo de entrega dos produtos não atendia, em muitas das vezes, o cronograma estabelecido no contrato. Além dos fornecedores estenderem o prazo de entrega dos produtos, circundava a incerteza do cumprimento ou não dos prazos estabelecidos. Deste modo, a busca por materiais e fornecedores alternativos demonstrou ser a melhor opção, apesar de prejudicar a engenharia e o processo de fabricação do projeto, que já havia iniciado. A Tabela 5 demonstra o atraso em dias devido à readequação para as matérias-primas e produtos disponíveis no mercado.

Tabela 5 - Atraso em dias corridos no projeto de engenharia

Equipamento	Revisão de projeto básico	Detalhamentos adicionais de engenharia	Readequação de matérias-primas para o projeto
TC 1	51	12	20
TC 2	0	7	0
TC 3	0	7	0
TC 4	0	7	0
TC 5	0	7	0
TC 6	0	5	0
TC 7	0	0	0
TC 8	0	0	0
TC 9	49	8	20
TC 10	49	8	20
TC 11	55	8	20
TC 12	55	8	20
TC 13	43	5	20

Fonte: O autor, 2023

A Tabela 6 apresenta o atraso em dias corridos na fabricação dos equipamentos, devido à readequação de matérias-primas.

Tabela 6 - Atraso em dias corridos na fabricação

Equipamento	Falta/atraso de matéria-prima no mercado	Alterações de escopo na fabricação
TC 1	30	30
TC 2	10	90

TC 3	10	90
TC 4	10	90
TC 5	10	90
TC 6	10	60
TC 7	10	60
TC 8	10	60
TC 9	30	30
TC 10	30	30
TC 11	30	30
TC 12	30	30
TC 13	30	30

Fonte: O autor, 2023

O impacto no prazo de entrega dos transportadores devido à readequação de matérias-primas está apresentado na Tabela 7.

Tabela 7- Impacto total em dias corridos no prazo de entrega dos transportadores

Equipamento	Impacto (dias de atraso)
TC 1	143
TC 2	107
TC 3	107
TC 4	107
TC 5	107
TC 6	75
TC 7	70
TC 8	70
TC 9	137
TC 10	137
TC 11	143
TC 12	143
TC 13	128

Fonte: O autor, 2023

O atraso na entrega dos equipamentos trouxe à tona um outro ponto crítico, o descolamento financeiro do projeto. O contrato prevê que o pagamento seja realizado em até 30 dias após o recebimento das estruturas e equipamentos pela mineradora contratante. Mas como demonstrado, os desdobramentos causados na cadeia de suprimentos devido à pandemia de COVID-19 afetaram o planejamento

de entregas dos transportadores. Portanto, houve um reflexo direto no planejamento financeiro do projeto, em um momento de aumento drástico dos custos operacionais e de fabricação, demandando capital de giro adicional.

4.4 Readequação do modo de trabalho

Para conter a pandemia de COVID-19 foi necessário adotar medidas que visavam reduzir a disseminação do vírus, por meio do distanciamento social. Todos os setores da Tecnokor passaram por mudanças estruturais para se adaptarem à realidade. Os colaboradores que trabalhavam nos setores administrativos realizaram a transição para o regime de *home office*. Entretanto, esta transição não ocorreu de forma imediata. Foi necessária a implementação de sistemas de rede capazes de unir os colaboradores em um mesmo ambiente de trabalho. Além disso, surgiu a necessidade da compra de equipamentos e *softwares*, que possuem alto custo associado para viabilizar as tarefas diárias dos diversos setores. A compra destes equipamentos acabou se estendendo mais do que o esperado, já que a cadeia de suprimentos ligada aos setores de tecnologia passava por um momento de desabastecimento. Neste contexto, a transição do regime de trabalho prejudicou a comunicação entre os colaboradores e as empresas que estavam diretamente e indiretamente ligados à Tecnokor. A transição para o regime *home office* causou impactos diretos no prazo de entrega dos equipamentos, como demonstra a Tabela 8.

Tabela 8 - Atraso em dias na transição dos setores administrativos para *home office*

Equipamentos	Tempo de migração para <i>home office</i> (dias)	Tempo adicional para novas metodologias de trabalho (dias)	Improdutividade no <i>home office</i> (dias)	Atraso (dias)
TC 1	15	60	15	90
TC 2	15	0	10	25
TC 3	15	0	10	25
TC 4	15	0	10	25
TC 5	15	0	10	25
TC 6	15	0	10	25
TC 7	15	0	10	25

TC 8	15	0	10	25
TC 9	15	60	25	100
TC 10	15	60	25	100
TC 11	15	60	20	95
TC 12	15	60	20	95
TC 13	15	60	30	105

Fonte: O autor, 2023

O tempo de migração para *home office* causou um impacto negativo em cada um dos equipamentos presentes no escopo do projeto, postergando a data final de entrega em 15 dias. Este tempo, necessário para a mudança do modo de trabalho, considerou a transição do local de trabalho e o tempo para a readequação dos colaboradores. Outro fator determinante na postergação de entrega de alguns transportadores, foi a nova metodologia de trabalho adotada. Foram necessárias implementações de novas metodologias de trabalho para os transportadores 1, 9, 10, 11, 12 e 13, postergando o prazo final de entrega de cada transportador em 60 dias. Essas novas metodologias foram aplicadas devido ao fato de estes equipamentos necessitarem de um novo *software*, que permitisse a integração do projeto mesmo estando em regime remoto. Por fim, outro fator considerado na postergação dos marcos finais de entrega, está ligado à improdutividade no início do regime de *home office*. Esta improdutividade foi causada por diversos fatores ligados à comunicação interna entre os colaboradores da Tecnokor e os colaboradores da empresa contratante, que também estavam no processo de readequação para o regime de trabalho remoto. Ainda neste contexto, vale ressaltar os problemas enfrentados com falhas de conexão e com equipamentos essenciais para as jornadas de trabalho, gerando um impacto de 10 a 30 dias em cada TC.

Além da readequação do trabalho para os setores administrativos, os setores ligados à produção também passaram por readequações. A impossibilidade de trabalho remoto para estes setores levou a uma flexibilização da jornada de trabalho. Os colaboradores pertencentes aos grupos de risco, ou seja, aqueles que possuem idade mais avançada e eventualmente algum tipo de comorbidade, foram afastados até que os órgãos de saúde pública julgassem seguro o retorno às atividades. Além disso, foram criados turnos de horários alternativos para minimizar o contato social entre os colaboradores. Dessa forma, devido aos desdobramentos causados pelo

COVID-19, houve impactos significativos no setor produtivo, mas que não foram mensurados pela Tecnokor até a publicação deste trabalho.

5 CONCLUSÃO

A pandemia de COVID-19 causou implicações significativas nos projetos industriais, afetando toda a cadeia produtiva e resultando em dificuldades e incertezas. A crise sanitária global levou a uma diminuição na demanda por *commodities* minerais, como o minério de ferro, gerando prejuízos no setor. Empresas buscaram reduzir custos e aumentar a produtividade, enfrentando aumentos nos custos de equipamentos e combustíveis. Foi necessária uma reinvenção na dinâmica dos mercados e relações sociais para superar os desafios da pandemia.

Diante dos impactos significativos do aumento do preço do aço na cadeia de suprimentos do projeto, no contexto da pandemia de COVID-19, foram necessárias propostas de reequilíbrio econômico para enfrentar os desafios financeiros decorrentes dessa flutuação abrupta de preços. O aço representa uma parcela substancial dos custos totais do projeto, e o aumento demandou a elaboração de uma proposta comercial complementar para mitigar os impactos. Além disso, a adoção de gatilhos de reajuste futuro atrelados às variações do Índice de Preços ao Produtor Amplo de produtos siderúrgicos (IPA 272 da Fundação Getúlio Vargas) foi uma estratégia adotada para ajustar os preços de acordo com as mudanças no mercado.

Outro desafio enfrentado, diz respeito ao *lead time* dos insumos e matérias-primas para a produção de transportadores de correia. A Tecnokor teve dificuldades em cumprir o cronograma do contrato devido à demora dos fornecedores em entregar os materiais. O não atendimento dos prazos levou à busca de fornecedores alternativos, resultando em processos de homologação e mudanças na engenharia do projeto em andamento. Os atrasos na entrega dos equipamentos resultaram em um impacto financeiro importante, exigindo capital de giro adicional para enfrentar o aumento dos custos operacionais e de fabricação. A necessidade de adaptar-se e buscar soluções ágeis ressaltou a importância da gestão durante a crise pandêmica.

As mudanças no modo de trabalho incluindo a transição para o *home office* ocasionaram problemas de comunicação e atrasos no cronograma dos projetos, com impactos significativos nos prazos finais. Também foram adotadas novas

metodologias de trabalho para alguns transportadores, resultando em atrasos adicionais. Medidas como a flexibilização da jornada e o afastamento de colaboradores de grupos de risco foram implementadas nos setores de produção para reduzir o contato social. No entanto, os impactos totais no setor produtivo ainda não foram mensurados. A pandemia destacou a importância da adaptação e flexibilidade para enfrentar os desafios e cumprir os marcos contratuais em um cenário de incerteza e mudanças constantes.

REFERÊNCIAS

- ANTARES ACOPLAMENTOS. Saiba tudo sobre acoplamentos para alta e para baixa rotação. Disponível em: Disponível em: <https://www.antaresacoplamentos.com.br/blog/acoplamentos-para-alta-e-para-baixa-rotacao-quais-as-diferencas>. Acesso em: 15 jun. 2023.
- ASGCO. PRODUCT CATALOG. Nazareth. p. 60. 2021.
- ASSUNÇÃO, M. V. D. D. *et al.* Resiliência das cadeias de suprimentos brasileira com os impactos da Covid-19. **HOLOS**, v. 5, 2020.
- AZEVEDO, M. *et al.* Lessons from the past: Informing the mining industry's trajectory to the next normal. **McKinsey & Company, Metals & Mining Practice**, p. 1-9, 2020.
- CAMPOS, A. L. **Dimensionamento de um transportador contínuo inclinado de esteira côncava aplicado ao transporte de minério de bauxita considerando aspectos estáticos e dinâmicos**. Monografia (Bacharel em Engenharia Automotiva) - Universidade de Brasília-UnB, Brasília, p. 79. 2013.
- CAXITO, F.; DIAS, T. G. **Recursos minerais de Minas Gerais - FERRO**. Belo Horizonte, p. 34, 2017.
- CEMA, C. E. M. A. **Belt conveyors for bulk materials**. 6. ed. 228 p., 2007.
- ÇETIN, N. Open-pit truck/shovel haulage system simulation. A thesis of the graduate School Of Natural And Applied Sciences Of Middle East Technical University, Turkey, p.116, 2004.
- CONTINENTAL. **Correias transportadoras têxteis**. Disponível em: <https://www.continental-industry.com/pt/solutions/conveyor-belt-systems/material-handling/textile-conveyor-belts>. Acesso em: 20 jul. 2023.
- CONTINENTAL. **Manuseio de materiais**. Disponível em: <https://www.continental-industry.com/pt/solutions/conveyor-belt-systems/material-handling>. Acesso em: 14 jun. 2023.
- D BANU COMERCIAL. Engrenagens para redutores. **DBanu**. Disponível em: <https://www.dbanu.com.br/engrenagens-para-redutores.php>. Acesso em: 15 jun. 2023.
- DIFFENBAUGH, N. S. *et al.* The COVID-19 lockdowns: a window into the Earth System. **Perspectives**, v. 1, p. 470-481, 2020.
- ELETROBRÁS *et al.* **Correias transportadoras - guia básico**. Link Design, v. 1, 180 p., 2009.
- FERNANDES, N. **Economic Effects of Coronavirus Outbreak (Covid-19) on the World Economy**. University of Navarra, IESE Business School. Pamplona, p. 33. 2020.

FERRAZ, P. D. **Estudo de confiabilidade e melhoria de transportadores de correia de calcário em uma fábrica de cimento**. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) - Universidade de Brasília, Brasília, 130 p. 2019.

FLEXCO. TRANSFER CHUTES. **FLEXCO Partners in Productivity**. Disponível em: <https://flexco.in/IN/EN/Flexco/Products/Transfer-Chutes/What-We-ve-Done.htm>. Acesso em: 20 jul. 2023.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS - FGV. FGV IBRE - Instituto brasileiro de economia. **Séries institucionais FGV IBRE**, 2023. Disponível em: <https://extra-ibrev.fgv.br/IBRE/sitefgvdados/default.aspx>. Acesso em: 25 jun. 2023.

GELAI, M. A. **Cálculo dinâmico de transportadores de correia - uma análise comparativa ao cálculo estático corroborada por medições de campo**. Dissertação (Programa de pós-graduação em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, p. 170. 2016.

GROTZINGER, J.; JORDAN, T. **Para Entender a Terra**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman editora LTDA, 2013.

HENAN EXCELLENT MACHINERY CO. EXCT Bulk Material Handling. **Exct mach**. Disponível em: <https://www.exctmach.com/products/spare-parts/conveyor-pulley.html>. Acesso em: 16 jun. 2023.

HENFEL. Acoplamentos hidrodinâmicos. **Henfel**, 2020. Disponível em: <https://www.henfel.com.br/produtos/acoplamentos-hidrodinamicos>. Acesso em: 15 jun. 2023.

HENFEL. Catálogo técnico - Caixas para rolamentos. **Henfel - Soluções para sistemas de acionamentos**, Jaboticabal, São Paulo, 2023.

HENFEL. HDFB. **Henfel**. Disponível em: <https://www.henfel.com.br/produtos/acoplamento-flexivel-hdfb>. Acesso em: 15 jun. 2023.

HMA GROUP. Conveyor Trough Rollers. **hmagrp**, 2023. Disponível em: <https://hmagrp.com/conveyor-trough-rollers/#f5a3580245aeaacde>. Acesso em: 16 jun. 2023.

HUSTRULID, W.; KUCHTA, M. **Open Pit Mine**. Rotterdam: A.A. Balkema Publishers, v. 1, 1995.

IBGE. Pesquisa Industrial Mensal de Produção Física: Brasil (PIM-PF). **Indicadores IBGE**, Rio de Janeiro, 2022.

ILANKOVIĆ, N.; ŽIVANIĆ, D. Fundamentals of Conveyor Belts. **V Međunarodna konferencija**. Belgrado, Sérvia: p. 134-143, 2022.

INSTITUTO AÇO BRASIL. **Relatório de sustentabilidade 2020**. Rio de Janeiro, 62 p. 2020.

INSTITUTO AÇO BRASIL. Mercado Brasileiro do Aço. **Aço Brasil**, Rio de Janeiro, 41 p., 2021.

INSTITUTO AÇO BRASIL. **Mercado Brasileiro do Aço - 2022**. Rio de Janeiro, 43 p. 2022.

IPEA. Macroeconomia ambiental e pandemia. **Carta de conjuntura**, Brasília, 13 p. 13, 2020.

IPEA. Evolução macroeconômica do setor extrativo mineral brasileiro no período 2018-2021: uma análise comparativa entre o período pré-pandêmico e o da pandemia da Covid-19. **Carta de Conjuntura**, 15 p. 2022.

LALL, S. Sucesso e fracasso industrial em um mundo globalizado. **Revista Brasileira de Comércio Exterior**, n. 84, 2005.

LUZ, A. B. D.; LINS, F. A. F. **CETEM - Introdução ao Tratamento de Minérios**. 5. ed. Rio de Janeiro, 2010.

MANUDEC POWER TRANSMISSION AND SPRAG COMPONENTS. Large Conveyor, Low Speed Holdbacks. **Manudec Power transmission and sprag components**. Disponível em: <https://www.manudec.co.za/products/large-conveyor-low-speed-holdbacks>. Acesso em: 15 jun. 2023.

MARTINS, G. D. A. **Estudo de Caso uma estratégia de pesquisa**. 2. ed. São Paulo: Atlas S.A., v. 1, 2008.

MAXBOR. Chapas de Desgaste. **sp brasil borrachas**. Disponível em: <https://www.spbrasilborrachas.com.br/chapa-de-desgaste>. Acesso em: 21 jun. 2023.

MENDES, J. C.; GANDINI, M. L. T. **TCC é bom**. 1. ed. Ouro Preto: UFOP, 2018.

MERCÚRIO S/A. **Manual de correias transportadoras e emendas**. São Paulo: Editora Schoba, 186 p., 2022.

MONFERRATO. Ferro Fundido Branco e Aços-Manganês - Conheça os materiais mais resistentes. **Monferrato**. Disponível em: <https://monferrato.com.br/ferro-fundido-acos-conheca-os-materiais-mais-resistentes/>. Acesso em: 21 jun. 2023.

MOURA, A. C. A. D. *et al.* **Manual de inspeção e manutenção de correias transportadoras e seus periféricos**. Vitória: Bios, 2011.

NETO, R. B. G. Impactos dacovid-19 sobre a economia mundial. **Boletim de Conjuntura**, v. 2, n. 5, p.113-127, 2020.

NSK BRASIL LTDA. Rolamentos, São Paulo, p. 557, 2013.

OCDE. OECD Economic Outlook. **OECD iLibrary**, 2020. Disponível em: https://www.oecd-ilibrary.org/economics/oecd-economic-outlook/volume-2020/issue-1_34ffc900-en. Acesso em: 28 jun. 2023.

PANG, Y. **Intelligent Belt Conveyor Monitoring and Control**. Technische Universiteit Delft. Netherlands, p. 196. 2010.

PLACADUR. **Placadur**. Disponível em: <https://placadur.com.br/#solucoes>. Acesso em: 21 jun. 2023.

RIBEIRO, B. G. C.; SOUSA, W. T. D.; LUZ, J. A. M. D. Feasibility project for implementation of conveyor belts in an iron ore mine. Study case: Fabrica Mine in Minas Gerais State, Brazil. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 69, p. 79-83, 2016.

ROBERTS, D. L.; ROSSMAN, J. S.; JARIC, I. Dating first cases of COVID-19. **Plos Pathogens**, 2021.

S&P GLOBAL. Produtos essenciais. **S&P Global Commodity insights**, 2022. Disponível em: <https://www.spglobal.com/commodityinsights/pt/commodities/metals>. Acesso em: 28 jun. 2023.

SACRAMENTO, R. C. F. **Apostila de Transportadores de Correia**. Universidade Federal da Bahia - UFBA. Salvador, p. 20-47. 2010.

SOUSA, J. C. D. C. *et al.* Description of the IPCC mining process and analysis of the profile of productivity losses applied by a mining company in northern Brazil. **Research Square**, p. 1-25, 2022.

SOUZA, A. H. D. *et al.* Mineralogical Characterization Applied to Iron Ore Tailings from the Desliming Stage with Emphasis on Quantitative Electron Microscopy (QEM). **Material Research**, n. 24, v. 3, p. 1-8, 2020.

SVENDBORG BRAKES. Advanced Braking Technologies for Mining Conveyors. **Engineering & Mining Journal**, p. 8, 2015.

SWAFFORD, P. M.; GHOSH, S.; MURTHY, N. The antecedents of supply chain agility of a firm: Scale development and model testing. **Journal of Operations Management**, p. 170-188, 2006.

SWINDERMAN, R. T. *et al.* **Foundations - Guia prático para um controle mais limpo, seguro e produtivo de pó e material a granel**. 4. ed. Neponset, Illinois: Martin Engineering LTDA, 2009.

TERRANOVA. Correia para Esteira Transportadora. **Terranova distribuidora**. Disponível em: <https://www.terravadistribuidora.com.br/correia-para-esteira-transportadora.php>. Acesso em: 14 jun. 2023.

TORRES, V. F. N. *et al.* A Mine-to-Crusher Model to Minimize Costs at a Truckless Open-Pit Iron Mine in Brazil. **MDPI**, v. 12, n. 1037, p. 12, 2022.

WANG, Y. *et al.* Cascading impacts of global metal mining on climate change and human health caused by COVID-19 pandemic. **Resources, Conservation & Recycling**, p. 1-10, 2023.

WEG. Coaxial WCG20. **WEG**. Disponível em: https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Redutores-de-Velocidade/Motorredutores/Coaxial-WCG20/Coaxial-WCG20/p/MKT_WMO_BR_GEARED MOTOR_COAXIAL_WCG20. Acesso em: 15 jun. 2023.

ZU, Z. Y. *et al.* Coronavirus Disease 2019 (COVID-19): A Perspective from China. **Radiology**, p. 1-11, 2020.