



UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA
FERNANDO DA SILVA FURGHESTTI

**PERA FERROVIÁRIA: UMA OBRA ESSENCIAL PARA O DESENVOLVIMENTO
DA OPERAÇÃO FERROVIÁRIA**

Tubarão
2021

FERNANDO DA SILVA FURGHESTTI

**PERA FERROVIÁRIA: UMA OBRA ESSENCIAL PARA O DESENVOLVIMENTO
DA OPERAÇÃO FERROVIÁRIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Gercino Preve, Esp.

Tubarão

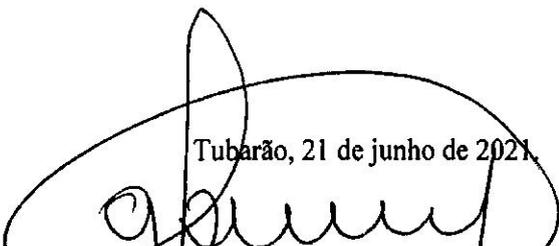
2021

FERNANDO DA SILVA FURGHESTII

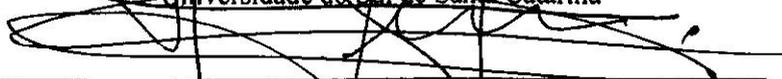
**PERA FERROVIÁRIA: UMA OBRA ESSENCIAL PARA O DESENVOLVIMENTO
DA OPERAÇÃO FERROVIÁRIA**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Engenheiro Civil e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Tubarão, 21 de junho de 2021.



Professor e orientador Gercino Preve, Engenheiro Agrimensor e Esp.
Universidade do Sul de Santa Catarina



Prof. Waller Olivier Alves, Engenheiro Civil e Esp.
Universidade do Sul de Santa Catarina



Benony Schmitz Filho, Engenheiro Civil.
Diretor da Ferrovia Tereza Cristina

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço aos professores que estão no meu lado nesta jornada, meu orientador Gercino Preve e os professores Rennan Medeiros e Lucimara Andrade, pelos ensinamentos e contribuições.

Aos colaboradores da Ferrovia Tereza Cristina e Railfer pelos materiais disponibilizados para compor o trabalho de conclusão de curso.

Aos meus pais, Geraldo Furghestti e Mara, por serem os grandes incentivadores dos meus estudos. Por me darem todo o apoio e suporte necessário para conquistar meus objetivos.

A minha namorada, Júlia Acco, pelo apoio e compreensão perante as dificuldades no decorrer do desenvolvimento do trabalho e, também, por toda ajuda que ofereceu para que eu fosse capaz de concluí-lo.

Por fim, a Deus, por iluminar o meu caminho e me dar forças para olhar sempre à frente.

“Nenhuma Engenharia constrói caráter, mas com caráter se faz os melhores engenheiros.” (Jordan Lucas).

RESUMO

A Estrada de Ferro Dona Tereza Cristina, construída pelos ingleses em 1880, hoje privatizada e operada pela Ferrovia Tereza Cristina S.A., é a ferrovia sul catarinense. Seu objetivo inicial era o transporte de carvão das carboníferas para o porto de Imbituba. Depois de 100 anos de ferrovia, ela continua com sua finalidade inicial, mas hoje, também, transporta carvão para a Usina Termoelétrica Jorge Lacerda em Capivari de Baixo, além do transporte de contêineres do porto de Imbituba com destino a Criciúma. Todos os municípios localizam-se em Santa Catarina. Neste trabalho será apresentada a construção da pera ferroviária, obra que foi construída no Porto de Imbituba, realizada pela Ferrovia Tereza Cristina no ano de 2020, com o intuito de mudar a direção da locomotiva e, assim, facilitar sua manobra. Nesse sentido, há mais segurança para transportar contêineres para o Terminal Intermodal (TIS), localizado em Criciúma e, ainda, a carga para seu destino final via transporte rodoviário. O empreendimento tem aproximadamente 440 metros de comprimento e liga a linha principal a um desvio de carregamento de contêineres, formando a pera ferrovia, a qual possibilita a manobra da locomotiva.

Palavras-chave: Pera ferroviária. Ferrovia. Estudo de caso.

ABSTRACT

The Estrada de Ferro Dona Tereza Cristina, built by the English in 1880, today privatized and operated by Ferrovia Tereza Cristina S.A., is a railway in the south of Santa Catarina. Its initial objective was to transport coal from coal companies to the port of Imbituba. After 100 years of railway, it continues with this function, but today it also transports coal to the Jorge Lacerda Thermoelectric Plant in Capivari de Baixo and transports containers from the port of Imbituba to Criciúma. All these cities are located in Santa Catarina. This work will present the construction of a loop line, a work that was built at the Port of Imbituba, performed by Ferrovia Tereza Cristina in 2020, in order to change the direction of the locomotive and then facilitate its maneuvers. Therefore, it is safer to transport containers to the Intermodal Terminal, located in Criciúma, and also the cargo to its final destination by road transport. The enterprise is approximately 440 meters long and connects the main line to a container loading diversion, that forms the loop line and enables the maneuver of the locomotive.

Keywords: Loop line. Railway. Case study.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Malha ferroviária brasileira	14
Figura 2 - Infraestrutura e superestrutura	17
Figura 3 - Composição da via férrea	18
Figura 4 - Tipos diversos de perfis transversais de lastros	19
Figura 5 - Trilho Vignol	20
Figura 6 - Aparelho de mudança de via, dimensionado para bitola métrica	20
Figura 7 - Tala de junção apoiada e em balanço	21
Figura 8 - Bitola ferroviária.....	22
Figura 9 - Curva circular	23
Figura 10 - Curva de transição e sua superelevação.....	25
Figura 11 - Pera ferroviária	27
Figura 12 - Triângulo de reversão	28
Figura 13 - Girador semicircular e circular	29
Figura 14 - Fluxograma: Diagrama de Gantt.....	31
Figura 15 - Projeto de ampliação do Porto de Imbituba.....	33
Figura 16 - Projeto pera ferroviária	34
Figura 17 - Seção transversal pera ferroviária.....	35
Figura 18 - Passagem em nível.....	35
Figura 19 - Cronograma previsto.....	37
Figura 20 - Cronograma realizado.....	39
Figura 21 - Contenção de dormentes	40
Figura 22 - Instalação de calhas para drenagem.....	40
Figura 23 - Instalação das sinalizações ativas nas PN.....	41
Figura 24 - Composição realizando manobra 1 no desvio de Imbituba	43
Figura 25 - Projeto de ampliação do Porto de Imbituba, desvio 1	49
Figura 26 - Projeto de ampliação do Porto de Imbituba, desvio 1	49
Figura 27 - Projeto de ampliação do Porto de Imbituba, desvio 1	50
Figura 28 - Projeto Pera Ferroviária	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

FTC – Ferrovia Tereza Cristina

ANTF – Associação Nacional de Transportes Ferroviários

RFSA – Rede Ferroviária Federal S/A

AMV – Aparelho de Mudança de Via

PN – Passagem em Nível

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
1.1	JUSTIFICATIVA	11
1.2	OBJETIVO	12
1.2.1	Objetivo geral	12
1.2.2	Objetivos específicos	12
2	REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1	IMPORTÂNCIA DA FERROVIA	13
2.2	FERROVIA TEREZA CRISTINA E SUA HISTÓRIA.....	15
2.3	LINHA FÉRREA.....	16
2.3.1	Infraestrutura	16
2.3.2	Superestrutura.....	17
2.3.3	Lastro.....	18
2.3.4	Dormente.....	19
2.3.5	Trilho.....	19
2.3.6	Acessórios da linha	20
2.4	GEOMETRIA DA VIA PERMANENTE	22
2.4.1	Bitola.....	22
2.4.2	Curvas	23
2.4.3	Superelevação	24
2.5	ESFORÇOS NA ESTRUTURA DA VIA PERMANENTE	25
2.5.1	Esforços longitudinais	25
2.5.2	Esforços verticais.....	26
2.5.3	Esforços transversais.....	26
2.6	MANOBRAS FERROVIÁRIAS.....	27
2.6.1	Pera ferroviária	27
2.6.2	Triângulo de reversão	28
2.6.3	Giradores ou balanças	28
3	METODOLOGIA.....	30
4	PROJETO DE AMPLIAÇÃO DO PORTO.....	32
4.1	EXECUÇÃO DA OBRA	33
4.2	CRONOGRAMA.....	36
4.2.1	Cronograma previsto	36

4.2.2 Cronograma realizado	38
5 ANÁLISE DOS RESULTADOS	42
5.1 ESCOLHA DA MANOBRA.....	42
5.2 IMPACTOS DA OBRA	42
5.3 SEGURANÇA.....	44
5.4 ECONOMIA.....	44
6 CONCLUSÃO.....	45
REFERÊNCIAS	47
ANEXO A – Projeto de ampliação do porto de imbituba, desvio 1.....	49

1 INTRODUÇÃO

A ferrovia foi e continua sendo um fator de progresso social, econômico e de grande importância para determinadas regiões. Historicamente, o Brasil evoluiu a passos muito lentos no que diz respeito às ferrovias e ao trem.

Segundo Borges Neto (2012, p. 25), “No Brasil, a grande vocação das ferrovias, é o transporte de cargas com elevada concentração, principalmente, graneis produtos siderúrgicos e cargas unitizadas (contêineres).”

No início do século XX, o modal ferroviário tinha extrema relevância para o transporte no Brasil, em especial no que tange ao traslado de mercadorias.

Ao longo das décadas, o país investiu pouco nas ferrovias, deixando-as em situações precárias e as poucas existentes tiveram grandes dificuldades para se desenvolverem. Grande parte dos investimentos foram aplicados nas rodovias, devido à política da época.

No século XXI, com a volta dos estímulos ao setor ferroviário, o Brasil tende a alcançar um novo marco no desenvolvimento do setor, aumentando sua malha ferroviária em todos os sentidos do país e voltando seu foco para o transporte de mercadorias. A maior parte do que transporta é material siderúrgico, como ferro e manganês e, também, produtos como soja, milho e açúcar que representam apenas 18% da carga transportada por vias férreas, embora sejam os produtos que o país mais exporta.

Este trabalho traz o estudo de caso da obra Pera ferroviária, realizada na malha da Ferrovia Tereza Cristina - FTC junto à empresa SCPAR - Porto de Imbituba, no município de Imbituba, localizado no sul de Santa Catarina.

1.1 JUSTIFICATIVA

A partir da oportunidade de estagiar na área da engenharia ferroviária na empresa FTC e aprendendo um pouco mais desse ramo da engenharia que pouco é explorado no curso de graduação de engenharia civil e considerado uma das áreas com um grande futuro promissor no país, este trabalho tem o intuito de expor a importância desse modal para a evolução e desenvolvimento do transporte terrestre, dos tipos de materiais que podem ser empregados na construção de uma linha férrea e execução de obras da área.

Nesse sentido, procura-se abordar as vivências na área ferroviária, pois no período de estagiário na empresa Railfer, empresa parceira da Ferrovia Tereza Cristina, surgiu a

oportunidade de acompanhar desenvolvimento de projetos, execução dos mesmos e manutenção da via permanente.

No ano de 2020, a FTC junto a suas empresas parceiras e a SCPAR- Porto de Imbituba - realizaram a construção da primeira etapa de ampliação da malha ferroviária no pátio do porto de Imbituba, construindo a Pera ferroviária, manobra utilizada para mudar a direção do material rodante, sendo essa a primeira parte do projeto e que, futuramente, será ampliada, indo até o pátio de contêineres da empresa Santos Brasil e um desvio, podendo, assim, melhorar a movimentação de contêineres do porto.

Após acompanhar a primeira parte da ampliação no pátio do porto, desde a elaboração de projeto, a locação da obra, a execução dos serviços para compor a linha férrea até sua etapa final estar pronta, depara-se com alguns questionamentos: Como foi selecionado o tipo de manobra que será utilizado? O quanto essa obra irá impactar no porto de Imbituba, na comunidade de Imbituba e para a empresa FTC? Com base no que se experienciou dessa realidade e feitas análises do tempo e da distância que a locomotiva tem que percorrer para realizar a manobra devido à falta de opção de manobra internas no pátio do porto de Imbituba, justifica-se a questão-problema deste trabalho: por que a Pera ferroviária seria a opção ideal de manobra neste trecho de ampliação do pátio do porto de Imbituba?

1.2 OBJETIVO

1.2.1 Objetivo geral

- Analisar qual opção de manobra ferroviária melhor se adéqua para a obra de ampliação do pátio do porto de Imbituba.

1.2.2 Objetivos específicos

E como objetivos específicos, delinea-se:

- realizar o levantamento dos principais tipos de manobras ferroviárias;
- expor as vantagens desse tipo de manobra selecionada para a obra;
- explicar o projeto com as fases da construção da manobra ferroviária.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 IMPORTÂNCIA DA FERROVIA

Por mais de 50 anos, as ferrovias do Brasil deixaram de receber estímulos e investimento, sempre apresentando os mesmos argumentos, ou seja, o custo de sua construção é muito elevado.

De acordo com Amaral (1957, p. 2):

O fato de possuímos somente 37000 quilômetros de linhas férreas em várias bitolas, algumas em condições técnicas precárias, deve ser atribuído a causas políticas e econômicas alheias aos projetos, proposições e pareceres da engenharia ferroviária.

De acordo com Nabais (2014), o auge do Brasil em ter a maior extensão de linha ferroviária foi em 1958, com 37967 quilômetros de linha férrea espalhadas pelo território nacional.

Hoje, em pleno século XXI, tem-se menos linhas férreas que há 50 anos, são 29320 quilômetros de linhas pelo país. Um dos grandes fatores de vivermos essa realidade de ferrovias atrasadas no país foi devido aos investimentos no setor rodoviário na época do Presidente Juscelino Kubitschek, no seu plano “50 anos em 5”, assim, os trilhos foram perdendo espaço, deixando de lado as ferrovias e priorizando o desenvolvimento das rodovias no país, pois, com o tempo necessário para construir uma linha férrea, poderia ser construído rodovias algumas vezes maior.

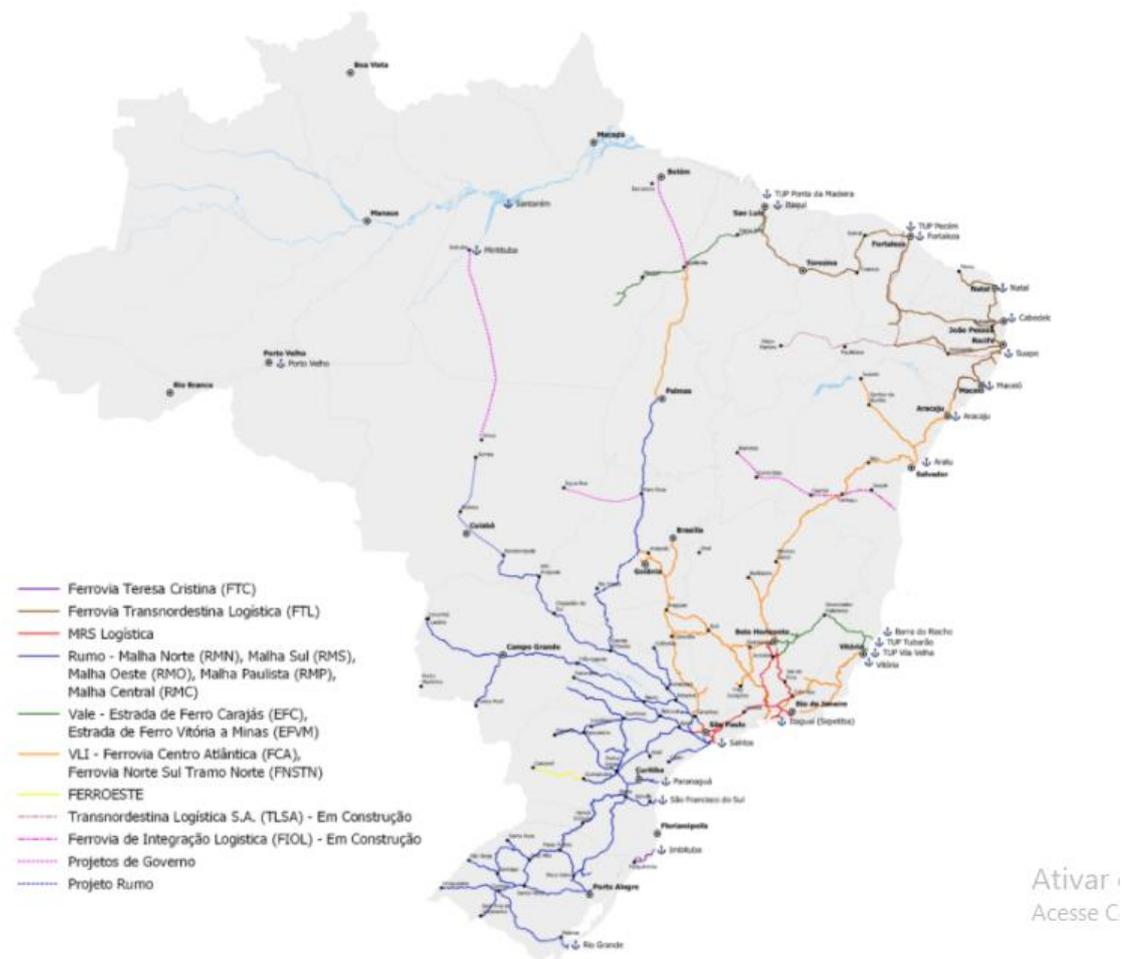
Segundo Santos (2011, p. 3), “As ferrovias abriram as portas do mundo ao comércio e colonização”. O modal ferroviário atua em dois tipos de transportes: cargas e passageiros. Uma das grandes vantagens do modal ferroviário é ter a sua via exclusiva, além de possuir uma capacidade gigantesca de locomoção de carga, podendo levar cerca de quatro vezes a carga de um transporte rodoviário.

As ferrovias transportam cargas que, em sua maioria, são matéria-prima para aparatos básicos da sobrevivência humana, por isso, elas têm forte participação tanto na economia nacional quanto mundial, conseqüentemente, tornam o mercado brasileiro mais competitivo.

Ter mais e melhores ferrovias pelo país ajudaria muito a diminuir as sobrecargas em transportes rodoviários, não apenas rodoviários, mas de toda forma modal. Recentemente, o Governo Federal comunicou que irá fazer um investimento em ferrovias para melhorar o escoamento da produção. Atualmente, o modo ferroviário corresponde a 15% da matriz de

transporte brasileira, mas o objetivo é chegar a 30% nos próximos 10 anos, ou seja, duplicar a malha ferroviária do país. Dessa forma, reduz-se o custo do transporte e melhora a eficiência logística do agronegócio que, hoje, depende basicamente do modal rodoviário. A ideia, em médio e longo prazo, é conectar as ferrovias aos portos brasileiros.

Figura 1 - Malha ferroviária brasileira



Fonte: ANTF.

De acordo com a ANTF – Associação Nacional de Transportes Ferroviários, com 29.320 km, as ferrovias das empresas associadas conectam o Quadrilátero Ferrífero, conforme mostra a figura 1, no sul de Minas Gerais e outros centros de mineração e siderurgia, além dos maiores polos industriais e áreas agrícolas do país, especialmente da Região Centro-Oeste, aos mais importantes portos brasileiros, entre eles, de Santos, no estado de São Paulo, de Itaquí, no Maranhão, Vitória, no Espírito Santo, e o do Rio de Janeiro.

2.2 FERROVIA TEREZA CRISTINA E SUA HISTÓRIA

Na Inglaterra, nas décadas de 80 e 90 do século XIX, era fácil levantar dinheiro para construção e operação de uma ferrovia no Brasil, mas não para uma mina de carvão, porque os britânicos não tinham uma experiência prévia com este tipo de investimento. Daí resultou que a ferrovia foi financiada e construída, porém a mineradora de carvão foi subcapitalizada, o que a levou a falência prematura e a remoção da razão de ser da ferrovia, que fora concebida para o transporte de mineral (TEIXEIRA, 2011, p. 14).

Com a concessão da ferrovia autorizada a Visconde de Barbacena em 1878, a estrada de ferro Donna Thereza Christina foi construída, entre 1880 a 1884, por empresas inglesas, mas com mão de obra de moradores da colônia de imigrantes italianos. O objetivo era levar o material das carboníferas da região de Tubarão e Lauro Miller para os portos de Laguna e Imbituba, porém só teve sua conclusão depois dos anos de 1900, devido a enchente que aconteceu em 1887 no rio Tubarão que danificou grande parte do trecho e algumas obras de arte, aliado à má qualidade do carvão, como mostrou os ensaios realizados na época tanto no Brasil quanto nas amostras levadas para a Europa. Assim, foi necessário fazer um investimento de um lavadora para poder limpar o carvão de suas impurezas e, posteriormente, transportá-lo e comercializá-lo.

A estrada de ferro construída em 1884 possuía uma linha tronco que inicia em Imbituba até as carboníferas de Tubarão e Lauro Miller, de 111.040 metros, tendo uma ramal Bifurcação-Laguna de 7.056 metros, sendo uma linha férrea de bitola métrica. Mais tarde, foi construído um trecho de linha de Tubarão a Araranguá, com mais 91.850 metros de linha férrea. Sua construção foi dividida em dois trechos: 56.550 metros até a cidade de Criciúma e 35.300 metros até Araranguá. Em 1919, mais um ramal foi feito, ligando Esplanada até Urussanga, tendo 22.800 metros de comprimento. Por fim, fez-se o último ramal da estrada de ferro, o ramal Treviso. De acordo com Zumblick (1987), com um desenvolvimento de 14.400 metros foi aprovado em 1942, mas só teve início em 1943, neste ramal, o único túnel da via férrea, com a extensão de 338,45 metros. Os sub-ramais de Mina do Mato, numa extensão de 4.680 metros, iniciou-se em 1946 e foi concluído em 1947, e o outro de Mina União, de menor extensão, media 2.549 metros e foi construído no mesmo período (ZUMBLICK, 1987, p. 91).

Em 1957, a Teresa Cristina, integrada RFFSA – REDE FERROVIÁRIA FEDERAL S/A, inaugurou um novo ciclo em sua existência. Nesta época, a Estrada de Ferro Dona Teresa Cristina, com sede em Tubarão, possuía 264 km de linhas principais e ramais, com 37

locomotivas a vapor, 37 carros, 996 vagões de carga e outros diversos. A Rede Ferroviária Federal S.A., RFFSA, foi criada em 1957 pela consolidação de 18 ferrovias regionais, uma sociedade de economia mista, controlada pelo Governo Federal, vinculada ao Ministério dos Transportes.

Entre os anos de 1996 e 1998 foi realizado o processo para privatização desse setor de transporte de carga e em 1999 a RFFSA foi dissolvida e liquidada, iniciando o processo de extinção. Os ativos operacionais, locomotivas, vagões e outros bens vinculados à operação ferroviária foram arrendadas as concessionárias (REFER).

Segundo Teixeira (2011), o dia 1º de fevereiro de 1997 marcou uma nova etapa na história da estrada de ferro. Nesta data, assumiu a nova administração da ferrovia, constituída sobre o desígnio privado, com o nome de Ferrovia Tereza Cristina S.A. O título tem como intuito modernizar e caracterizar a nova imagem da empresa, preservando a homenagem que Visconde de Barbacena fez a D. Pedro II ao batizar a ferrovia com o nome da esposa do imperador (TEIXEIRA, 2011).

2.3 LINHA FÉRREA

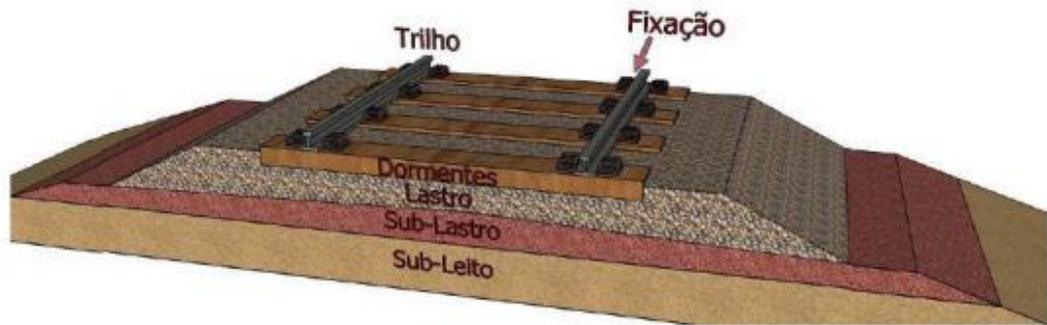
A linha férrea é denominada como conjunto de elementos e camadas que possibilitam a passagem do material rodante. As camadas são divididas em dois grupos: a infraestrutura e superestrutura.

2.3.1 Infraestrutura

De acordo com Amaral (1957, p. 139), constitui a infraestrutura a plataforma ou leito de estrada e a sua construção abrange duas operações principais, isto é, terraplanagem e obras de arte. O movimento de terras ou a terraplanagem compreende a escavação de cortes, transporte de terras, sobras ou bota-foras.

A construção de obras de arte envolve obras de arte correntes e obras de arte específicas, sendo as primeiras de solução tipo, como muros de arrimo, bueiros e pontilhões e referindo-se os últimos a realizações que exigem estudos e projetos peculiares a cada caso, como pontes, passagens superiores e inferiores, viadutos, túneis. (AMARAL, 1957, p. 139). A figura 2 ilustra a infraestrutura e superestrutura:

Figura 2 - Infraestrutura e superestrutura



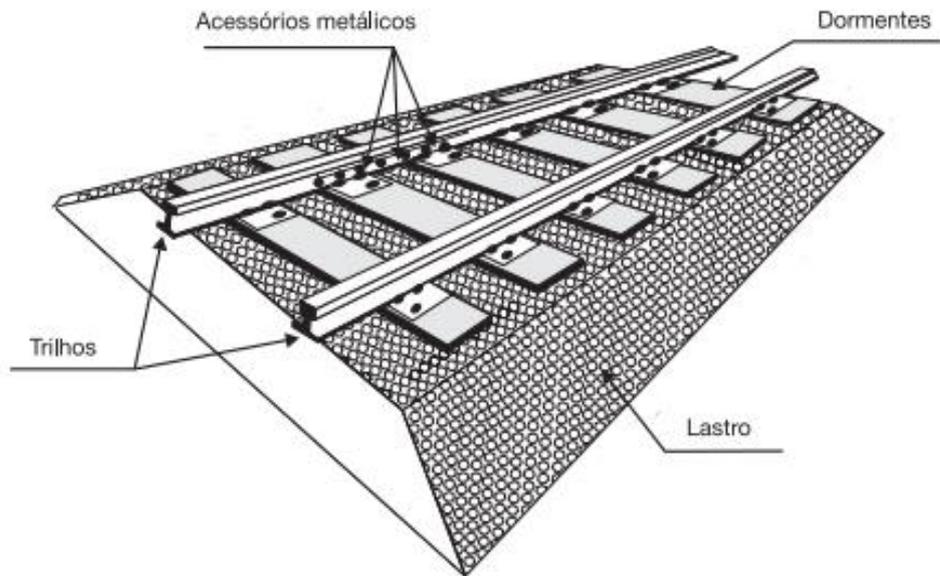
Fonte: Vale, 2013, p. 228.

2.3.2 Superestrutura

Segundo Amaral (1957, p. 138), a superestrutura, apoiada na infraestrutura, consiste num conjunto de elementos que formam a via permanente, isto é, o lastro, dormente, placas de apoio, trilhos, marcos quilométricos, aparelho de mudança de via (AMV), talas de junção, grampos, retensores, também, constitui em superestruturas, instalações complementares que completam a estrada de ferro, como estações, moradias para empregados, armazém, usinas, depósitos, instalações hidráulicas e elétricas, entre outros.

A superestrutura pode ser classificada como rígida ou elástica, sendo rígida quando a fixação dos trilhos ou dormentes é efetuada diretamente em lajes de concreto, ou elástica, quando é utilizado o lastro para dissipar e distribuir convenientemente os esforços advindos do material rodante para a plataforma (NABAIS, 2014), conforme mostra a figura 3:

Figura 3 - Composição da via férrea



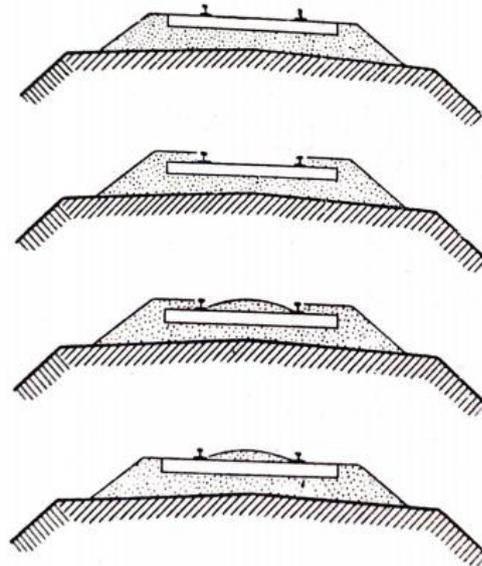
Fonte: Steffler, 2013, p. 18.

2.3.3 Lastro

A função do lastro consiste em distribuir a carga aplicada aos dormentes sobre uma superfície maior da infraestrutura; proporcionar aos dormentes um apoio firme e durável, que no sentido vertical contra as cargas móveis e no sentido horizontal contra o deslocamento da linha, especialmente nas curvas, tendo como função o escoamento da água e oferecendo elasticidade ao leito da linha (AMARAL, 1957).

A espessura do lastro deve ser suficiente para o assentamento sólido dos dormentes e para que a infraestrutura não sofra pressões desiguais. A FTC constrói o lastro de brita graduada nº 4, conforme mostra a figura 4:

Figura 4 - Tipos diversos de perfis transversais de lastros



Fonte: Amaral, 1957, p. 90.

2.3.4 Dormente

De acordo com Steffler (2013, p. 11), os dormentes são as vigas transversais responsáveis por oferecer suporte ao trilho e pela transmissão dos esforços para o lastro, além de fixar os trilhos, mantendo a bitola da linha. A colocação dos dormentes deve ser feita perpendicularmente ao eixo da linha. Os tipos de dormentes mais usados são os de madeiras, metálicos, polímeros (plástico) e concreto armado, com sua durabilidade podendo passar dos 30 anos.

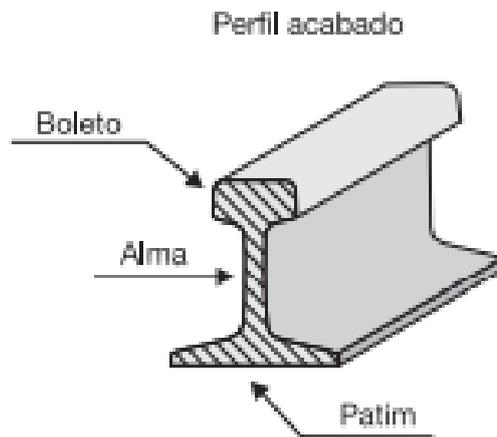
A FTC, por ter bitola métrica, usa, por norma ABNT NBR 7511:2013, dormentes de madeira, com medidas de 2,00 m de comprimento, 0,22 m de largura e 0,16 m de altura na sua linha principal, tendo dimensões diferentes para pontes e obras de arte específicas.

2.3.5 Trilho

O trilho do tipo Vignole é o mais utilizado nas Américas e no setor ferroviário, constituído pelo patim ou base, alma e boleto, é nomeado pela relação peso por metro (kg/m), sendo comercializado em barras de 12 ou 18 metros de comprimento. Na sua composição, é feito de aço misturado com carbono, manganês e silício, podendo ter fósforo e enxofre, dependendo de sua fabricação. A linha férrea da FTC possui trilhos TR 45 na sua linha

principal e nos seus ramais e desvios trilhos TR 37, de acordo com a ABNT NBR 7590:2012 – Trilho Vignole. A figura 5 ilustra o trilho Vignol:

Figura 5 - Trilho Vignol



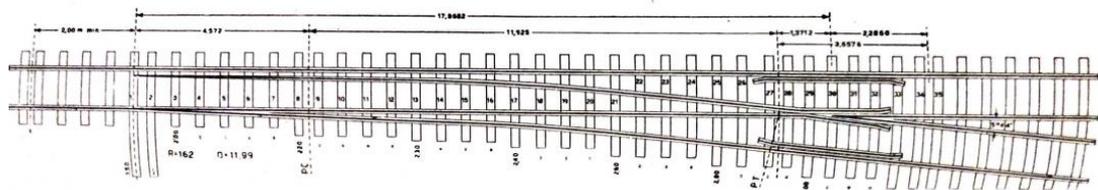
Fonte: Steffler, 2013, p. 35.

2.3.6 Acessórios da linha

2.3.6.1 Aparelho de mudança de via – AMV

Segundo Amaral (1957), compõe-se o aparelho de mudança de via em duas partes principais: o coração ou jacaré que constitui o cruzamento propriamente dito e a agulha ou lança que é móvel e realiza a mudança de uma para outra linha. Completam o aparelho os trilhos de ligação, os de encosto, os contratrilhos e a caixa de manobra, conforme mostra figura 6:

Figura 6 - Aparelho de mudança de via, dimensionado para bitola métrica



Fonte: Amaral, 1957, p. 309.

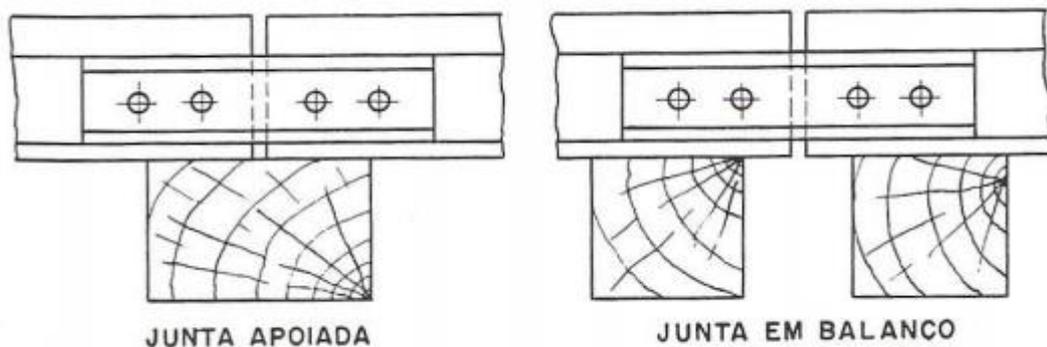
2.3.6.2 Tiferundos e grampos

A fixação dos trilhos nos dormentes é realizada por meio de grampos ou tirefundos, utilizando-se a marreta para aplicar os grampos e para tirefundos usa uma chave específica de forma manual ou podendo ser mecanizado utilizando a tirefunadeira (AMARAL, 1957).

2.3.6.3 Tala de junção

A função das talas de junção consiste em unir duas barras de trilho, impedindo que aconteça movimento transversal e vertical dos trilhos um sobre o outro, assim, mantendo o alinhamento. A sua aplicação é realizada colocando um par de talas no local da junção, sendo uma em cada lado do trilho, apertadas através de parafusos tipo cabeça de botão apertado por uma porca (AMARAL,1957). Segue a figura 7:

Figura 7 - Tala de junção apoiada e em balanço



Fonte: Schramm, 1974.

2.3.6.4 Placa de apoio

As placas de apoio são peças de apoio para o trilho, podendo ser de metal ou plástico, para dormente de madeira ou polímero e para dormente de concreto, respectivamente. Elas são fixadas no dormente através de tirefundos, ampliando a resistência transversal do trilho e prolongando a durabilidade tanto do dormente quanto do trilho (AMARAL, 1957).

2.4 GEOMETRIA DA VIA PERMANENTE

A geometria da via permanente é um fator fundamental para o desempenho de uma ferrovia, pois está correlacionada diretamente com a velocidade máxima autorizada da via (VMA). Nela os aspectos altimétricos são analisados em perfil, sendo o nivelamento longitudinal, já os aspectos planimétricos são analisados em planta, sendo resumido ao alinhamento, nivelamento transversal, bitola da via e superelevação (NABAIS, 2014).

De acordo com Nabais (2014), cada ferrovia deve estabelecer os critérios e tolerância para os defeitos de geometria de via seguindo as recomendações da norma técnica em vigor, que no Brasil é representada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 16387:2016 Via Férrea Classificação de Vias.

2.4.1 Bitola

Bitola da via permanente é a distância que separa as faces internas dos boletos dos trilhos, de acordo com a ilustração da figura 8. A linha de bitola teórica na face interna do boleto paralela, que se origina em um ponto situado a 16 mm de distância da parte superior do boleto do trilho (STEFFLER, 2013).

Figura 8 - Bitola ferroviária



Fonte: Steffler, 2013, p. 68.

Na história das ferrovias, no decorrer da evolução das estradas de ferro, surgiram dezenas de tamanhos de bitola que convergiram essencialmente nas três mais utilizadas hoje:

- Bitola métrica: 1000 mm
- Bitola standard: 1435 mm

- Bitola larga: 1600 mm

2.4.2 Curvas

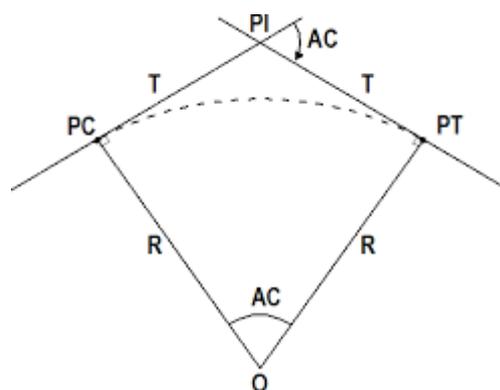
As curvas são os elementos de concordância que interligam duas tangentes, elas necessitam de uma atenção especial nos projetos, pois, quando seus elementos não estão em acordo, sérios problemas podem ocorrer na circulação dos trens.

Na linha férrea a curva tem por finalidade imprimir aos trens alterações no sentido de sua trajetória, isto é, imprimir à trajetória do material rodante uma rotação em torno de um eixo perpendicular (SCHRAMM, 1974, p. 37).

2.4.2.1 Curva circular

De acordo com Schramm (1974), a curva circular tem grande importância para a geometria da via permanente, pois a sua superelevação prática da curva deve apresentar-se proporcional, de tal modo que a curva, com a invariável curvatura, seja, também, simultaneamente a curva com a superelevação invariável, ou seja, mantendo seu raio e superelevação constante durante a curva. Segue a figura 9:

Figura 9 - Curva circular



Fonte: Viana, 2019.

2.4.2.2 Curva de transição

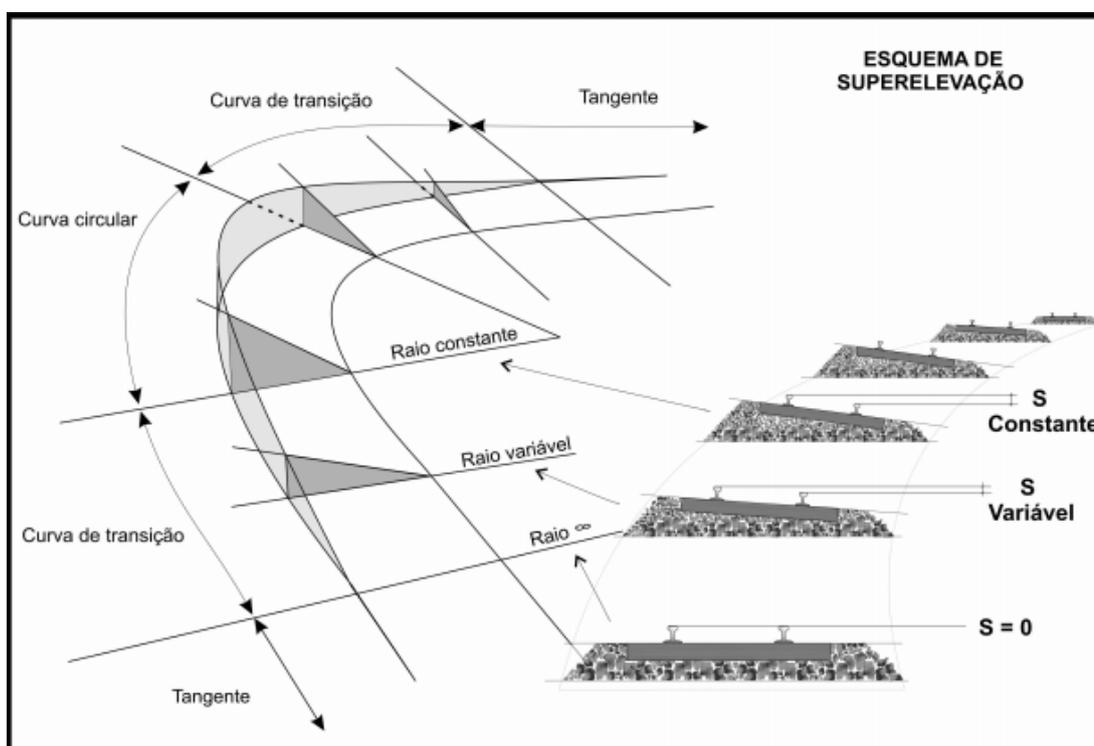
Quando um trem passa de um trecho em tangente para um trecho em curva circular, uma mudança bruta de força centrífuga atuante ocorrerá, a qual é capaz de desestabilizar o material rodante, além de causar desconforto aos passageiros. Para evitar essa mudança bruta da força centrífuga, é utilizada a curva de transição, que, além de oferecer uma passagem gradual do raio de curvatura do infinito até o raio da curva circular, também permite que a superelevação seja alcançada de forma gradual, variando de nula até a superelevação máxima. Dessa forma, os objetivos principais das curvas de transição são de garantir uma transição suave entre o raio de curvatura, das forças centrífugas e da superelevação.

2.4.3 Superelevação

Para a descrição segura do veículo em curvas, a existência de superelevação é necessária no trilho externo de uma curva para compensar os efeitos da força centrífuga, equilibrando a distribuição de cargas das rodas dos veículos ferroviários sobre os trilhos e, em alguns casos, podendo ser contributiva do acidente, dependendo da maneira como se apresenta.

A superelevação não é necessária em tangentes em qualquer via férrea que seja, pois, em tangentes, a força centrífuga é nula, portanto, o nivelamento em tangentes deve ser parametrizado, porque causa o efeito de sobre pressão no trilho mais baixo e subpressão no trilho mais alto, que pode acarretar em descarrilamento da roda (STEFFLER, 2013). Na sequência, a figura 10 mostra do que se tratou:

Figura 10 - Curva de transição e sua superelevação



Fonte: Magalhães, 2006, p. 29.

2.5 ESFORÇOS NA ESTRUTURA DA VIA PERMANENTE

Nas ferrovias, os eixos do material rodante geram forças nos trilhos, que são transmitidos aos dormentes e que, sucessivamente, passa para o lastro. Esses esforços que os veículos geram não dependem apenas das cargas por eixo, imperfeições longitudinais e defeitos da via geram esses esforços também. O contato do friso das rodas com o boleto durante o movimento do veículo deve ser analisado, pois o mesmo pode gerar três tipos de esforços: longitudinais, verticais e transversais (ALIAS, 1984).

2.5.1 Esforços longitudinais

Os esforços longitudinais são causados essencialmente por forças decorrentes da variação de temperatura, do caminhamento da via, da aceleração e da frenagem dos veículos. Caminhamento da via é a denominação utilizada para o fenômeno no qual o trilho se descola longitudinalmente da sua posição inicial ou quando o trilho e o dormente afastam-se da sua posição em relação ao lastro (ALIAS, 1984).

As principais causas dos esforços longitudinais são:

- dilatação e retração térmica;
- movimento de reptação;
- golpes das rodas no topo dos trilhos;
- frenagem;
- contato dos frisos das rodas com os trilhos.

2.5.2 Esforços verticais

As cargas verticais impostas à via pela passagem de veículos podem ser separadas em estáticas e dinâmicas. As cargas estáticas resultam, principalmente, do peso dos vagões, obtidos pela soma da tara do veículo e do material transportado. As cargas dinâmicas são causadas tanto por propriedades da via como a presença de irregularidades geométrica ou variações de rigidez, quanto pelas características de rolagem no contato roda/trilho, como a existência de irregularidades nos trilhos, nas rodas e por descontinuidades nas junções de trilhos (ALIAS, 1984).

As principais causas desses esforços são:

- carga centrífuga;
- força centrífuga vertical;
- movimento de galope;
- movimento de trepidação.

2.5.3 Esforços transversais

Nos esforços transversais, os trilhos são submetidos a esforços secundários de torção devido a excentricidade de aplicação de cargas e a existência de uma folga entre friso das rodas e o trilho.

Os esforços transversais são causados por:

- ação dos ventos laterais;
- movimento de Lacet ou Hunting;
- contato entre friso e trilho em curvas;
- forças centrífugas não compensadas, geradas pela existência de uma curva.

2.6 MANOBRAS FERROVIÁRIAS

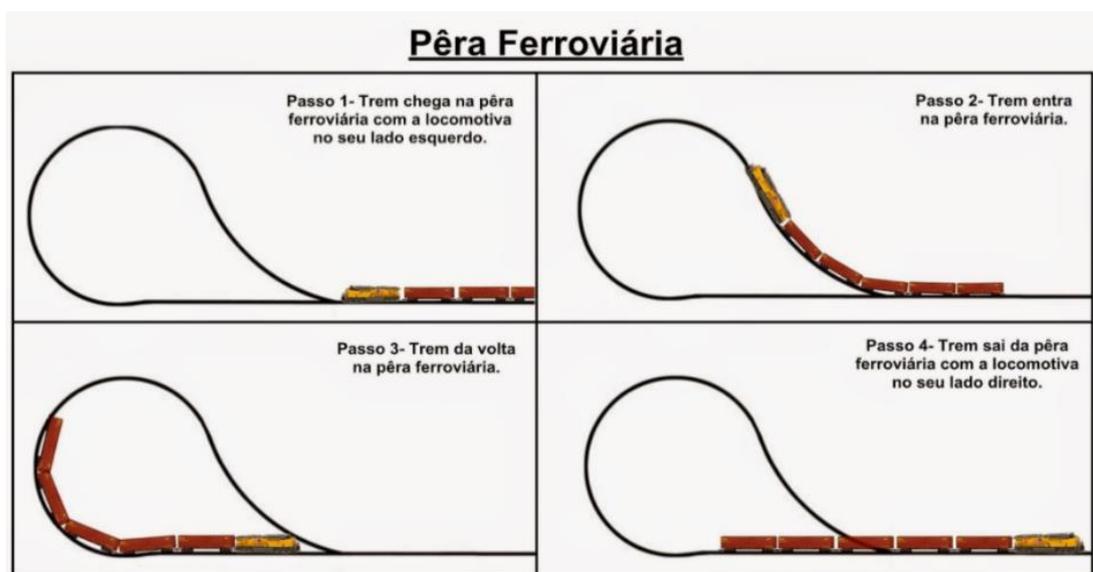
Para girar locomotivas, veículos e composições curtas, adotam as estradas de ferro o triângulo de reversão, ou a “Pera” ou circular, onde se dispõe de terreno, plano e barato. Servem, ainda, as pontes giratórias para distribuir e girar unidades nos depósitos de locomotivas de rotunda, predominando nestes as formas circulares e semicirculares. (AMARAL, 1957, p. 347).

A manobra é a atividade pela qual um vagão ou grupo (bloco) de vagões é manuseado no pátio, envolvendo as operações de desanexação de vagão em trem, classificação e anexação de vagão a trem de saída do pátio. O número de manobras por vagão é igual à quantidade de vezes em que ele, estando estacionado, é retirado da sua linha de ocupação original para outra linha no pátio.

2.6.1 Pera ferroviária

A pera ferroviária é uma manobra utilizada normalmente em pontos finais de uma linha férrea, onde a sua composição em formato de pera auxilia a locomotiva, composição ou material rodante a mudar sua direção, fazendo-a retornar, segundo se ilustra na figura 11:

Figura 11 - Pera ferroviária



Fonte: Planeta Ferrovia.

2.6.2 Triângulo de reversão

O triângulo de reversão é usado para mudar a direção de uma composição, necessitando realizar recuos para que a manobra seja executada, conforme se visualiza na figura 12.

Esse tipo de manobra é também utilizado para fazer a conexão com outra via férrea.

Figura 12 - Triângulo de reversão



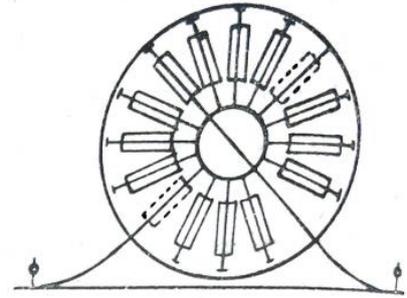
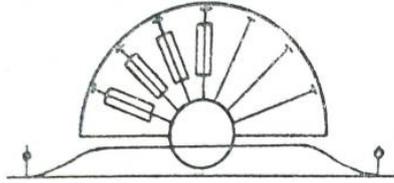
Fonte: Amaral, 1957, p. 271.

2.6.3 Giradores ou balanças

É uma estrutura ferroviária circular, que giram dentro de um círculo com um poço e é utilizada para inverter a direção de uma locomotiva. No seu interior apresenta uma placa giratória que pode ser acionado manualmente ou por motor, podendo ser em formato circular ou semicircular.

De acordo com Amaral,(1957), os giradores compõem-se em três partes: a superior, que é móvel; a inferior, que é fixa; e o aparelho intermediário de rolamento, conforme mostra a figura 13.

Figura 13 - Girador semicircular e circular



Fonte: Amaral, 1957, p. 271.

3 METODOLOGIA

No percurso metodológico serão apresentados os procedimentos utilizados para o desenvolvimento da pesquisa. Considerando seus objetivos, esta pesquisa classifica-se como exploratória, pois visa obter familiaridade maior com o tema da pesquisa, buscando subsídios para a formulação mais precisa dos problemas ou hipóteses.

Enquadra-se na abordagem qualitativa, visto que “proporciona melhor visão e compreensão do contexto do problema, dependendo de muitos fatores, tais como natureza dos dados coletados, a extensão da amostra, os instrumentos de pesquisa e os pressupostos teóricos que nortearam a investigação.” (GIL, 2002, p. 133).

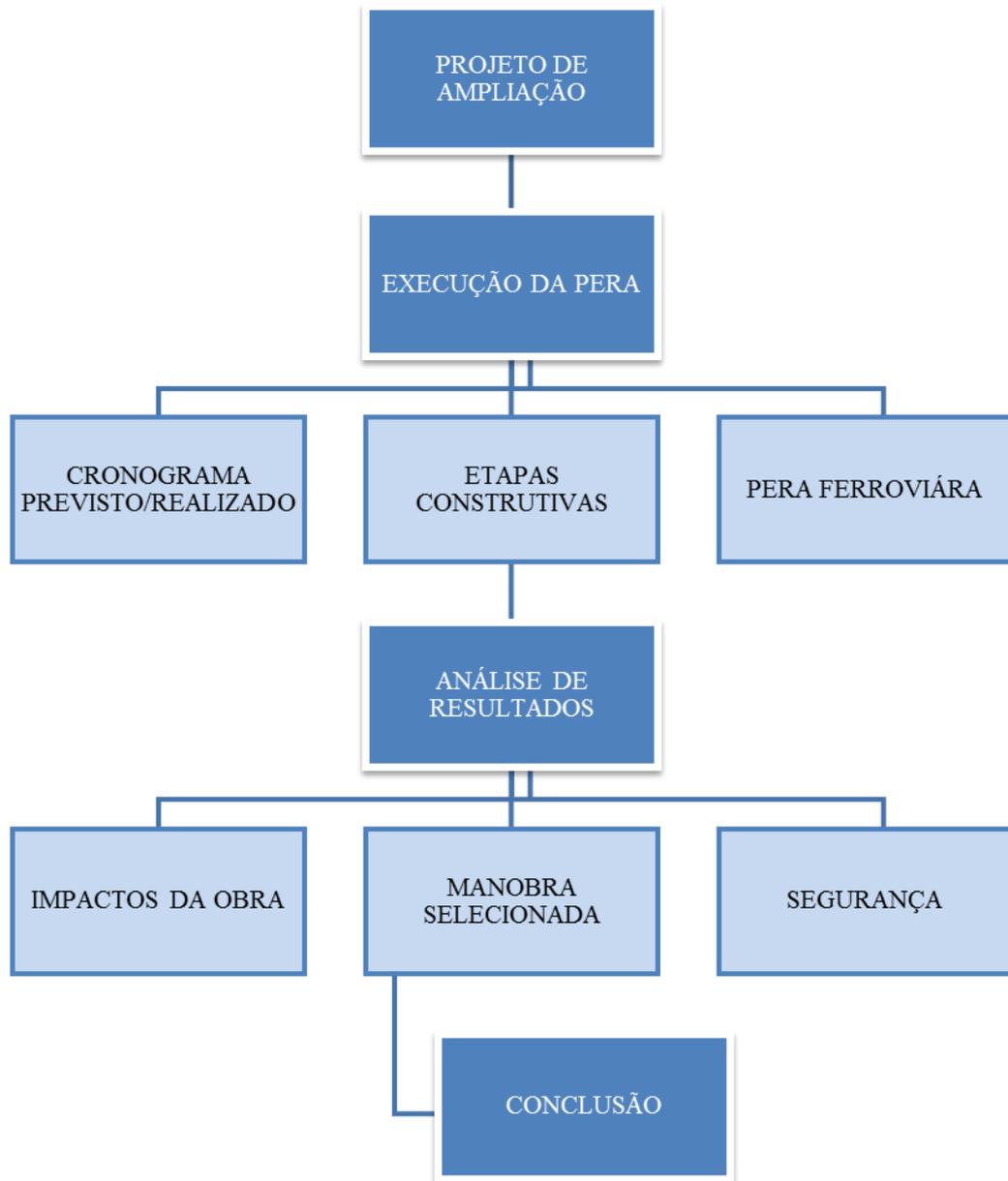
De acordo com os critérios de procedimentos, caracteriza-se como estudo de caso, devido seu aprofundamento dos objetivos, de maneira que permita seu amplo conhecimento (GIL, 2002, p. 55).

É necessário destacar que, por se tratar de um estudo de caso, foi selecionado uma obra na área de engenharia ferroviária vinculada à engenharia civil. Esta obra foi realizada pela Ferrovia Tereza Cristina S.A. junto a suas empresas parceiras e SCPAR- Porto de Imbituba, no município de Imbituba, SC, no pátio do porto de Imbituba.

A metodologia deste trabalho será apresentada pelos itens a seguir:

- **Projeto de ampliação do porto:** apresentação da proposta do projeto de ampliação do porto de Imbituba, com a obra da pera já executada, o desvio da linha principal e o projeto em análise do desvio Tecon;
- **Execução da pera:** os passos de construção da pera, incluindo a linha férrea, as passagens em nível e o cronograma da obra;
- **Análises de resultados:** análise do resultado obtido pela obra, determinando a manobra que melhor se adéqua a obra e análise dos impactos que a obra causará para o porto, comunidade de Imbituba e para a empresa FTC.

Figura 14 – Fluxograma: Diagrama de Gantt



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

4 PROJETO DE AMPLIAÇÃO DO PORTO

O projeto de ampliação e melhorias na linha férrea no pátio do porto da SCPAR - Porto de Imbituba, consiste num projeto realizado por etapas, sendo, ao todo, três:

- Etapa 1: A primeira etapa do projeto consiste na construção da pera ferroviária, obra realizada entre janeiro e julho de 2020, manobra que possibilitará o material rodante de manobrar dentro do pátio do porto;
- Etapa 2: Prevista para iniciar em 2021, a segunda etapa do projeto de ampliação será a construção do desvio na linha principal, na entrada no porto, sendo construído duas linhas para compor o desvio;
- Etapa 3: Por fim, a última etapa que se encontra em análise, prevê a construção de uma linha férrea até o pátio de contêineres da empresa Santos Brasil, com um desvio morto para locação de vagões plataforma, sendo aprovada esta parte do projeto, sua execução inicia a partir de 2022.

Figura 15 - Projeto de ampliação do Porto de Imbituba



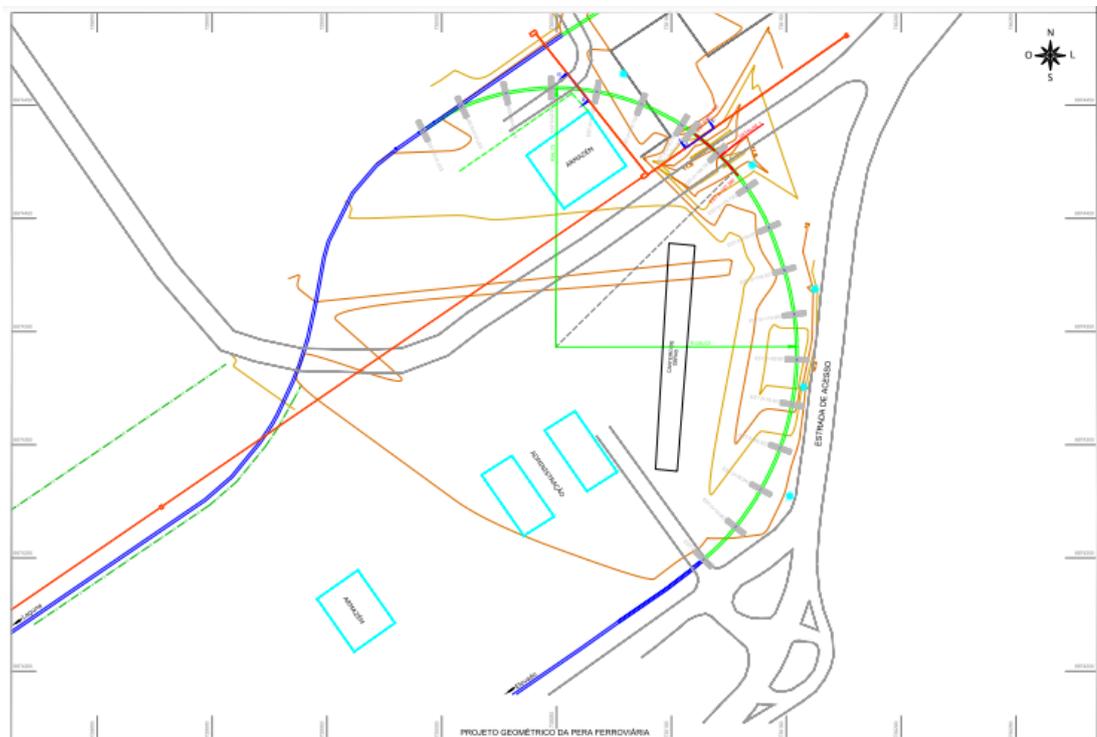
Fonte: FTC, 2020.

4.1 EXECUÇÃO DA OBRA

A pera ferroviária, primeira parte do projeto, que já se encontra executada, será o foco para este estudo de caso. A obra contém uma extensão de 339,53 metros, tendo um formato circular que possibilita o material rodante de fazer a manobra sem precisar sair do pátio do porto.

É uma curva constituída por dois raios, o primeiro inicia-se no fim da linha do elevado (linha férrea sobre plataforma que possibilita a movimentação de contêineres dos vagões plataformas para o pátio de descarregamento, através de empilhadeira) até a cabeceira da passagem em nível, Estaca 0 – Estaca 0+187,292, tendo um raio de 126,03m e o segundo partindo da cabeceira da passagem em nível até a linha operacional existente, Estaca 0+187,292 – Estaca 0+339,553, com raio de 98,75m, contendo uma passagem em nível de 9,864 metros, Estaca 0+194,081 – Estaca 0+203,945, que cruza com uma estrada interna.

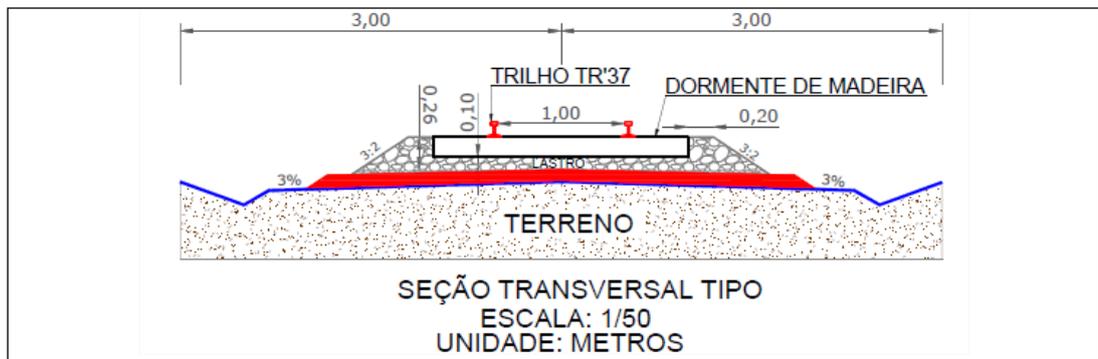
Figura 16 - Projeto pera ferroviária



Fonte: FTC, 2020.

A linha construída possui bitola métrica, com trilhos TR37, dormentes de madeira espaçados a cada 55 centímetros do eixo dos dormentes, conforme norma ABNT NBR 7511:2013. Tem uma camada de lastro de aproximadamente 50 centímetros de espessura, travando a movimentação dos dormentes e dando elasticidade à linha férrea, com um ombro de lastro, distância dos dormentes até o fim da camada superior do lastro, de 20 centímetros, que, principalmente em curvas, exerce a função de evitar os descolamentos do dormente gerados pelas forças aplicadas. Sob o lastro há uma camada de lastro de brita graduada fina, para melhor adensamento do lastro acima. Ao preparar a plataforma para a construção da linha, foi feito um declive de 3% do eixo da via para poder escoar a água.

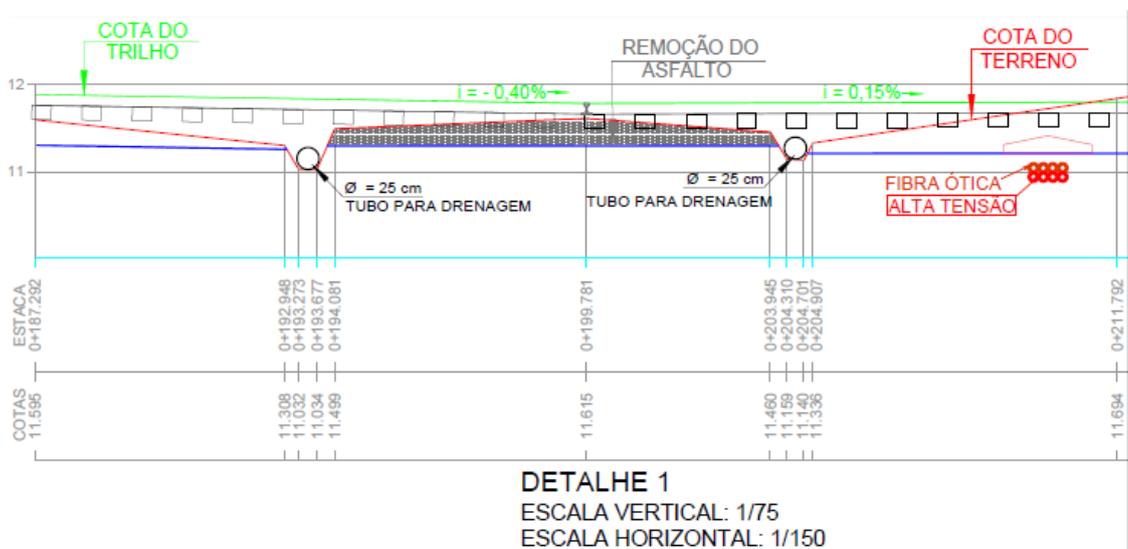
Figura 17 - Seção transversal para ferroviária



Fonte: FTC, 2020.

Nas cabeceiras da passagem em nível, foram concretadas lajes que passam sob os tubos de drenagem, para garantir a estabilidade da linha. Junto aos trilhos, na parte da PN, são fixados aos dormentes, seis trilhos na parte interna da linha e dois trilhos em cada lado, para preencher o espaço vazio entre os trilhos principais. Dessa forma, quando o automóvel for cruzar a PN, o pneu não danifica o trilho que a composição utiliza. A FTC reutiliza seus trilhos gastos como contratrilhos em passagem de nível, esse espaço entre trilhos pode ser preenchido por material fresado ou concreto também.

Figura 18 - Passagem em nível



Fonte: FTC, 2020.

Por fim, a linha da pera se conecta à linha já existente do pátio do porto, concluindo a primeira parte do projeto de ampliação e sendo desmontado o restante da linha já existente ao lado da pera.

4.2 CRONOGRAMA

4.2.1 Cronograma previsto

Com uma análise sobre o tempo que levaria para sua execução, foi executado um cronograma para a construção da pera, tendo como base os dados no sistema dos serviços já realizados. Foi dimensionado o tempo que necessitaria para concluir a obra, ficando, assim, aproximadamente 60 dias, dois meses, que inicialmente foi distribuído em 18 itens para realizar sua execução, conforme mostra o cronograma abaixo.

Figura 19 - Cronograma previsto

SERVIÇOS		CRONOGRAMA EXECUTIVO															
		Mês 01				Mês 02				Mês 03				Mês 04			
		S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
1	Locação topográfica do projeto	■															
2	Serviços de terraplenagem: escavação, carga, descarga e transporte de Material - configuração do leito de linha (pera ferroviária, desvio 01, desvios 03 e desvio morto)		■			■	■	■									
3	Desarga de material para base e compactação				■			■									
4	Remoção dos trilhos TR37 da Linha 02 de MCP para reempregar na obra do Porto de Imituba		■														
5	Transporte e posicionamento do material necessário para obra no canteiro de obras dentro do porto de Imituba		■	■	■												
6	Confeção de 2 lajes de proteção para rede de alta tensão. Conforme especificado em projeto					■											
7	Pera - Montagem de grade da linha, bitola métrica, compreendendo a distribuição e assentamento de dormentes padrão de madeira, trilhos, talas, parafusos, placas e retensores. Incluso fixações dos dormentes, aplicação de lastro (hL=15cm e ombro de 15 cm) e nivelamento e alinhamento básico. Construção com material perfil TR37.				■												
8	Pera - Execução de 2 cortes paralelos, distanciados de 1,5 m a partir do eixo projetado, com cortador e serra específicos para tal finalidade, para remoção da capa asfáltica existente e assentamento de nova PN.						■	■									
9	Pera - Remoção do asfalto e corte da plataforma para implantação de nova passagem em nível; incluso a descarga de lastro na altura de 20 cm e a instalação de 24 dormentes de plásticos para assentamento dos contra trilhos.						■	■									
10	Pera - Vedação de drenagem existente em local de implantação de nova passagem em nível; considerado aplicação de tubos (ø25 cm) ou tampas de concreto						■	■									
11	Pera - Assentamento de contratrilha para passagem em nível compreendendo a aplicação do material com fixações do tipo tirefond. Material metálico tipo 37 Kg/m						■	■									
12	Pera - Correção geométrica mecanizada					■	■										
13	PN 01 - Renovação da PN existente, compreendendo a desmontagem da PN existente, aplicação de dormentes de plástico (14 unidades) e instalação de contratrilhos. Material metálico tipo 37 Kg/m.							■	■								
14	PN 03 - Renovação da PN existente, compreendendo a desmontagem da PN existente, aplicação de dormentes de plástico 24 unidades) e instalação de contratrilhos. Material metálico tipo 37 Kg/m.							■	■								
15	Aplicação de capa asfáltica nas passagens modificadas e instaladas (PN 01, PN 02 e PN 03), incluindo aplicação de emulsão asfáltica e compactação com rolo compactador							■	■								
16	Pintura da sinalização horizontal nas passagens em nível em tinta refletiva conforme especificações de projeto (PN 01, PN 02 e PN 03)							■	■								
17	Implantação da sinalização ativa e passiva em passagem em nível, compreendendo abertura de valeta para instalações elétricas, instalações de pórticos e/ou postes para fixação dos sistemas ativos e passivos, fornecimentos de placas para sinalização vertical em conformidade com as especificações da norma ABNT NBR 15942/2019							■	■								
18	TESTE OPERACIONAL/ENTREGA DA PERA FERROVIÁRIA																

Fonte: FTC, 2020.

4.2.2 Cronograma realizado

Logo no início da obra, alguns ajustes já foram feitos no cronograma devido à entrega de materiais. Maquinários pesados como retroescavadeira e tratores necessitavam de um cadastro para poder ter liberação para circular dentro do porto SCPAR- porto de Imbituba, conformes normas exigidas, e isso acabou retardando em alguns dias a etapa de terraplanagem. Na parte de montar a linha férrea na plataforma, o material recebido não apresentou qualidade desejada, os dormentes constavam rachaduras que iriam aumentar rapidamente e comprometer a linha, assim, a carga de dormentes encomendada foi devolvida e uma carga com dormentes em boas condições foi entregue.

Para a surpresa de todos, houve a pandemia do COVID-19 em meados de março, havendo uma paralisação de acesso de colaboradores dentro do porto e, conseqüentemente, a impossibilidade de entrar no pátio do porto. Deste modo, a obra ficou aproximadamente um mês interditada, com a FTC e suas empresas parceiras diminuindo a quantidade de colaboradores para evitar aglomeração e cuidado com os colaboradores mais velhos.

Em abril, houve a liberação para retomar as atividades dentro do porto, voltando à execução da obra. Com a linha montada, começou os trabalhos nas passagens em nível. Foi preciso ser construída uma passagem em nível que não estava prevista no projeto, PN04, numa parte da obra em que havia uma estrada que dava acesso a alguns galpões.

Com a linha férrea já montada e suas passagens em nível prontas, foram instaladas as sinalizações ativas necessárias para as passagens em nível e acrescentados alguns itens que não estavam no projeto para compor os acabamentos da obra, tais como: contenção de dormentes num trecho da obra, calhas para drenar água nas ocasiões chuvosas e realizar os cortes em 45° nos taludes junto à implantação de gramas para finalizar.

Assim, no cronograma realizado foi composto por 22 serviços num prazo de sete meses.

Figura 20 - Cronograma realizado

SERVIÇOS		CRONOGRAMA EXECUTIVO																											
		Mês 01				Mês 02				Mês 03				Mês 04				Mês 05				Mês 06				Mês 07			
		S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
1	Locação topografia do projeto	■	■																										
2	Serviços de terraplanagem: escavação, carga, descarga e transporte de material - configuração do leito de linha (pera ferroviária)		■	■	■	■	■	■																					
3	Descarga de material para base e compactação																												
4	Remoção trilho TR37 da Linha 01MCP para reempregat na obra Porto de Imituba			■	■	■	■	■																					
5	Transporte e posicionamento do material necessario para obra no canteiro dentro do porto de Imituba																												
6	Confecção de 2 lajes de proteção para rede de alta tensão. Conforme especificado no projeto																												
7	Pera - Montagem da grade da linha, bitola metrica, compreendendo a distribuição e assentamento de dormentes padrão de madeira, trilhos, talas, parafusos, placas e retensores, incluso fixação de dormentes, aplicação de lastro (hL: 15cm e ombro de 15cm) e nivelamento e alimento basico. Construção com material perfil TR37																												
8	Pera - Execução de 2 cortes paralelos, distanciados de 1,5m a partir do eixo projetado, com cortador e serra especificos para tal finalidade, para remoção da capa asfaltica existente e assentamento de nova PN																												
9	Pera - Remoção do asfalto e corte da plataforma para implantação de nova passagem em nivel, incluso a descarga de lastro na altura de 20cm e a instalação de 24 dormentes de plasticos para assentamento dos contratrilho																												
10	Pera - Vedação de drenagem existente em local de implantação de nova passagem em nivel, considerando aplicação de tubos (25cm) ou tampas de																												
11	Pera - Assentamento de contratrilho para passagem em nivel compreendendo a aplicação do material com fixações do tipo tirefond. Material metalico tipo																												
12	Pera - Correção geometrica mecanizada																												
13	PN01 - Renovação de PN existente, compreendendo a desmontagem da PN existente, aplicação de dormente de plastico (14 uni) e instalação de contratrilho. Material metalico tipo 37kg/m																												
14	PN03 - Renovação de PN existente, compreendendo a desmontagem da PN existente, aplicação de dormente de plastico (24 uni) e instalação de contratrilho. Material metalico tipo 37kg/m																												
15	Aplicação de capa asfaltica nas passagens modificadas e instaladas (PN01, PN02 e PN03), incluindo aplicação de emulsão asfaltica e compactação com rolo compactador																												
16	PN04 - Construção de PN não existente, aplicação de dormente de plastico, (14 uni) e instalação de contratrilho. Material metalico tipo 37kg/m																												
17	Pintura da sinalização horizontal nas passagens em nivel tinta refletiva conforme especificações de projeto (PN01, PN02 e PN03)																												
18	Contenção com dormentes																												
19	Implantação da sinalização ativa e passagem em nivel compreendendo abertura de valeta para instalações eletricas, instalações de porticos e/ou postes para fixação dos sistemas ativos e pasivos, fornecimentos de placas para sinalização vertical em conformidade com as especificações da norma ABNT NBR 15942/2019																												
20	Implantação de calhas de concreto para drenagem, distaniados de 2 metros do eixo																												
21	Implantação de grama nos cortes da plataforma																												
22	Teste operacional/Entrega da Pera Ferroviaria																												

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Figura 21 - Contenção de dormentes



Fonte: Acervo do autor, 2021.

Figura 22 - Instalação de calhas para drenagem



Fonte: Acervo do autor, 2021.

Figura 23 - Instalação das sinalizações ativas nas PN



Fonte: Acervo do autor, 2021.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

No decorrer do trabalho foram feitos questionamentos sobre o estudo de caso, questionamentos que serão analisados neste capítulo para poder sanar qualquer dúvida sobre o tema.

5.1 ESCOLHA DA MANOBRA

Este estudo de caso foi motivado pela obra Pera Ferroviária, na metodologia, como foi citado por Amaral, a manobra que melhor se adéqua para este tipo de obra é a pera. Analisando os outros tipos de manobras possíveis para este caso, pode-se concluir que o triângulo de reversão não solucionaria o problema, pois ele se adéqua para manobras no meio do percurso ou para trocar de ramal e os giradores, que são braços mecânicos, são propícios para manobras em pátios ou oficinas de locomotivas, assim, nesse curto espaço, o girador consegue mudar de direção a locomotiva sem necessidade de curvas.

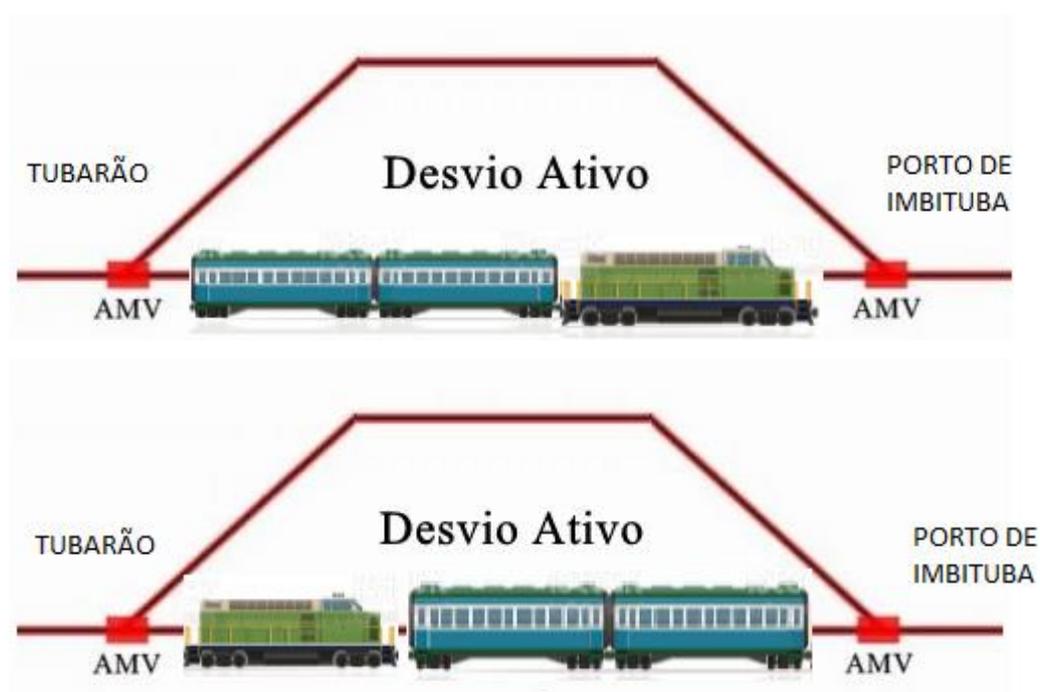
Portanto, devido a pera ser uma manobra destinada a início e fim de linhas, caracteriza-se como manobra adequada para este tipo de obra, facilitando toda operação interna no pátio do porto de Imbituba.

5.2 IMPACTOS DA OBRA

Com a conclusão da pera, as atividades do pátio do porto de Imbituba já demonstram os impactos da obra. A locomotiva entra no porto, utiliza o desvio do elevado para as movimentações dos contêineres, faz a manobra na pera e realiza sua viagem até o terminal intermodal em Criciúma.

Antes da pera, existiam duas possibilidades de manobras. O primeiro tipo de manobra utilizada era o desvio na Estação Imbituba. Chegando ao desvio, a locomotiva desacoplava dos vagões e utilizava o desvio. Ela se acoplava ao final da composição, dessa forma, conduzia a composição até o porto, passando pelas PNs de uma forma arriscada, com o maquinista tendo pouca visibilidade nos cruzamentos. Nessas situações, são auxiliados pelos manobreadores que ficam posicionados na calda da composição e passam as informações via rádio.

Figura 24 - Composição realizando manobra 1 no desvio de Imbituba



Fonte: Acervo do autor, 2021.

A segunda forma de manobra utilizada era com o auxílio de duas locomotivas, uma na frente e outra na calda da composição, durante todo percurso, porém a locomotiva posicionada na calda vem desligada, assim, quando a composição chegava a Imbituba, no desvio da Estação Imbituba, ficava estacionada a locomotiva que veio na calda e a composição seguia para o porto. Ao entrar, ia para o desvio do elevado para fazer a movimentação dos contêineres e, após concluir essa etapa, a locomotiva que veio na calda ia para o porto para retirar a composição do desvio. Ao sair do porto e passar pelo desvio da Estação Imbituba, era realizada a última manobra, desacoplando a locomotiva que puxou a composição para dentro do ponto que estava no fim e acoplando-a no início da composição, logo atrás da locomotiva que puxaria todos os vagões. Depois, seguia viagem até Criciúma.

Com a pera, a composição realiza todo o translado com apenas uma locomotiva. A locomotiva se prepara para iniciar a viagem do pátio do porto, não precisando mais sair para manobrar, diminuindo consideravelmente a quantidade de manobras realizadas entre a chegada ao porto e sua partida.

5.3 SEGURANÇA

Com a composição se locomovendo com a locomotiva puxando os vagões, posicionada na parte da frente da composição, aumenta a segurança nas passagens em nível da região de Imbituba, com o maquinista e o manobrador conseguindo ter uma visão ampla do trecho a sua frente. Considerando que não terá mais composição passando pelas quatro passagens em nível do trecho do desvio até o porto, dessa forma, arriscada, com pouca visibilidade do maquinista, menor a chance de acontecer um acidente no cruzamento rodoferroviário, pois mesmo com todo protocolo de segurança em cruzamentos, havendo a sinalização sonora e luminosa nas PNs, os índices de acidentes são altos nesses cruzamentos.

5.4 ECONOMIA

Com o auxílio da pera para manobrar dentro do porto de Imbituba, haverá uma redução no consumo de diesel para as locomotivas. Já que não será mais necessário o uso das manobras fora do pátio, pois com a pera a composição irá entrar no porto, fazendo as movimentações de contêineres e com a pera terá condições de preparar a composição para a viagem a Criciúma.

Considerando que a locomotiva consome 4 litros por quilometro e a distância do percurso entre o Terminal Intermodal em Criciúma e o porto de Imbituba são de 100 quilômetros, ida e volta são 200 quilômetros de percurso, sendo utilizado num total 800 litros de diesel em cada viagem. Do porto até o desvio de Imbituba tem aproximadamente um quilometro, sendo o consumo de praticamente 4 litros nesse percurso, assim 8 litros para ir e voltar do porto e tendo em vista as movimentações no desvio de Imbituba que tem 500 metros de extensão, sendo dimensionando que são gastos 2 litros a cada movimentação no desvio. Nesse sentido, a cada viagem utilizando a pera para manobrar, haverá uma economia de 10 litros a 15 litros de diesel. Desse modo, tem-se uma economia de aproximadamente 2%.

6 CONCLUSÃO

Apesar de existirem ferrovias há muitos anos, poucos estudos são relacionados a pesquisas de manobras ferroviárias, havendo, ainda, muito para averiguar sobre o tema. Levando esse fato em consideração, este estudo de caso teve como objetivo analisar a manobra ferroviária construída pela empresa Ferrovia Tereza Cristina em parceria ao SCPAR-Porto de Imbituba. A manobra executada, para ferroviária, foi construída para melhorar a qualidade dos serviços ferroviários dentro do pátio do Porto de Imbituba.

Com as ferrovias sendo consideradas meio de transporte de suma importância em países desenvolvidos para transportes de cargas e de passageiros, o Brasil passou a investir nesse meio que não recebia estímulos fiscais desde a metade do século passado, voltando a trazer investimentos para a área e em consequência geração de milhares de empregos novos, desobstrução de transportes de cargas em rodovias, novas concessões de ferrovias, expansão e melhorias de linhas férreas pelo país.

O desenvolvimento deste estudo de caso dividiu-se em duas etapas: na primeira, uma análise da execução da obra, apontando como foi realizada, mostrando a previsão cronológica e como ela realmente foi executada, com os imprevistos e as dificuldades devido ao COVID-19. A segunda teve como finalidade analisar a manobra que melhor se adequa para o local e os impactos que a obra trouxe para toda a comunidade de Imbituba e para o porto, tendo em vista a segurança, que irá diminuir as probabilidades de acidentes no percurso do trecho de Imbituba, diminuição das manobras realizadas fora do pátio do porto e havendo uma economia de diesel que ajuda a diminuir gastos para a empresa FTC .

No decorrer do trabalho, todos os objetivos descritos na justificativa e objetivos gerais e específicos foram alcançados, conseguindo concluir a análise e expor o porquê da escolha da manobra ferroviária se adequa para a obra realizada, podendo distinguir as diferentes manobras existentes e trazer para o trabalho o desenvolvimento da obra para ferroviária.

Com o andamento do trabalho, algumas dificuldades foram surgindo. Ao procurar material para compor o trabalho, encontrou-se muitos livros, artigos e trabalhos de conclusão de curso sobre ferrovias, porém pouco foi encontrado referente à para ferroviária, sendo que os principais materiais que contribuíram com o estudo foi o livro do Attila do Amaral de 1957 e Manual da Engenharia Ferroviária, que apesar de ser um livro de meio século e que nem é recomendado usar material tão antigo assim para trabalhos de conclusão de curso, foi o que mais trouxe proventos para a execução do trabalho.

Por fim, conclui-se que a obra realizada pela Ferrovia Tereza Cristina junto ao SCPAR – Porto de Imbituba no ano de 2020 foi um marco para o desenvolvimento dos transportes de contêineres, tanto para a empresa quanto para o porto, facilitando toda a logística na operação e preparando-se para um futuro com maiores movimentações de matéria no porto. A obra mostra só o início das melhorias que irão acontecer e que irá fazer as linhas férreas voltarem a terem o seu espaço em âmbito nacional.

REFERÊNCIAS

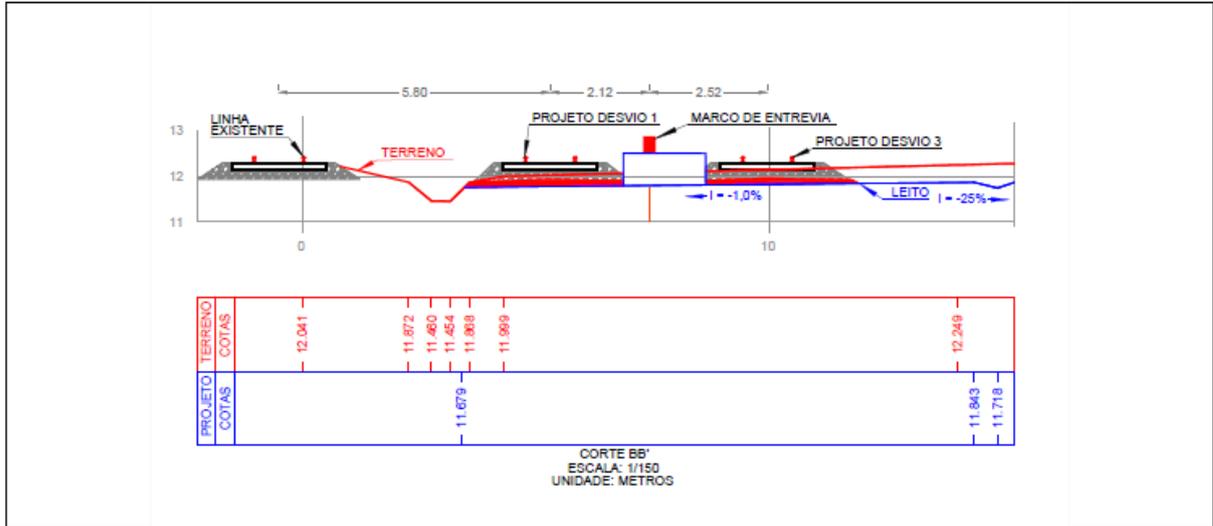
- ALIAS, J. **La Voieferrée**: techniques de construction et d'entretien. 2. ed. Paris: Editora Eyrolles, 1984.
- AMARAL, Attila. **Manual de Engenharia Ferroviária**. Rio de Janeiro: Editora Globo, 1957.
- ANTF. **Mapa Ferroviário**. Disponível em: <http://www.antf.org.br/mapa-ferroviario/>. Acesso em: 21 out. 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR7511**: Dormentes de madeira: requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7590**: Trilho Vignole: requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.
- FTC. **Imagens de projetos feita pela Ferrovia Tereza Cristina S.A.** 2020.
- GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Editora Atlas, 2002.
- MAGALHÃES, Paulo César. **Apostila de Engenharia de Linha**: Módulo de Superestrutura III. Curso de Capacitação em Geometria de Linha: Vale/FCA. Belo Horizonte, 2006.
- NABAIS, José. **Manual básico de engenharia ferroviária**. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2014.
- PLANETA FERROVIA. **Triângulo de Reversão, Pêra Ferroviária e Girador**. Disponível em: <http://planetaferrovia.blogspot.com/2014/08/triangulo-de-reversao-pera-ferroviaria.html>. Acesso em: 4 mar.2021.
- REFER. **Rede Ferroviária Federal S/A**. Disponível em: <https://www.refer.com.br/patrocinadoras/rffsa/>. Acesso em: 21 out. 2020.
- SANTOS, Silvio dos. **Transporte Ferroviário**: histórias e técnicas. São Paulo: Cengage Learning, 2011.
- SCHRAMM, Gerhard. **A Geometria da Via Permanente**. Porto Alegre: Editora Meridional, 1974.
- STEFFLER, Fabio. **Via Permanente Aplicada**: guia prático e teórico. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2013.
- TEIXEIRA, José. **Ferrovia Tereza Cristina, uma viagem ao desenvolvimento**. Florianópolis: Editora Copiart, 2011.
- VALE. **Manual Técnico da Via Permanente**. [s.i]. Vale S.A, 2013.

VIANA, Dandara. **Projetos rodoviários: curva horizontal simples**. 2019. Disponível em: <https://www.guiadaengenharia.com/curva-horizontal/>. Acesso em: 4 mar. 2021.

ZUMBLICK, Walter. **Tereza Cristina, a ferrovia do carvão**. Florianópolis: Editora UFSC, 1987.

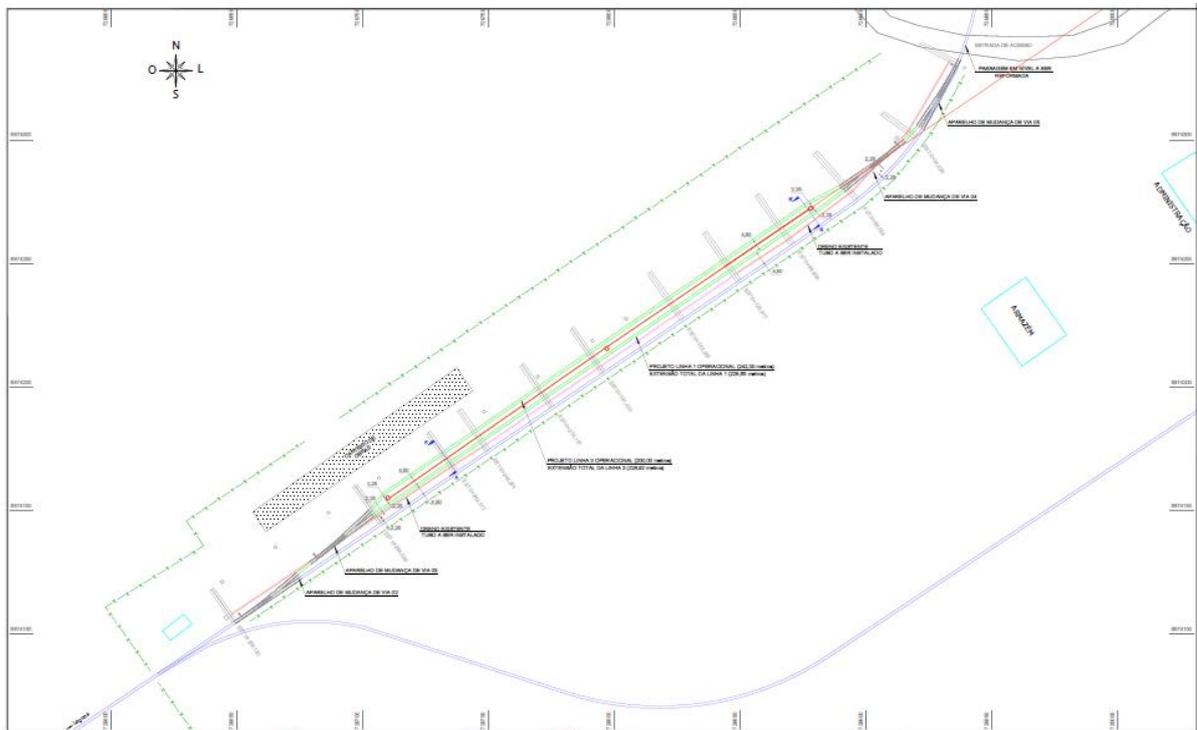
ANEXO A – Projeto de ampliação do Porto de Imbituba, desvio 1

Figura 25 - Projeto de ampliação do Porto de Imbituba, desvio 1



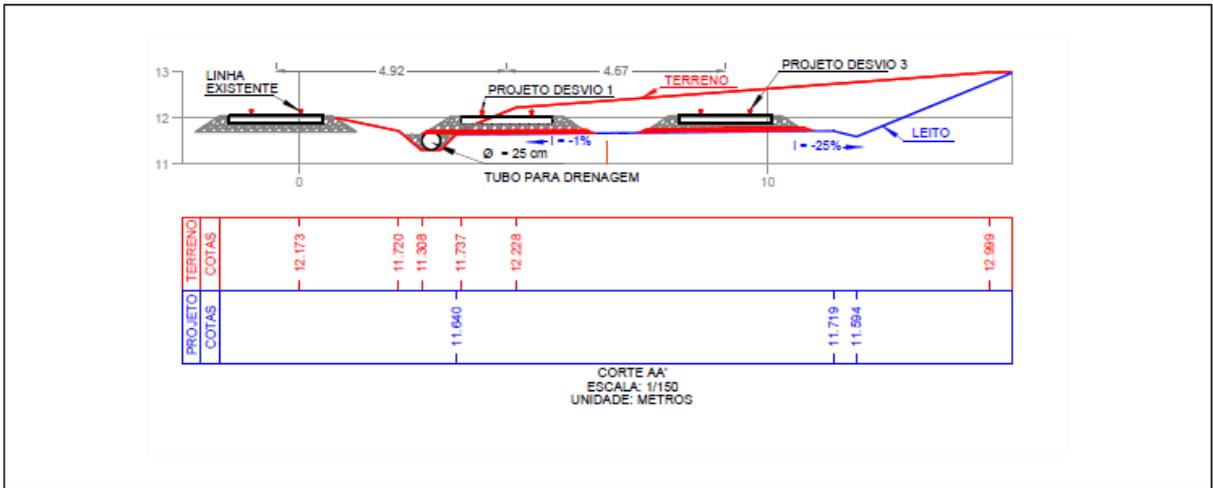
Fonte: FTC, 2020.

Figura 26 - Projeto de ampliação do Porto de Imbituba, desvio 1



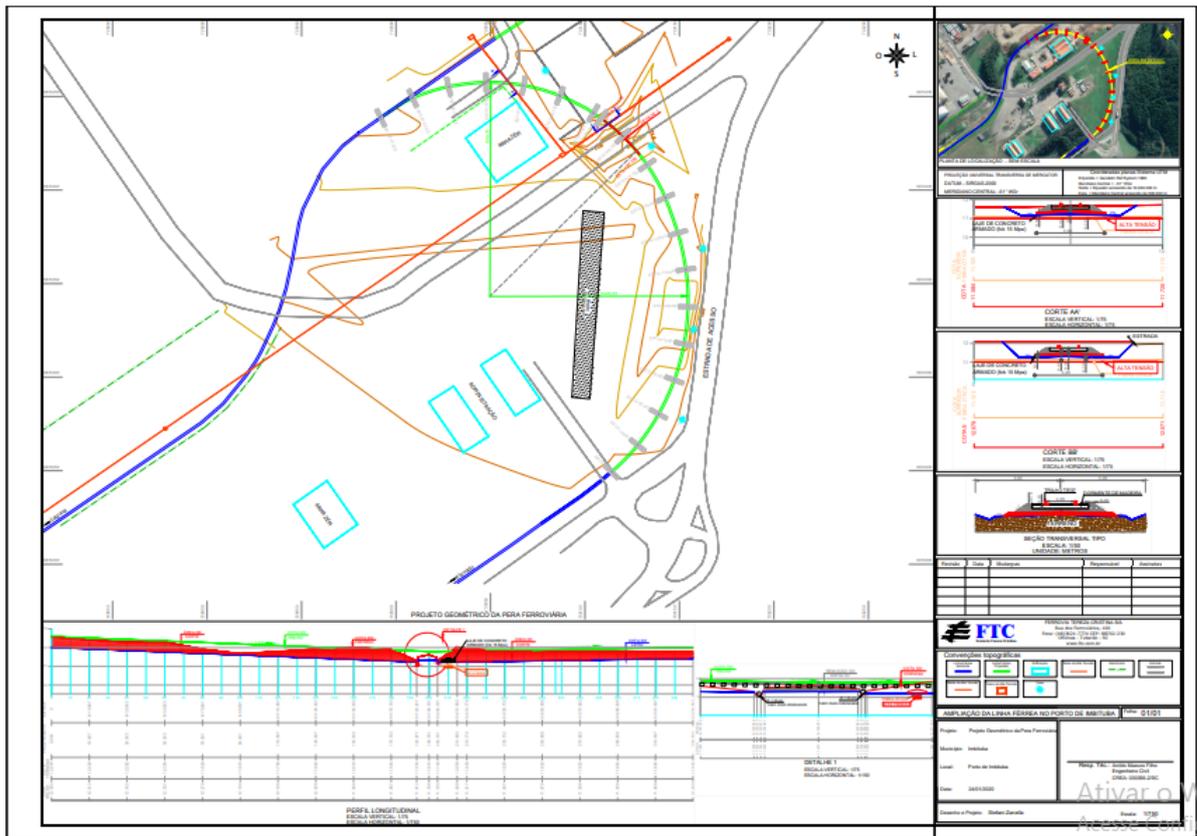
Fonte: FTC, 2020.

Figura 27 - Projeto de ampliação do Porto de Imbituba, desvio 1



Fonte: FTC, 2020.

Figura 28 - Projeto Pera Ferrovária



Fonte: FTC, 2020.