

Rodolfo Bez Batti De Pellegrin

**Proposta Técnica para Expansão Integrada da Malha Ferroviária  
de Santa Catarina**

Trabalho de Conclusão de Curso  
submetido ao Curso de Engenharia  
Civil da Universidade Federal de Santa  
Catarina para a obtenção do grau de  
Bacharelado.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Aurélio  
Marques Noronha.



Florianópolis  
2014

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária  
da UFSC.

Pellegrin, Rodolfo Bez Batti De  
Proposta Técnica para Expansão Integrada da Malha  
Ferroviária de Santa Catarina / Rodolfo Bez Batti De Pellegrin ; orientador,  
Marcos Aurélio Marques Noronha -Florianópolis, SC, 2014.  
103 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -  
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico.  
Graduação em Engenharia Civil.

Inclui referências

1. Engenharia Civil. 2. Integração da Malha Ferroviária  
de Santa Catarina. I. Noronha, Marcos Aurélio Marques. II.  
Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em  
Engenharia Civil. III. Título.

Rodolfo Bez Batti De Pellegrin

**Proposta Técnica para Expansão Integrada da Malha Ferroviária  
de Santa Catarina**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para  
obtenção do Título do grau de Bacharelado em Engenharia Civil.

Florianópolis, julho de 2014.

  
Prof. Marcos Aurélio Marques Noronha, Dr.  
Orientador





Este trabalho é dedicado aos meus colegas de classe e aos meus queridos pais.



## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer ao meu professor e orientador Marcos Aurélio Marques Noronha pelos conhecimentos repassados, pela orientação no desenvolvimento desta dissertação e pelo apoio, acreditando no tema. Agradeço também aos demais professores tanto da Engenharia Civil como os do ciclo básico de aprendizado, cujas matérias lecionadas foram de suma importância para minha formação acadêmica.

Agradeço também a toda infraestrutura universitária, que ao longo desses anos me fez valorizar ainda mais esse tipo de instituição, além de ter me proporcionado um aprendizado tanto técnico quanto social.

Aos meus pais Izoneia e Moacyr, agradeço pela educação e pelo apoio durante esses anos de estudo que me deixaram tranquilo para poder me dedicar.

Por fim, agradeço aos amigos e a minha namorada Monike, que tornaram essa jornada muito prazerosa.







Às vezes olhamos por tanto tempo para uma porta  
que está fechada, que só enxergamos tarde demais  
aquela que está aberta.

(Alexandre Grahan Bell)



## RESUMO

Santa Catarina possui um enorme potencial para o transporte ferroviário graças aos índices de produção da região Sul, bem como pela facilidade de escoamento do seu litoral. No entanto, há carência de ferrovias para ligar os produtores aos portos. Mais do que isso, os projetos em pauta para resolver esse problema ainda encontram dificuldades na questão das larguras das estradas, incompatível com a bitola métrica utilizada nas ferrovias já existentes. Este trabalho buscou apresentar uma proposta que solucionasse o problema sem que seja necessário adotar bitola mista, através de um sistema de três rodas por eixo. Dessa forma, iniciou-se um estudo sobre o Estado, a fim de identificar se realmente haveria demanda pelo modal, além de conhecer os projetos e as ferrovias já existentes. Na sequência, abordou-se alguns problemas referentes à manutenção de vias e problemas responsáveis por prejudicar a eficiência das viagens, assim como apresentou-se alguns sistemas alternativos capazes de melhorar a velocidade dos comboios. Por fim, o trabalho atinge o seu foco apresentando duas propostas de trens com bitolas polivalentes, uma que ainda precisa ser estudada e testada e outra já consolidada a mais de 40 anos, bem como apontando as implicações em adotá-las.

**Palavras-chave:** bitola; bitolas polivalentes; integração da malha ferroviária; vagões polivalentes.





## ABSTRACT

Santa Catarina has enormous power to rail, thanks to the production rates of the southern region and for the facility to ensure the production by its coastline. However lacking railroads to connect producers to ports. More than that, the projects at hand to resolve this problem still meddle in the matter of the widths of roads, incompatible with the meter gauge used on existing railways. This work aims to present a proposal that would address the problem without having to adopt mixed gauge, through a system of three wheels per axle. Thus began the study of the state in order to identify whether there really demand for modal, besides knowing the designs and existing railways. Addressed in the sequel are some problems regarding the maintenance of roads, as well as the main problems responsible for impairing the efficiency of travel and presented some alternative systems that improve the speed of trains. Then the work reaches its focus presenting two proposals for trains with polyvalent gauges, one that still needs to be studied and tested and another already established more than 40 years, as well as the implications of adopting them.

**Key words:** gauge; polyvalent gauges; integration of the railway; polyvalent wagons.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de Santa Catarina.....	29
Figura 2: Produção de cereais, leguminosas e oleaginosas por grandes regiões - safra 2013 .....	30
Figura 3: Participação na produção de cereais, leguminosas e oleaginosas dos principais estados - safra 2013.....	30
Figura 4:-Número de cabeças de frango abatidas no primeiro trimestre de 2013, por estado.....	31
Figura 5: Principais empresas exportadoras catarinenses no primeiro semestre de 2013 -US\$ mil.....	31
Figura 6: Principais produtos exportados pelos portos catarinenses, em %, no primeiro semestre de 2013.....	32
Figura 7: Evolução dos setores de maior impacto na produção de SC - janeiro a junho de 2013 - %.....	33
Figura 8: Principais países de destino das exportações no primeiro semestre de 2013, em US\$ mil.....	34
Figura 9: Estimativa de crescimento do PIB para 2014 .....	35
Figura 10: Cais do porto Mauá. ....	36
Figura 11: Volume de mercadorias transportadas de 1997 até 2013.....	37
Figura 12: Comparativo entre investimentos privados e públicos no setor ferroviário. ....	38
Figura 13: Vetor sul PNLT .....	39
Figura 14: Locomotiva da FTC em 1936.....	40
Figura 15: Mercadoria transportado, em TKU, pela FTC em 2011. ....	42
Figura 16: Cargas gerais ( pallets + contêineres) transportados FTC. ....	42
Figura 17: Principais ramais da FTC. ....	43
Figura 18: Atual malha ferroviária catarinense.....	45
Figura 19: Principais mercadorias transportadas em milhões de TKU -201.....	46
Figura 20: Comparativo entre FTC e ALL SUL.....	47
Figura 21: Cenário Ferroviário 2030. ....	48
Figura 22: Corredores de maior viabilidade. ....	48
Figura 23: Atual malha ferroviária catarinense.....	50
Figura 24: Atual malha ferroviária catarinense.....	51
Figura 25: Comparação entre vagão e caminhão. ....	53
Figura 26: Distância ideal para cada meio de transporte. ....	55
Figura 27: Distância entre extremos do estado.....	55
Figura 28: Conceito de bitola.....	57
Figura 29: Esquema das bitolas utilizadas no Brasil.....	58
Figura 30: Seção tipo de uma ferrovia. ....	60
Figura 31: Trilho ferroviário .....	65
Figura 32: Perfil Vignole. ....	65
Figura 33: Desgaste da áreas em contato com as rodas .....	67
Figura 34: Forças atuantes no contato trilho/roda.....	68
Figura 35:Acidente com trem da FTC em Criciúma.....	76
Figura 36: Exemplo de passagem em nível sinalizada.....	77

Figura 37: Controle de qualidade Slab Track. ....	80
Figura 38: laje de concreto preparada para receber trilhos. ....	81
Figura 39: Aplicação do produto V FLOW. ....	82
Figura 40: ERS após execução. ....	83
Figura 41: Eixo de 3 rodas. ....	87
Figura 42: Truque ferroviário convencional. ....	89
Figura 43: Apresentação do problema de excentricidade ....	90
Figura 44: Sistema de bombas hidráulicas corrigindo o problema da excentricidade.....	91
Figura 45: Modelo de 3 eixos entre bitola padrão e métrica. ....	92
Figura 46: Situação das bitolas na Eurásia. ....	94
Figura 47: Processo de mudança de bitola Talgo. ....	95
Figura 48: Sistema automático de mudança de bitola em bitola larga. ....	96
Figura 49: Sistema automático de mudança de bitola em bitola estreita. ....	96





## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Apresentação do número de invasões e PN por região. ....	27
Tabela 2: Redução do número de veículos por dia em rodovias que ligam o oeste ao litoral de SC. ....	54
Tabela 3: Relação das concessionária e as bitolas adotadas. ....	59
Tabela 4: Relação Y/Q e suas reações. ....	68
Tabela 5: Número de invasões e passagens de nível. ....	75
Tabela 6: Extensão, bitola, velocidades e consumo das empresas ferrovias concessionadas. ....	85



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.  
ALL – América Latina Logística.  
ANTF – Agência Nacional de Transportes Ferroviários.  
ANTT – Agência Nacional de Transporte Terrestre.  
BRF – Brasil Foods.  
CBCA – Companhia Brasileira Carbonífera de Araranguá.  
CCU – Companhia Carbonífera de Urussanga.  
CNT – Confederação Nacional do Transporte.  
DENIT – Departamento Nacional de Infraestrutura Terrestre.  
EFTC – Estrada de Ferro Teresa Cristina.  
EUA – Estados Unidos da América.  
FTC – Ferrovia Teresa Cristina.  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.  
MDIC – Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio.  
PAC – Programa de Aceleração do Crescimento.  
PIB – Produto Interno Bruto.  
PN – Passagens em Nível.  
PND – Programa Nacional de Desestatização.  
PNLT – Plano Nacional de Logística de Transporte.  
RFFSA – Rede Ferroviária Federal Sociedade Anônima.  
SIE – Secretaria de Estado e Infraestrutura.  
TKU – Tonelada Quilômetro Útil.



# SUMÁRIO

<b>SUMÁRIO</b> .....	
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>25</b>
1.1. SÍNTESE.....	25
1.2. OBJETIVO GERAL .....	26
1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	26
1.4. JUSTIFICATIVA .....	26
1.5. METODOLOGIA .....	27
1.6. ESTRUTURA DO TRABALHO .....	27
<b>2. FERROVIAS EM SANTA CATARINA</b> .....	<b>29</b>
2.1. BREVE ABORDAGEM.....	29
2.2. HISTÓRICO FERROVIAS .....	35
2.3. REDE FERROVIÁRIA FEDERAL S.A. RFFSA .....	37
2.4. ATUAL STATUS DAS FERROVIAS EM SANTA CATARINA.....	38
2.5. AS MALHAS EXISTENTES EM SANTA CATARINA SÃO: .....	39
2.5.1. FERROVIA TERESA CRISTINA (FTC) .....	39
2.5.1.1. HISTÓRICO.....	39
2.5.1.2. EXPANSÃO .....	43
2.5.1.2.1. RAMAL ARARANGUÁ 1917-1927.....	43
2.5.1.2.2. RAMAL URUSSANGA 1919-1925 .....	43
2.5.1.2.3. RAMAL TREVISÓ 1946-1947 .....	44
2.5.1.3. NOVOS PROJETOS .....	44
2.5.2. ALL MALHA SUL – BITOLA MÉTRICA (ALL) .....	45
2.5.3. MALHAS EM ESTUDO:.....	47
2.5.3.1. FERROVIA LITORÂNEA, LIGAÇÃO IMBITUBA – ARAQUARI .....	49
2.5.4. CORREDOR FERROVIÁRIO DE SC (FERROVIA LESTE-OESTE OU DO FRANGO).....	50
<b>3. ASPECTOS TÉCNICOS DE ENGENHARIA FERROVIÁRIA</b> .....	<b>53</b>
3.1. COMPARAÇÃO ENTRE VAGÕES E CAMINHÕES.....	53
3.2. DISTÂNCIA IDEAL PARA CARGAS EM CADA MODAL .....	55
3.3. CONCEITOS BÁSICOS .....	57
3.3.1. BITOLA .....	57
3.3.2. INFRAESTRUTURA FERROVIÁRIA .....	60
3.3.3. SUPERESTRUTURA .....	60
3.3.3.1. SUBLASTRO:.....	61
3.3.3.2. LASTRO .....	61
3.3.3.3. DORMENTES.....	62

3.3.3.3.1.	MATERIAIS UTILIZADOS: .....	62
3.3.3.3.1.1.	MADEIRA .....	62
3.3.3.3.1.2.	CONCRETO .....	63
3.3.3.3.1.3.	CONCRETO PROTENDIDO .....	63
3.3.3.3.1.4.	AÇO .....	63
3.3.3.3.1.5.	PLÁSTICO .....	64
3.3.3.4.	TRILHO [TR] .....	64
3.3.3.4.1.	DURABILIDADE .....	66
3.3.3.4.1.1.	PROBLEMAS RELACIONADOS AO DESGASTE. ....	67
3.3.3.4.2.	DEFEITOS DEVIDO A FABRICAÇÃO. ....	69
3.3.3.4.2.1.	VAZIO (BOLSA DE CONTRAÇÃO) .....	69
3.3.3.4.2.2.	SEGREGAÇÃO .....	69
3.3.3.4.2.3.	INCLUSÕES .....	69
3.3.3.4.2.4.	FISSURAS TRANSVERSAIS .....	70
3.3.3.4.2.5.	DEFEITOS DE LAMINAÇÃO .....	70
3.3.3.4.3.	DEFEITOS ORIUNDOS DE SERVIÇO .....	70
3.3.3.4.3.1.	DEFORMAÇÃO DE PONTAS .....	70
3.3.3.4.3.2.	DESGASTE POR AÇÃO QUÍMICA .....	71
3.3.3.4.3.3.	AUTOTEMPERATURA SUPERFICIAL .....	71
3.3.3.4.3.4.	ESCOAMENTO DO METAL NA SUPERFÍCIE DO BOLETO .....	71
3.3.3.4.3.5.	DESGASTE POR ATRITO .....	71
3.3.3.4.3.6.	DESGASTE ONDULATÓRIO OU CORRUGAÇÃO .....	72
3.4.	PROBLEMAS LOGÍSTICOS DA MALHA ATUAL .....	72
3.4.1.	<i>INVASÃO DE FAIXA DE DOMÍNIO</i> .....	73
3.4.2.	<i>PASSAGENS EM NÍVEL PN</i> .....	76
3.5.	SISTEMAS AUTERNATIVOS .....	78
3.5.1.	<i>SLAB TRACK OU VIA DE PAVIMENTO SÓLIDO</i> .....	78
3.5.2.	<i>EMBEDDED RAIL SYSTEM (ERS)</i> .....	80
<b>4.</b>	<b>SOLUÇÃO PARA EXPANSÃO E INTEGRAÇÃO DA MALHA CATARINENSE</b> .....	<b>84</b>
4.1.	ALTERNATIVA À BITOLA MISTA. ....	86
4.1.1.	<i>SISTEMA DE TRÊS EIXOS</i> .....	87
4.1.1.1.	FUNCIONAMENTO .....	89
4.1.2.	<i>OUTRA TECNOLOGIA JÁ CONSOLIDADA</i> .....	93
<b>5.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>98</b>
<b>6.</b>	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>100</b>





## INTRODUÇÃO

### 1.1. SÍNTESE

Santa Catarina está localizado em uma região de grande potencial para o transporte, principalmente de commodities. Em conjunto com os demais estados do sul, representam 39,4% da produção de cereais, leguminosas e oleaginosas do Brasil (IBGE, 2013). Aliado à isso, o Estado possui facilidades de fazer comércio através de seu litoral com os Estados Unidos, China e Japão, e a oeste com a Argentina. Esses são os principais países de destino das exportações brasileiras (MDIC, 2013). No entanto, para que o Estado se destaque como referência em exportação é preciso investir em formas de otimizar a sua logística interna.

A falta de visão estratégica dos governantes do passado quanto aos transportes e infraestrutura do Brasil, somada à forma como são elaboradas as licitações, à ineficiência das obras públicas, à falta de gestão e interferências políticas, é hoje responsável por gargalos econômicos, além de contribuir para o aumento das desigualdades em diferentes áreas do País (PNLT, 2007). Uma prova disso é o cancelamento no início do ano de 2013 da compra de 2 milhões de toneladas de soja pela empresa Sunrise, maior comercializador chinesa de soja, devido à atrasos no recebimento causados pela infraestrutura deficitária do País (SHUPING, 2013).

A utilização de um transporte de carga eficiente dentro de um estado pode trazer muitos benefícios como a redução do preço dos fretes, capacidade dos produtos do estado atingirem mercados mais distantes, desenvolvimento e geração de riquezas.

Como um estado depende da sua competitividade para ter uma economia saudável e com a ideia de otimizar corredores de exportação, este trabalho se propõe em contextualizar as ferrovias no cenário de oportunidades para Santa Catarina. Para isso, Iniciou-se com uma contextualização do Estado em termos econômicos, geográficos e sociais, e mostrando o quanto ele pode evoluir com investimentos e políticas de incentivo ao transporte ferroviário tanto de cargas de pessoas quanto de cargas diversas como containers e graneis. Além disso, trazer um histórico e a situação atual das ferrovias da região, com o intuito de observar os motivos que tornaram possíveis as suas execuções, bem como aqueles que as levaram aos seus períodos de crises.

Portanto, é objetivo deste trabalho abordar assuntos que levarem obstáculos que historicamente se mostraram recorrentes e responsáveis por diminuir a eficiência do setor.

## 1.2. OBJETIVO GERAL

O objetivo é fazer um estudo sobre o setor ferroviário, principalmente em Santa Catarina, bem como projetos de integração delas, apresentar o problema de bitolas diferentes interferindo em relações comerciais.

O trabalho apresenta uma alternativa para superar o problema de transbordo de cargas quando da mudança de bitola de uma ferrovia para outra, tornando o processo mais eficiente e sendo uma alternativa para a unificação das malhas brasileiras.

## 1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Mostrar um panorama de oportunidades para Santa Catarina, estudando o potencial de transporte que a região possui, principalmente levando em consideração a produção agrícola do Sul do Brasil.

Levantar alguns problemas relacionados ao setor, como defeitos de produção de trilhos, desgaste, empecilhos gerados pelo desenvolvimento de comunidades lindeiras às ferrovias.

## 1.4. JUSTIFICATIVA

Santa Catarina está localizado no sul do Brasil entre os estados do Paraná e Rio Grande do Sul. Juntos os três estados são responsáveis por 39,4% da produção de oleaginosas, cereais e leguminosas do Brasil. Além disso a região é responsável pela maior parte da produção de frangos e suínos do País (IBGE, 2013). Isso coloca Santa Catarina em um local de evidência estratégica podendo participar de grande parte das exportações da região sul.

Para isso, é preciso investir em um transporte confiável entre as áreas produtoras e o litoral, além de especializar e interligar os portos. Esse trabalho de conclusão de curso mostra alguns gargalos que a infraestrutura do Estado possui, bem como indica oportunidades e soluções para o problema..

Também é importante aproveitar o momento político e econômico que o país esta passando para investir em transporte a fim de garantir mercado e competitividade para o futuro.

A Tabela 1, faz uma relação entre as regiões e o número de invasões e passagens em nível (PN) catalogados, pode-se observar que os problemas são numerosos e aparecem em todas as regiões do País.

**Tabela 1:** Apresentação do número de invasões e PN por região.

REGIÃO	INVASÕES	PASSAGENS EM NÍVEL
SUL	94	637
SUDESTE	210	865
CENTRO-OESTE	18	80
NORDESTE	33	553
TOTAL	355	2.135

Fonte: Produzida pelo autor com base em dados da CNT, 2011.

Outro ponto relevante foi a perda de interesse, por parte do estado, por tal modal a ponto de deixar a malha existente no século passado se deteriorar, bem como a oportunidade que se perdeu em adquirir conhecimento e tecnologias.

## 1.5. METODOLOGIA

Inicialmente procurou-se apresentar Santa Catarina e a potencial que o estado possui de escoar boa parte dos produtos do Sul, desde que seja desenvolvida uma rede ferroviária integrada na região. Então é mostrado um histórico sobre as ferrovias, e dado um destaque especial às que já existem. Após faz-se um estudo bibliográfico onde é apresentado conceitos básicos, problemas físicos, logísticos e sistemas alternativos de construção. Para finalizar fala-se sobre integração da malha brasileira, apresenta-se uma proposta de como realiza-la e compara-se com uma tecnologia já consolidada, para esse fim.

## 1.6. ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está estruturado em 7 capítulos conforme o escrito abaixo:

Capítulo 1 - encontra-se a introdução, com o problema a ser abordado, o objetivo, a justificativa a ser abordada e a metodologia.

Capítulo 2 - foi abordado Santa Catarina sobre o ponto de vista da sua localização geográfica e principalmente sobre questões econômicas de produção e exportações, além de apresentar um histórico sobre as ferrovias.

Capítulo 3 - Formado por um levantamento bibliográfico com conceitos básicos, problemas físicos e logísticos do setor, além de sistemas alternativos de construção.

Capítulo 4 - Fala sobre expansão integrada da malha e apresenta duas alternativas que podem ser utilizadas para tornar isso possível, sem a necessidade de um trilho adicional.

Capítulo 5 - Considerações finais com conclusões e sugestões.

Capítulo 7 – Bibliografia.

## 2. FERROVIAS EM SANTA CATARINA

### 2.1. BREVE ABORDAGEM

Santa Catarina está situada no centro geográfico das duas regiões de melhor desempenho econômico do Brasil, Sul e Sudeste, além de uma posição estratégica para o MERCOSUL (BRASIL, 2014). Possui uma planície costeira com seis portos, conforme Figura 1, e um planalto ocidental com um grande potencial econômico.

A Figura 1 representa o estado, contextualizando os portos com o modal ferroviário e os polos econômicos. As linhas verde e cinza são ferrovias em estudo, abordadas mais adiante.

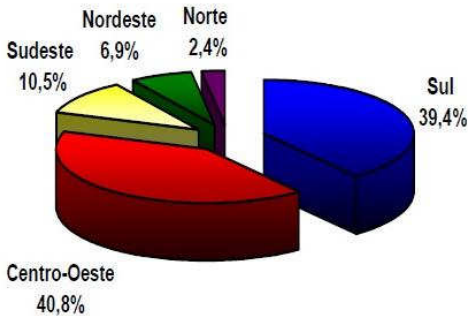
**Figura 1:** Mapa de Santa Catarina.



Fonte: Figura adaptada de <http://www.mobfloripa.com.br/mapas>, acesso 13/03/2014

O estado faz fronteira com Rio Grande Do Sul, Paraná, compondo a região Sul, responsável por boa parte da produção brasileira de grãos agrícolas, observável na Figura 2. Além do contato físico com a Argentina e uma grande área litorânea com o Oceano Atlântico (BRASIL, 2014).

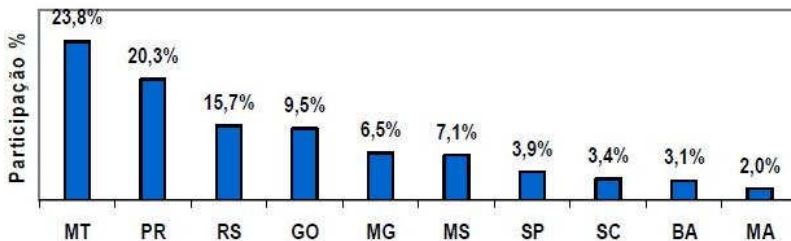
**Figura 2:** Produção de cereais, leguminosas e oleaginosas por grandes regiões - safra 2013.



Fonte: BRASIL, 2013.

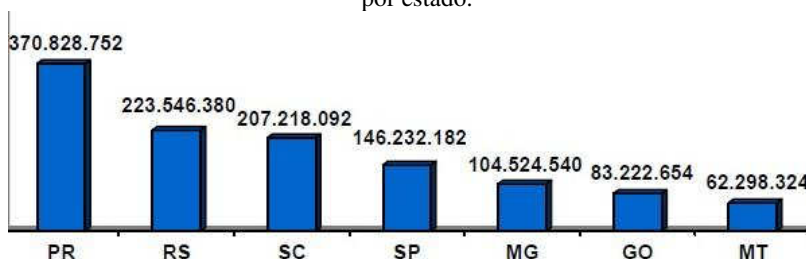
As Figuras 3 e 4 mostram respectivamente, a participação dos principais estados produtores de cereais, leguminosas e oleaginosas e o número de cabeças de frango abatidas na safra de 2013, destacando Paraná e Rio Grande do Sul, que juntos representam 36% do total, ocupando posição de destaque.

**Figura 3:** Participação na produção de cereais, leguminosas e oleaginosas dos principais estados - safra 2013



Fonte: BRASIL, 2013.

Figura 4:-Número de cabeças de frango abatidas no primeiro trimestre de 2013, por estado.

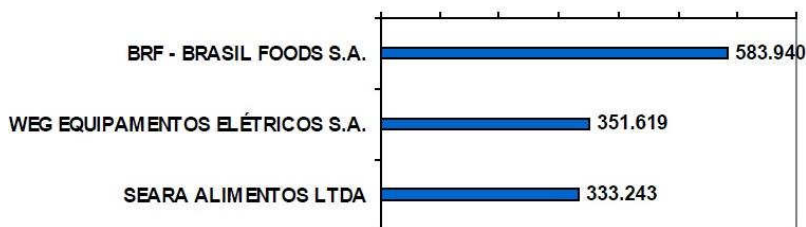


Fonte: BRASIL, 2013.

É evidente o potencial de exportações que Santa Catarina possui, principalmente se conseguir trazer parte da produção dos estados vizinhos para serem enviadas ao exterior pelos portos catarinenses.

A Figura 5 apresenta as principais empresas exportadoras com sede no estado, a Brasil Foods S.A. e a SEARA Alimentos LTDA, tendo boa parte dos produtos com origem no planalto oeste, e WEG Equipamentos Elétricos S.A. localizada no litoral norte.

Figura 5: Principais empresas exportadoras catarinenses no primeiro semestre de 2013 -US\$ mil

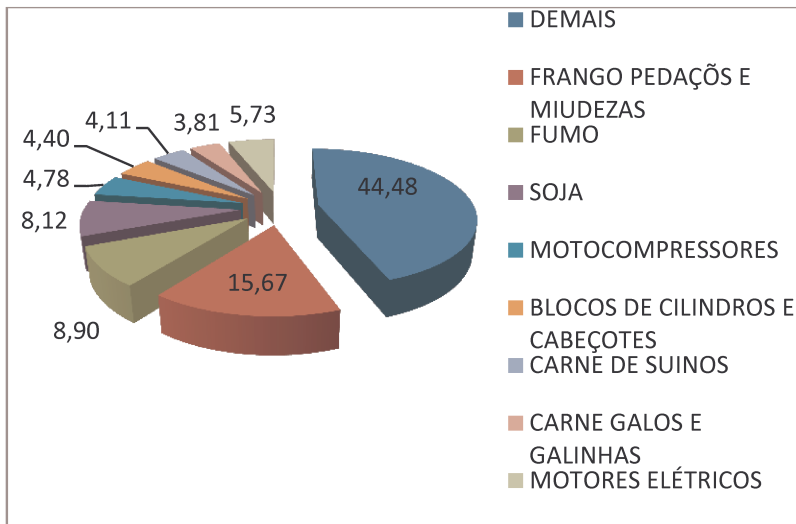


Fonte: BRASIL, 2013.

A região agroindustrial, de onde vem boa parte dos insumos das duas empresas alimentícias mostradas acima, ainda não possui modal ferroviário para a sua ligação com os portos.

A Figura 6 mostra os principais produtos exportados pelos portos de Santa Catarina, em porcentagem, no primeiro semestre de 2013.

Figura 6: Principais produtos exportados pelos portos catarinenses, em %, no primeiro semestre de 2013.



Fonte: Desenvolvido pelo autor com base no Perfil Econômico, Financeiro e Social de SC, 2013.

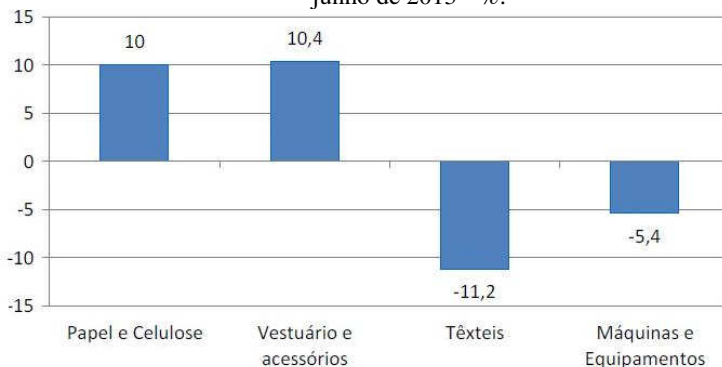
As carnes, miudezas de frangos e suínos representam 15,67% das exportações. Como visto nas Figuras 1 e 5, esses produtos tem origem no oeste, ou seja, praticamente um sexto das exportações catarinenses chegaram até os navios por via rodoviária. Veremos no item 3.1 que esse não é o modal ideal para essa distância e peso.

Essas cargas são, em sua grande maioria, commodities, que se caracterizam por terem grande volume e pouco valor agregado, se apresenta em estado bruto, geralmente destinado ao comércio exterior (PORTUGUÊS, 2014), necessitando de um transporte que carregue grandes quantidades a preços baixos (VILAÇA, 2010).

Além dessas grandes demandas o estado também possui destaque nos setores de papel e celulose, vestuário, têxtil, máquinas e equipamentos, conforme a Figura 7.



Figura 7: Evolução dos setores de maior impacto na produção de SC - janeiro a junho de 2013 - %.



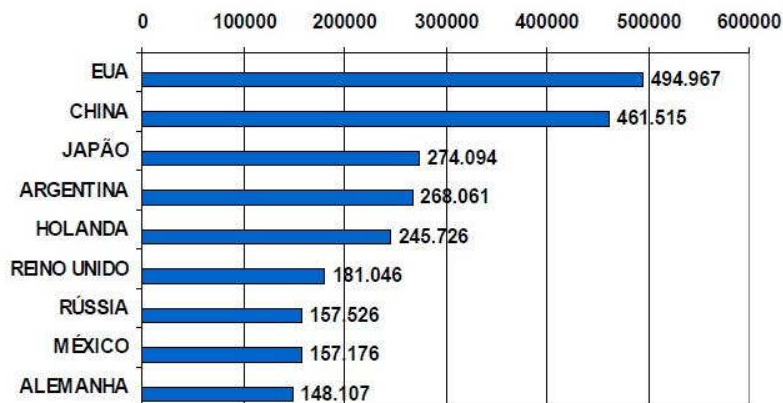
Fonte: Perfil Econômico, Financeiro e Social de SC, 2013.

O potencial de exportação catarinense é muito grande, no entanto a infraestrutura terrestre, que dá apoio a esse processo, é deficitária, que, além de afastar investidores, é um empecilho ao crescimento dos vários setores da economia.

O estudo que será desenvolvido nesse Trabalho de Conclusão de Curso, sobre ferrovias em Santa Catarina, também podem ser aplicados no restante do Brasil, uma vez que, os problemas que ocorrem aqui também se encontram no restante do País.

A Figura 8 ranqueia os importadores dos produtos do estado, como a China, Japão e Argentina.

Figura 8: Principais países de destino das exportações no primeiro semestre de 2013, em US\$ mil



Fonte: BRASIL, 2013

Esses dados mostram a importância do litoral catarinense. Também destaca-se a China, uma das principais importadoras de frangos e suínos, que, em março último, habilitou mais três empresas de Santa Catarina a exportar os produtos para seu país (BRASIL, 2014).

A pesquisa do Ministério da Indústria e Comércio aponta Argentina em quarto lugar, o que é um fato promissor, uma vez que ela e a Bolívia são os dois únicos países da América Latina a terem ligação com o Brasil por meio de Ferrovias, apesar da incompatibilidade das bitolas (ANTT, 2013).

A Figura 9, mostra que os principais importadores de produtos catarinenses possuem uma ótima expectativa de crescimento para 2014, evidenciando o excelente momento para investir em infraestrutura de transporte.

Figura 9: Estimativa de crescimento do PIB para 2014

	2013	2014
<b>Mundo</b>	3,1%	3,8%
<b>Estados Unidos</b>	1,7%	2,7%
<b>Alemanha</b>	0,3%	1,3%
<b>França</b>	-0,2%	0,8%
<b>Itália</b>	-1,8%	0,7%
<b>Espanha</b>	-1,6%	0,0%
<b>Japão</b>	2,0%	1,2%
<b>Reino Unido</b>	0,9%	1,5%
<b>Canadá</b>	1,7%	2,2%
<b>Rússia</b>	2,5%	3,3%
<b>China</b>	7,8%	7,7%
<b>Índia</b>	5,6%	6,3%
<b>Brasil</b>	2,5%	3,2%
<b>México</b>	2,9%	3,2%

Fonte: FMI apud BRASIL, 2013.

Esses dados mostram a necessidade de investir em logística terrestre, uma vez que, há demanda para isso. Santa Catarina pode se destacar economicamente concentrando nos seus portos a exportação dos produtos da região Sul. Para isso precisa aplicar em uma malha ferroviária integrada e que cubra os principais polos geradores de riquezas.

## 2.2. HISTÓRICO FERROVIAS

As ferrovias surgiram da necessidade de transporte do século XIX, durante a Revolução Industrial na Europa (DNIT, 2014). Em 1825, a primeira locomotiva a vapor, com resultados concretos, trafegou 15 quilômetros entre Stockton e Darlington na Inglaterra a uma velocidade de 20 km/h. Em aproximadamente 30 anos o Velho Continente já possuía uma malha de aproximadamente 3.000 km, enquanto que os Estados Unidos contavam com 5.000 (DNIT, 2014).

No Brasil a primeira concessão para construção e exploração de uma linha férrea veio 27 anos depois, em 1852, com a estrada Mauá, tracionada pela locomotiva “Baroneza”, ligando o porto na Baía da Guanabara a Raiz da Serra, próximo a Petrópolis. Até então o transporte era feito no lombo de animais (DNIT, 2014).

Pode-se dividir o histórico das ferrovias no Brasil em seis fases. Sendo a primeira, entre 1834 e 1873 durante a regência e o segundo reinado, tendo um crescimento muito tímido, caracterizando-se pela

implantação das primeiras linhas sob investimentos exclusivamente privados. Um marco dessa fase foi a construção e inauguração, em 1854, da Estrada de Ferro Mauá, com 14,5 km em bitola de 1,676 m, destinava-se ao transporte principalmente de café e pessoas. (ANTF, 2014). A figura 10 mostra o estado de abandono do antigo cais do porto Mauá.



**Figura 10:** Cais do porto Mauá.

Fonte: <http://gilbertoteixeira.wordpress.com/page/2/>

A segunda fase abrange o segundo reinado entre 1873 e 1889. Caracteriza-se por uma expansão acelerada da malha, em contraste com a anterior, feita por investimentos privados, no entanto com o estímulo de garantias de juros (ANTF, 2014).

A terceira fase, de 1889 até 1930, época da república velha, conta com um crescimento semelhante ao da etapa anterior, no entanto, é caracterizada por várias empresas passando por dificuldades financeiras, forçando o governo a assumir o controle de várias empresas. Nessa época o Mundo estava vivendo um período histórico complicado, a crise de 29 (ANTF, 2014).

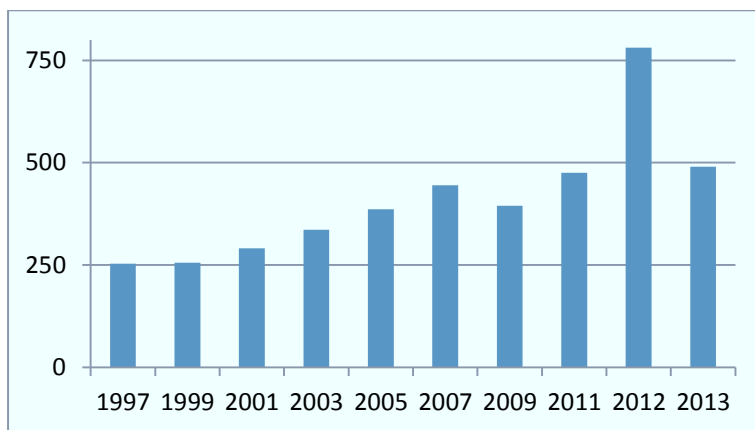
A quarta fase, de 1930 até 1960, compreende a era Vargas e o pós-guerra, passando por Juscelino Kubistchek. Observa-se nessa época o ritmo de expansão diminuindo e o controle das estatais crescendo. Foi

nesse período também que o País se aproximou dos Estados Unidos e passou a investir mais em rodovias (ANTF, 2014).

A quinta fase, de 1960 até 1990, situa-se no período militar, onde o controle das ferrovias se dava por oligarquias estatais, ocorrendo a desativação de ramais antieconômicos e implantação de trechos estratégicos. Assim como na fase anterior o Brasil recebia muitos investimentos vindos dos EUA, o que culminou na preferência da matriz rodoviária perante a ferroviária (ANTF, 2014).

A sexta fase inicia em 1990 e vai até os dias atuais, o marco dessa época foram as privatizações que aliviaram os cofres públicos das ferrovias deficitárias (ANTF, 2014). Desde então o setor cresceu 90%, finalizando 2013 com um total de aproximadamente 508 milhões de toneladas transportadas (ANTT, 2014). A Figura 11 ilustra esse avanço.

Figura 11: Volume de mercadorias transportadas de 1997 até 2013.



Fonte: Adaptado pelo autor de ANTF, 2013.

### 2.3. REDE FERROVIÁRIA FEDERAL S.A. RFFSA

A RFFSA era uma sociedade de economia mista, vinculada ao Ministério dos transportes. Criada em 1957, com a agregação de 18 ferrovias regionais. A sociedade durou 40 anos e em 1996 possuía ao todo 22mil km de ferrovias (RFFSA, 2014).

Em 1992 foi incluída no programa nacional de desestatização (PND) com o intuito de transferir ao setor privado os serviços de transporte ferroviário de cargas. Entre 96 e 98 foram feitas as desestatizações, sob concessão de 30 anos, desmembrando a rede em

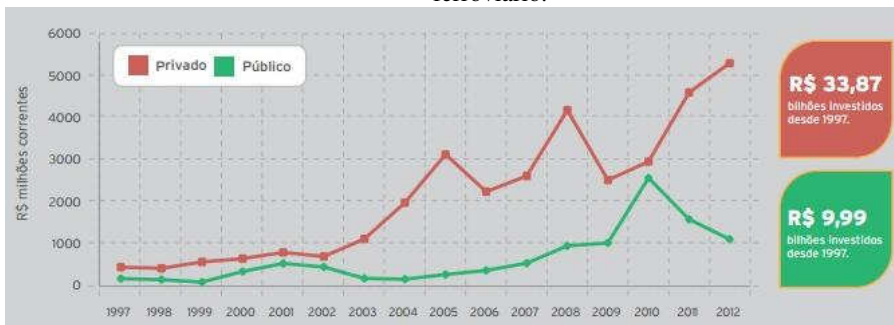
seis áreas. As ferrovias localizadas ao sul foram entregues a América Latina e Logística e a Ferrovia Tereza Cristina (RFFSA, 2014).

Em 22 de janeiro de 2007 a RFFSA foi extinta pela medida provisória n.º 353, posteriormente convertida na lei 11.483/2007, sendo parte do Plano de Aceleração do Crescimento (PAC). Que prioriza o atendimento ao setor produtivo, através de políticas de investimento privado, visando a otimização das concessões (ANTF, 2014).

Com o fim da RFFSA o governo teve um alívio de receita na ordem de R\$187 milhões por ano, isso devido à gestão deficitária e a insistência de manter ativos trechos antieconômicos (RFFSA 2014).

A Figura 12 compara os investimentos em ferrovias nos últimos anos. Pode-se observar que o setor privado possui aplicações maiores que o público. Esse fato é facilmente justificado, uma vez que, a empresa concessionária precisa investir nas linhas, a fim de, reduzir custos e tornar o caminho mais seguro, além de precisar atingir metas de desempenho impostas pelo Governo, sob pena de perder a concessão. Isso atrai mais clientes e evita multas por parte do governo.

Figura 12: Comparativo entre investimentos privados e públicos no setor ferroviário.



Fonte: CNT, 2013

## 2.4. ATUAL STATUS DAS FERROVIAS EM SANTA CATARINA

A figura 13 ilustra a atual situação do vetor sul do Plano Nacional de Logística dos Transportes, sendo as linhas tracejadas, malhas em estudo (PNLT, 2007).

Figura 13: Vetor sul PNLT



Fonte ANTF, 2011.

As linhas cheias representam as ferrovias existentes, as tracejadas, os projetos ferroviários concedidos, e as com traço longo com interrupções, os projetos de estado e união.

## 2.5. AS MALHAS EXISTENTES EM SANTA CATARINA SÃO:

- Ferrovía Teresa Cristina (FTC)
- All malha sul
- Ferrovía litorânea (Estudo)
- Ferrovía do frango (Estudo)

### 2.5.1. FERROVIA TERESA CRISTINA (FTC)

#### 2.5.1.1. HISTÓRICO

A Ferrovía Tereza Cristina (FTC) foi construída no final do século IX pela empresa James Perry Co, chamada originalmente de Donna Thereza Christina Railway Co. Ltda., com o intuito de suprir as

necessidades das minas de carvão do Sul de Santa Catarina, transportando o mineral da região das minas, em Lauro Müller, até os portos de Laguna e Imbituba (Zumblick, 1987).

Inicialmente a estrada de ferro contava com 118.096 m no tronco principal e 7.056 m entre a Bifurcação e o Porto de Laguna. Com o passar dos anos e conforme novas jazidas eram encontradas, surgiram outros ramais como o de Urussanga e o de Araranguá (FTC, 2014).

Atualmente a Ferrovia segue administrada, por meio de concessão, pela Ferrovia Tereza Cristina S.A., no entanto é operada pela Transferro Operadora Multimodal (FTC, 2014). Possui 164 km em bitola métrica passando por 13 cidades. Conta com 10 Locomotivas e 447 vagões suprindo as necessidades no setor carbonífero de Santa Catarina e também o setor de cerâmica (FTC, 2014).

A figura 14 ilustra uma locomotiva a vapor atravessando o Canal das Laranjeiras em Laguna/SC em 1936 aproximadamente.

Figura 14: Locomotiva da FTC em 1936.



Fonte: FTC, 2014.

De acordo com Amadio Vettoretti (1992) por volta de 1830 o carvão foi descoberto na região de Passa Dois, próximo á Lauro Muller. As dúvidas sobre a qualidade do carvão e as dificuldades de transporte fizeram com que muitos desistissem do direito de exploração do mineral. Somente em 1861 visconde de Barbacena assumiu a responsabilidade sobre a extração e em 1874 conseguiu autorização para a construção de uma ferrovia das regiões de minas até os portos de Laguna e Imbituba (Zumblick, 1987).



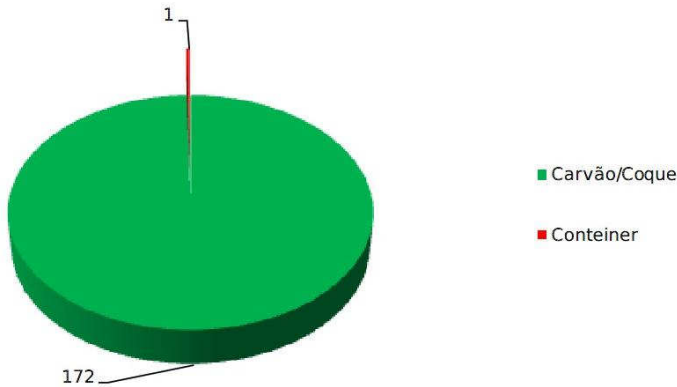
A construção da estrada de ferro teve início em 1880 utilizando dormentes de pinho creosotado, vindos da Europa, aço e cimento da Inglaterra, e mão de obra de colonos italianos da região. Em 4 anos estava pronto o tronco principal de 118.096m, ligando Imbituba até Minas e um ramal de 7.056m entre Bifurcação e o porto de Laguna. Todo o empreendimento contava com 44 pontes, 234 bueiros, 7 estações e oficinas em Imbituba (FTC, 2014).

Na época da sua construção o Eng. Fiscal João Caldeiras Messeder, que trabalhava para o governo, relatou a preocupação com o fato de a ferrovia estar sendo construída unicamente para o carvão, desprezando qualquer outra riqueza por onde passava. De fato a FTC fora construída unicamente pensando no minério. Não havia porto para descarregar os produtos que trazia dos portos e estava impossibilitada de prolongar-se da região das minas, devido ao terreno acidentado. Os ramais posteriores seguiram a premissa dos primeiros, abasteciam unicamente as minas (FTC, 2014). Isso deixou a ferrovia a mercê dos ciclos do carvão, não tendo uma perenidade de funcionamento, manutenção e viabilidade ao longo dos anos. O motivo que fez surgir essa malha também foi responsável pelo seu sucateamento.

Ao longo de sua existência a ferrovia passou por alguns momentos marcantes, como: a implantação do lavador de Capivari e o início do suprimento à Siderúrgica Nacional (1945); segunda crise do petróleo e início da operação da Usina Termoeletrica Jorge Lacerda (1965); danificação de trechos por cheias (1974); Estabelecimento da indústria Carbonífera Catarinense – objetivo de aproveitar os rejeitos de pirita como fonte de enxofre (1978); ainda na década de 70 a desativação do ramal que ligava a ferrovia ao porto de Laguna; desobrigação das siderúrgicas utilizarem carvão nacional (1990); Paralisação da Indústria Carbonífera Catarinense, após isso a FTC operou com praticamente um único cliente, a termoeletrica (1992); entrada da iniciativa privada, ampliação da usina de Capivari de Baixo e escassez de energia no País (1997) (ANTT, 2014).

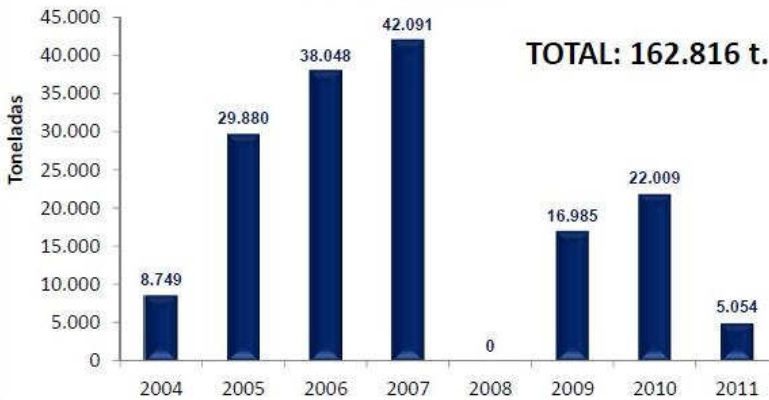
A falta de diversificação de produtos transportados deixa todo o setor vulnerável às oscilações do mercado. A Figura 15 e 16 transparece esse problema, praticamente os únicos produtos transportados foram o carvão e coque, sendo que em 2008 não houve nenhuma pallet ou contêiner trafegando na linha. O principal cliente é Complexo Termoeletrico Jorge Lacerda, em Capivari de Baixo, sendo que, qualquer instabilidade que o impeça de funcionar pode levar a FTC ao abandono.

Figura 15: Mercadoria transportado, em TKU, pela FTC em 2011.



Fonte: ANTT, 2011

Figura 16: Cargas gerais (pallets + contêineres) transportados FTC.



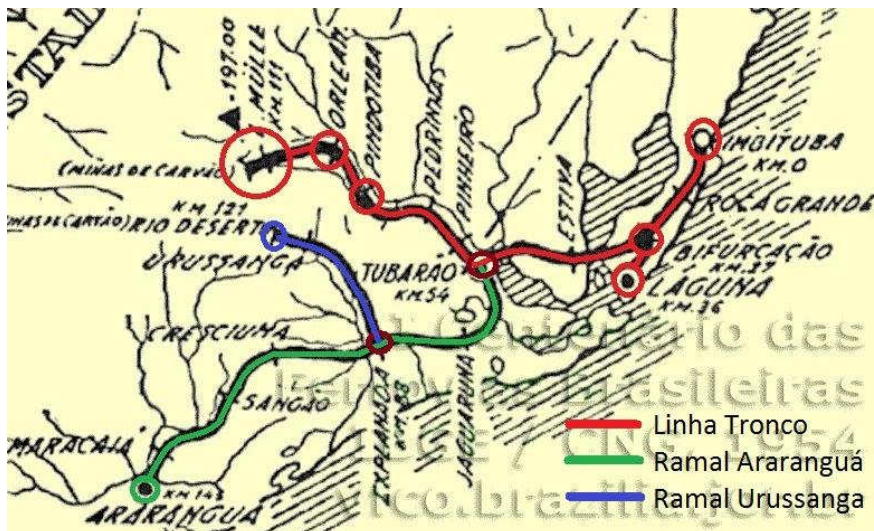
Fonte FTC, 2011.

Esse histórico mostra a suscetibilidade da Tereza Cristina quanto ao carvão e serve de alerta para novos investimentos. Apostar em um único produto ou cliente é um risco muito grande. Esse fato não pode ser repetido. Principalmente pensando na ferrovia da integração, ou do frango. Onde o seu caminho deve ser pensado não somente para os produtos do oeste, como também na logística de transporte de todas as regiões por onde passa.

### 2.5.1.2.EXPANSÃO

A Figura 17 um mapa das linhas originais da Ferrovia Tereza Cristina, onde para melhor visualização foram destacados os principais ramais.

Figura 17: Principais ramais da FTC.



Fonte: Alterado pelo autor de IBGE, 2014-Centenário das ferrovias brasileiras.

#### 2.5.1.2.1.RAMAL ARARANGUÁ 1917-1927

A primeira expansão da rodovia se deu devido a um conteso global. Devo à primeira Guerra Mundial o mundo sofria uma escassez de carvão. Foram então construídos dois trechos, o primeiro totalizando 56.550m ligava Tubarão às minas de Criciúma; e o segundo totalizando 35.300m ligava Araranguá à Criciúma, a ideia era carregar produtos e safras agrícolas, primeira tentativa de aumentar a área de abrangência da FTC e diminuir a sua dependência do minério. Assim o ramal fora inaugurado em 18 de janeiro de 1927. (FTC, 2014)

#### 2.5.1.2.2.RAMAL URUSSANGA 1919-1925

A descoberta de Hulha Negra na região de Urussanga se deparou com a falta de transporte para viabilizar as escavações. Dessa forma em 1918 foi dada a autorização à Companhia Brasileira Carbonífera de Araranguá – CBCA para a construção do trecho. No entanto, a construção não era interessante, uma vez que, isso abriria portas para a concorrência. A companhia Carbonífera de Urussanga – CCU - Solicitou então ao Tribunal de Contas autorização para ela mesma construir o trecho, tarefa que iniciou em 1919 e terminou em 1925 (FTC, 2014).

### **2.5.1.2.3.RAMAL TREVISÓ 1946-1947**

Localizado no Km 113 da linha tronco o projeto foi aprovado em 1942 e as obras iniciaram em 1943 totalizando 14.400m. Esse trecho possui o único túnel da ferrovia que possui 338,45m de extensão (FTC, 2014).

### **2.5.1.3.NOVOS PROJETOS**

A principal expectativa da FTC é a implantação dos projetos Ferrovia Litorânea e Ferrovia Leste-Oeste, que ao integrá-la à malha ferroviária nacional, constituirão um importante corredores de cargas, ao permitir ampliar o acesso ferroviário aos portos e, esses, ao extremo Oeste de Santa Catarina, contribuindo, significativamente, para o desenvolvimento do Estado. Essa ampliação proporcionará o transporte de muitos outros produtos como cerâmica, granéis agrícolas e minerais, fertilizantes, metalúrgicos e siderúrgicos, produtos frigorificados, madeiras e derivados, carga geral e contêineres. Produtos de extrema importância para todo o País. (FTC, 2014)

A Figura 18 mostra a atual rede catarinense de ferrovias, sendo que a Ferrovia Litorânea e o Corredor ferroviário ainda estão em estudo.

Figura 18: Atual malha ferroviária catarinense



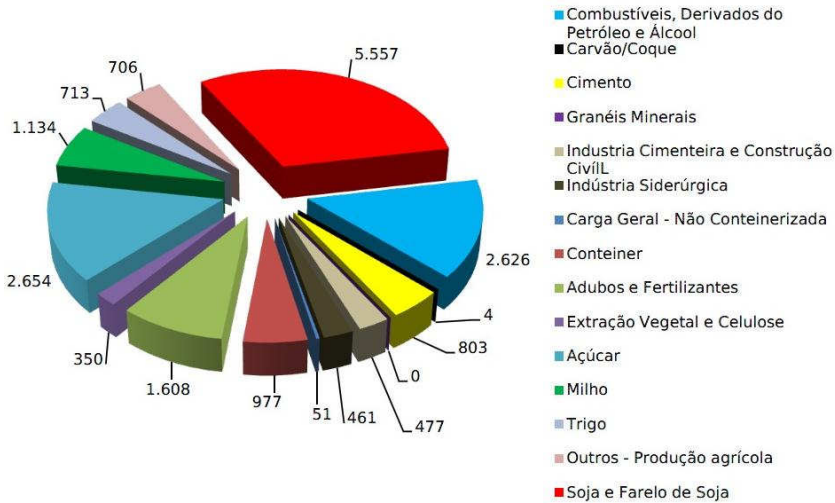
Fonte: DNIT, 2014. A Figura pode ser encontrada em <http://www.dnit.gov.br>. Acesso em 25/05/2014.

### 2.5.2. ALL MALHA SUL – BITOLA MÉTRICA (ALL)

A ALL Malha Sul possui 7.304 km em bitola métrica suprimindo desde o sul do Rio Grande do Sul até o norte do Paraná divisa com São Paulo. Ao longo desse caminho atende os portos de Paranaguá-PR, São Francisco do Sul-SC e Rio Grande, RS, passando por Porto Alegre (RS) e o terminal hidroviário de Estrela (RS) (ANTT, 2014). Além de oficinas, possui duas mecânicas de vagões, em Mafra (SC) e Ponta Grossa (PR), e uma especializada em Locomotivas na cidade de Curitiba (PR)(ALL, 2014).

Os principais produtos transportados podem ser observados na Figura 19 retirada do Relatório Anual de Acompanhamento das Concessões Ferroviárias – 2011 da ANTT.

Figura 19: Principais mercadorias transportadas em milhões de TKU -201.



Fonte: ANTT, 2011.

Essa variedade de mercadorias transportadas é justificada pela facilidade de integração intermodal devido aos números de pontos de carga observado na Figura 20, além da sua proximidade com polos produtores de materiais de grande volume. A ferrovia também se especializou em transporte específico para alguns setores como foi o caso dos terminais adaptados para recebimento de cargas refrigeradas em Esteio, Cambe, Cascavel e pontos de recarga de temperatura em Guarapuava e Curitiba. E os containers especializados para o transporte da indústria cimenteira (ALL, 2014).

**Figura 20:** Comparativo entre FTC e ALL SUL

ANUÁRIO ANTT 2013									
FERROVIA	BITOLA	EXTENÇÃO (km)	ESTADOS DE ATUAÇÃO	CONEXÃO COM PORTOS	CONEXÃO COM OUTRO PAÍS	PRINCIPAIS PRODUTOS	N ACIDENTES	CAUSA PRINCIPAL DOS ACIDENTES	VELOCIDADE MÉDIA DE PERCURSO (km/h)
ALL MALHA SUL	1,00	7.254	SP/PR/SC/ RS	6	ARGENTINA	COMBUSTÍVEIS, AÇUCAR, MILHO, SOJA E CONTAINER	208	INFERÊNCIA DE TERCEIROS	14,85
F.T.C.	1,44/1	11	SC	1		CARVÃO	3	VIA PERMANENTE	28,51

Fonte: Adaptada pelo autor de ANTT, 2013.

Tudo isso ajudou a aumentar o número de clientes e a diversificar os setores econômicos atendidos, que podem de ligar a quatro terminais hidroviários: Santos (SP), Paranaguá (PR), São Francisco do Sul (SC) e Rio Grande (RS) (ANTT, 2014).

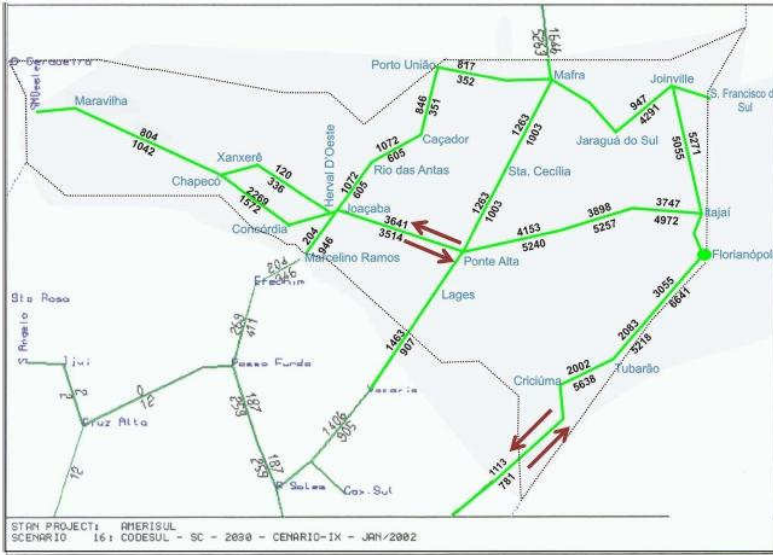
### 2.5.3. MALHAS EM ESTUDO:

Em 2003 a Secretaria de Infra Estrutura de Santa Catarina (SIE-SC) desenvolveu o um estudo de viabilidade da expansão e integração da malha ferroviária catarinense, o qual propõe dois projetos:

- Ferrovia Litorânea, que ligaria o porto de Imbituba à Araquari, com 236 km, interligando a ALL com a FTC e quatro portos (BRASIL, 2014).
- Corredor Ferroviário, com 316 km, conecta Itajaí e a Ferrovia Litorânea à Dionísio Cerqueira, passando por Chapecó e Herval do Oeste, no Vale do Rio do Peixe.

A Figura 21 mostra o cenário ferroviário esperado para 2030 em SC (BRASIL, 2014).

Figura 21: Cenário Ferroviário 2030.



Fonte: FILHO, 2011.

A Figura 22 aponta os corredores de maior viabilidade, sendo o Módulo 1 o mais rentável.

Figura 22: Corredores de maior viabilidade.



Fonte: FILHO, 2011.



O maior desafio da proposta de integração é a ligação com as malhas antigas, em bitola métrica, uma vez que os principais projetos de ferrovia devem obedecer a bitola oficial do Brasil, 1,60 m (CURY, 2011).

### **2.5.3.1. FERROVIA LITORÂNEA, LIGAÇÃO IMBITUBA – ARAQUARI**

A ferrovia litorânea, em Santa Catarina, tem por finalidade conectar os portos de Imbituba, Itajaí, Navegantes e São Francisco do Sul por via férrea. Segundo o Eng. Mário Dirani, Diretor de Infra Estrutura ferroviária do DNIT, essa interligação viabilizará o Corredor Ferroviário, ITEM 2.5.4, uma vez que, ajudará a escoar os produtos vindos do oeste do estado para os portos de Santa Catarina. Também é esperado um aumento na densidade de carga no litoral, na ordem de seis milhões de tonelada em 2010 para 9 milhões até 2030 (DNIT, 2014).

A Figura 23 será apresentada para visualizar melhor a ferrovia litorânea, destacada em roxo.

Figura 23: Atual malha ferroviária catarinense.



Fonte: DNIT, 2011. A Figura pode ser encontrada em <http://www.dnit.gov.br>

É importante ressaltar que além da construção de ferrovias, também é necessário investir no aumento da capacidade dos portos, tecnologias de carga e descarga e em terminais intermodais no interior do estado (PORTOGENTE, 2013). Além da necessidade de resolver o problema de bitolas, uma vez que a obra prevê largura entre boletos de 1,60 m enquanto que tanto a ALL SUL quanto a FTC utilizam 1,00m.

#### 2.5.4. CORREDOR FERROVIÁRIO DE SC (FERROVIA LESTE-OESTE OU DO FRANGO)

O corredor ferroviário de Santa Catarina possui a função de interligar o oeste ao litoral saindo de Dionísio Cerqueira passando pela região de Chapecó em direção à Herval do Oeste onde se encontra com a ferrovia do contestado-Atual ALL, desativada, seguindo em direção a Lages onde encontra outro ramal da ALL malha Sul e indo até Itajaí. A ferrovia teria 848 km sendo que o trecho de maior viabilidade é entre Herval D'Oeste e Itajaí.(BRASIL, 2014).

A figura 24 contextualiza a Ferrovia do Frango, em vermelho, com as demais linhas de Santa Catarina.

Figura 24: Atual malha ferroviária catarinense



Fonte: DNIT, 2011. A Figura pode ser encontrada em <http://www.dnit.gov.br>

Essa ferrovia passará pelos polos: agroindustrial, papel e celulose e têxtil, como pode ser observado na figura 1, indo até a Ferrovia Litorânea, que por sua vez, dará acesso aos principais portos de Santa Catarina, tornando seus produtos mais competitivos no mercado internacional. Em termos de integração, essa via, corta as duas malhas da ALL responsável por interligar a região de São Paulo com o Sul do Brasil, além disso, possui uma de suas pontas permitirá o acesso aos portos de Santa Catarina. Podendo tornar a região muito rica em comércio e principalmente conhecida por sua intermodalidade (DNIT, 2012).

A ferrovia também prevê uma ligação com a Ferrovia da União, o que tornará possível escoar a produção agrícola de centro oeste pelos portos do sul do Brasil, além de criar um caminho para os produtos do sul até a região agrícola do país.

Em 2030, a ferrovia poderá transportar 5,7 milhões de Toneladas no seu trecho mais movimentado, entre Herval D'Oeste e Itajaí (DNIT, 2012). Esse valor representa aproximadamente 447 carretas a menos por dia nas rodovias de SC, o memorial de cálculo para essa conta será apresentado em 3.1 Comparações entre vagões e caminhões. Além disso, agilizaria as operações de carga e descarga nos portos tornando esses mais atrativos, trazendo com isso mais desenvolvimento ao estado.

### 3. ASPECTOS TÉCNICOS DE ENGENHARIA FERROVIÁRIA

#### 3.1. COMPARAÇÃO ENTRE VAGÕES E CAMINHÕES

A figura 25 apresenta uma relação entre vagões e caminhões graneleiros, dando grande vantagem para o primeiro.



Fonte Vilaça 2010.

Tomando esses dados como base para simular o número de caminhões que podem deixar de circular nas rodovias que ligam o oeste ao litoral de Santa Catarina, com base na premissa do DNIT, citada em 2.2.4, que em 2030 o Corredor Ferroviário poderá transportar 5,7 milhões de toneladas em seu trecho mais movimentado. Desenvolveu-se a Tabela 2.

**Tabela 2:** Redução do número de veículos por dia em rodovias que ligam o oeste ao litoral de SC.

NÚMERO DE CAMINHÕES A MENOS NAS ESTRADAS SEGUNDO ESTIMATIVA DO DENIT PARA O TRANSPORTE DE CARGA PARA O CORREDOR FERROVIÁRIO EM SC			
CARGA PREVISTA EM 2030 (kton)	5.700	VAGÕES	CARRETAS
CAPACIDADE DE CARGA (ton.)		100	28
N DE VAGÕES/CARRETAS (ANO)		57.000	203.571
N DE VAGÕES/CARRETAS (MÊS)		4.750	16.964
N DE VAGÕES/CARRETAS (DIA)	20 dias/mês	238	848
N DE VAGÕES/CARRETAS POR VEÍCULO DE TRACÇÃO		20	1
N DE VEÍCULOS/DIA		12	848

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Nessa comparação pode-se observar que a eficiência do transporte ferroviário é muito superior ao do rodoviário, enquanto que em um modal é preciso apenas 12 viagens por dia para suprir a demanda, no outro são necessárias 848. Além disso, é importante ressaltar que as ferrovias podem trabalhar praticamente full time, sem interrupções, ao contrário das rodovias que estão sujeitas a maiores imprevisibilidades.

A discussão sobre sustentabilidade está cada vez mais inserida na sociedade, no entanto quando se trata da matriz de transporte, no Brasil, essa preocupação parece não ser levada em conta, já que se investe muito em rodovias, em detrimento das ferrovias.

O acréscimo de 5,7 milhões de toneladas de cargas para o litoral de Santa Catarina pode representar, caso seja feito por meio rodoviário, além de ultrapassar a capacidade das estradas e tornar o trânsito lento, causar um acréscimo no número de acidentes, colocando vidas humanas em

risco. Aumentará o custo dos produtos e diminuir a competitividade do estado.

### 3.2. DISTÂNCIA IDEAL PARA CARGAS EM CADA MODAL

A distância ideal para o transporte rodoviário é em torno de 400 Km (VILAÇA, 2010). Como pode ser observado na Figura 26, a distância ideal para o transporte rodoviário é em torno de 400 Km (VILAÇA, 2010). Se analisar apenas geometricamente Santa Catarina, que possui aproximadamente 380 km de norte a sul e 500 km em linha reta, de Itajaí à fronteira com a Argentina, seria necessário, no mínimo, uma ferrovia que o atravessasse de leste a oeste e outra atravessando de sul a norte.

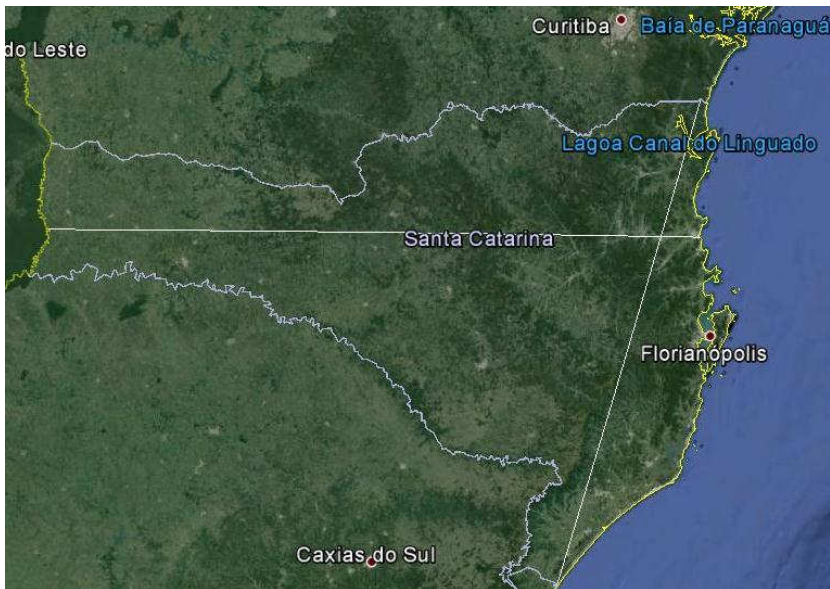
Figura 26: Distância ideal para cada meio de transporte.



Fonte: Vilaça, 2010.

A Figura 27 apresenta os pontos dos quais se estimou as dimensões apresentadas acima.

**Figura 27:** Distância entre extremos do estado.



Fonte: Google Earth, 2014.

As rodovias apresentam custo benefício mais competitivo em curtas distâncias e um período de retorno mais atrativo que as ferrovias (Albuquerque, 2011). Além disso, a constância dos serviços e o transporte dito de “porta em porta” são grandes atrativos desse modal. Após a década de 1950, onde o Brasil dependia muito de investimentos vindos dos EUA, o setor rodoviário foi se tornado o principal meio de transporte do País.

As estatizações e a dependência dos investimentos estrangeiros fizeram com que grande parte das ferrovias brasileiras fossem abandonadas com o tempo, se tornando menos atrativas aos clientes. Somando isso ao baixíssimo esforço do governo em divulgar as ferrovias para atrair novos negócios, muitos trechos ficaram reféns do transporte de um único produto, caso da FTC em SC, até que crises localizadas acabassem por tornar os ramais antieconômicos.

Para piorar a imagem das estradas de ferro, a baixa manutenção das máquinas e trilhos tornavam as viagens nem um pouco seguras ou constantes, que pode ser observado nos gráficos de redução de acidentes nos Relatórios Anuais de Desempenho das Ferrovias Concessionadas. O estado de abandono chegou ao ponto de invasões tomarem as margens das ferrovias. Vindo a se tornar um grande empecilho hoje em dia.

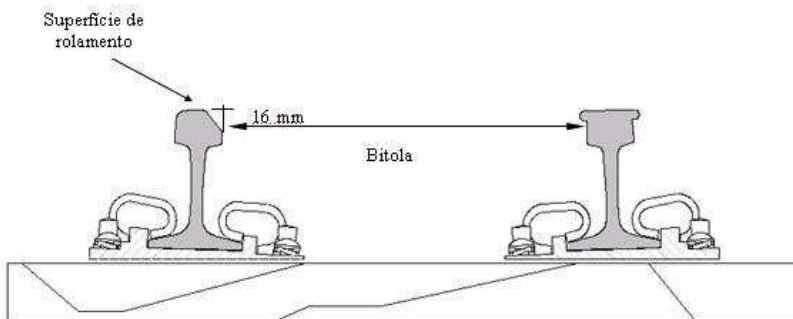


### 3.3. CONCEITOS BÁSICOS

#### 3.3.1. BITOLA

Bitola é a distância entre as faces internas dos boletos dos trilhos, tomada por uma linha normal a elas, 16 mm abaixo do plano constituído pela superfície de rolamento (ANTF, 2014). A Figura 28 ajuda a visualizar melhor o conceito apresentado.

Figura 28: Conceito de bitola



Fonte: [http:// www.mundoferroviário.com](http://www.mundoferroviário.com) acesso 15 de junho de 2014.

Em 1907, na Conferência Internacional de Berna, ficou oficialmente adotada como “bitola internacional”, ou padrão, a de 1,435 m, ou 4’8,5” . Acredita-se que o valor corresponde a distância entre rodas utilizadas nas primeiras ferrovias entre Stokton e Darlington e Liverpool e Manchester (BRINA, 1983). Essa bitola é utilizada em países como Alemanha, França, Inglaterra e Estados Unidos.

A padronização facilita as relações entre estados limitiformes, porém, na prática, muitos países adotam outras distâncias entre eixos, sendo que o panorama atual encontra-se dividido em 60% das ferrovias utilizando essa bitola; 23%, bitolas superiores e 17%, bitolas estreitas, ou seja, inferiores a padrão (CURY, 2011).

Mesmo dentro de uma mesma nação essa coexistência ocorre como em Portugal e Espanha, dificuldades as relações comerciais com o resto da Europa.

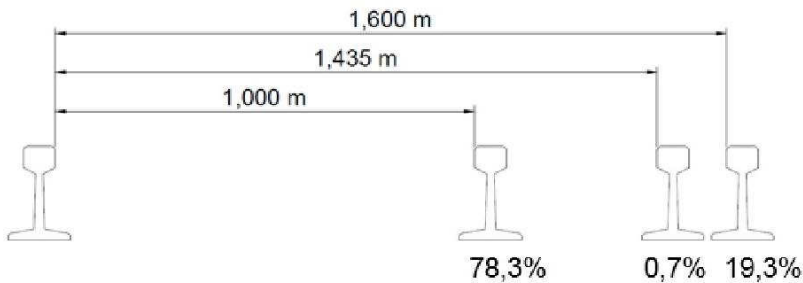
Um exemplo de país que decidiu por unificar a sua rede em uma única medida foi os Estados Unidos, que em praticamente 25 anos, ente

1861 e 1886, passaram de uma malha de mais de 20 bitolas diferentes para 96% da malha padronizada em 1,435 m (CURY, 2011).

No caso do Brasil, o Plano Nacional de Viação criado no governo Castelo Branco, em 1964, definiu como a bitola padrão, para os estados ao sul do paralelo de Brasília, a distância entre linhas de 1,60 metros, “bitola larga” (BRINA, 1983). Posteriormente em 1973 com a lei 4592/73, essa, tornou-se a bitola oficial. Porém, na prática, como se pode observar na Figura 28, são utilizadas três diferentes medidas. A mais difundida é a bitola métrica com 78,3% de representação, seguida da larga, com 19,3% e menos expressiva, com 0,7%, a padrão. Sendo essa última utilizada basicamente nos metrô (CURY, 2011).

A figura 29 apresenta um esquema visual das bitolas existentes no Brasil e suas concentrações.

Figura 29: Esquema das bitolas utilizadas no Brasil.



Fonte: Tamagusko, 2013.

Também é utilizada no Brasil a bitola mista, via férrea com três linhas de trilhos paralelos, para permitir a passagem de veículos de bitolas diferentes. (ANTF, 2014). A sua participação é de 1,7% (TAMAGUSKO, 2013)

A Tabela 3 mostra, segundo o Relatório Anual de Acompanhamento das Concessões Ferroviárias de 2013, o panorama atual sobre o assunto.

**Tabela 3:** Relação das concessionárias e as bitolas adotadas.

ANUÁRIO ANTT 2013			
FERROVIA	BITOL A	EXTENÇÃO	ESTADOS DE ATUAÇÃO
ALL MALHA NORTE	1,6	617	MT/MS
ALL MALHA OESTE	1	1945	MS/SP
ALL MALHA PAULISTA	1,6	1463	SP
	1	243	
	1,6/1	283	
ALL MALHA SUL	1	7254	SP/PR/SC/RS
	1,44/1	11	
E.F.CARAJÁS	1,6	892	PA/MA
E.F. VITÓRIA A MINAS	1	905	MG/ES
F. CENTRO ATLÂNTICA	1	7897	BA/GO/MG/ES/SP/RJ
	1/1,6	169	
E.F. PARANÁ OESTE	1	248	SP/PR/SC
F. NORTE SUL	1,6	2200	PA/MA/TO
F.T.C.	1	164	SC
MRS LOGÍSTICA	1,6	1632	MG/RJ/SP
	1/1,6	42	
TRANSNORDESTIN A L.	1	4189	MA/PI/CE/PB/RN/PE/AL/S E
	1/1,6	18	

Fonte: Adaptado pelo autor de ANTT, 2013.

A relação apresentada não leva em conta os metrôes do Brasil, apenas ferrovias concessionadas.

Como observado, o Sul é o único a não apresentar distâncias entre trilhos de 1,60 m. Esse fato pode ser entendido levando-se em conta a topografia da região e as dificuldades tecnológicas da época. O custo de implantação de uma ferrovia é menor para estradas mais estreitas, pois existem menos gastos com elementos físicos, além da área de intervenção ser reduzida, bem como o tamanho das obras de arte (LACERDA, 2009).

Quanto maior o número de bitolas presentes em um estado, maiores são as dificuldades de integração da rede. Santa Catarina, assim como toda a região sul, podem ficar às margens do desenvolvimento

ferroviário caso não consiga se ligar ao resto da malha nacional, o que pode comprometer a escolha desse modal pelos clientes.

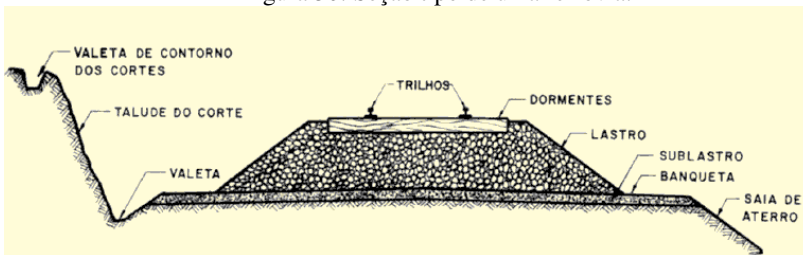
A possibilidade de contato entre as ferrovias brasileiras tornaria a logística do setor mais atraente, possibilitando que produtos cheguem a um número maior de locais, tendo a oportunidade de escolher caminhos alternativos, flexibilizando o sistema e diminuindo a dependência de apenas uma via para o transporte de toda a mercadoria.

Os novos projetos ferroviários partem da premissa estabelecida pela Lei 4592/70 e são executados em 1,60 m, criando um empecilho à integração com as antigas malhas métricas. Esse assunto será abordado mais adiante. Antes é necessário apresentar outros conceitos.

### 3.3.2. INFRAESTRUTURA FERROVIÁRIA

A Figura 29 ilustra a seção transversal básica de uma ferrovia, composta de infraestrutura e superestrutura. A primeira é constituída pela terraplenagem e todas as obras situadas abaixo dela, incluindo obras de artes especiais (BRINA, 1979). É importante perceber que é essa parte que absorve todo o carregamento do conjunto da superestrutura mais comboio. Para tal a superestrutura deve ser dimensionada para que a tensão na superfície superior do leito, camada mais externa da infraestrutura, não seja superior a tensão máxima resistente do mesmo.

Figura 30: Seção tipo de uma ferrovia.



Fonte: BRINA, 1979.

### 3.3.3. SUPERESTRUTURA

A superestrutura, por sua vez, é composta pelo lastro, dormentes e trilhos, onde ao conjunto dos dois últimos dá-se o nome de grade. Em casos especiais, onde a resistência do leito não é satisfatória, pode-se empregar uma camada de sublastro (BRINA, 1979).

### **3.3.3.1.SUBLASTRO:**

Parte inferior do lastro, em contato direto com o leito da linha, é construída de material mais econômico que o da parte lastro, porém capaz de oferecer suficiente capacidade de drenagem e suporte para as pressões que lhe forem submetidas (ANTF, 2014).

As principais funções são:

- Aumentar capacidade de suporte do leito.
- Evitar a erosão do leito.
- Permitir certa elasticidade ao apoio do lastro.
- Medida de economia, uma vez que o material é mais barato que o do lastro.
- Absorver melhor os esforços do lastro e transmiti-los à plataforma terraplenada.
- Evitar que o material granular do lastro penetre no leito.

O item pode ser dispensável conforme critério de projeto (BRINA, 1979).

### **3.3.3.2. LASTRO**

Parte da superestrutura ferroviária, que distribui com uniformidade na plataforma, os esforços transmitidos através dos dormentes, impedindo o deslocamento dos mesmos, oferecendo suficiente elasticidade à via, reduzindo impactos e garantindo-lhe eficiente drenagem e aeração (ANTF, 2014).

Para BRINA (1979), são funções do lastro:

- Distribuir os carregamentos dos dormentes até a plataforma (ou sublastro).
- Suporte elástico, atenuando as vibrações.
- Formar uma superfície contínua, impedindo o deslocamento dos dormentes.

- Facilitar a drenagem da superestrutura, evitando o efeito da poropressão.
- Produzir menor taxa de trabalho sobre o leito.

### **3.3.3.3. DORMENTES**

Peça de madeira, ferro, concreto armado ou protendido, onde os trilhos são fixados e apoiados, transmitindo ao lastro os esforços e vibrações produzidas pelos trens (ANTF, 2014).

É o elemento da superestrutura ferroviária que recebe e transmite ao lastro os esforços produzidos pela passagem dos veículos, servindo de suporte dos trilhos, permitindo a sua fixação e mantendo constante a bitola durante toda a sua vida útil (BRINA, 1979).

Funções:

- Redução e transferência de cargas.
- Distribuir melhor as tensões aumentando a área de contato.
- Suportar os trilhos garantindo-lhes uma bitola constante.
- Absorver vibrações.
- Fixação dos trilhos.

Além disso, os dormentes precisam ter alguns atributos mecânicos, como: durabilidade, rigidez, elasticidade e resistência aos esforços, serem isento de defeitos, precisam permitir a realização da “socaria”, sem se deslocarem lateralmente (ALVES, 2005).

#### **3.3.3.3.1. MATERIAIS UTILIZADOS:**

##### **3.3.3.3.1.1. MADEIRA**

Apresenta propriedades mecânicas adequadas, como: resistência às tensões atuantes, elevado módulo de elasticidade e grande flexibilidade. No Brasil a madeira mais utilizada é a

sucupira (BRINA, 1979). Uma vantagem desse material é que ele pode ser feito a partir de reflorestamento, como o de eucalipto (ALVEZ, 2005). Além disso, ao ser substituído pode ser utilizado, ainda, como mourões, lenha ou outra forma de reciclagem. Isso ajuda a diminuir o impacto ambiental das ferrovias.

#### **3.3.3.3.1.2. CONCRETO**

Material excelente em locais que apresentam escassez de madeira, possui dimensões regulares e seção mais homogênea, comparada a madeira. Os pontos negativos, por ser um material rígido, são relacionados à fadiga e absorção de vibrações, logo esses itens devem ser levados em conta quando do dimensionamento dos mesmos.

#### **3.3.3.3.1.3. CONCRETO PROTENDIDO**

Vale as mesmas considerações descritas acima, no entanto, como possui protensão a peça se torna mais resistente que as de armadura passiva. Nos dois casos a fixação entre trilho e dormente deve ser feita utilizando algum material que absorva vibrações.

#### **3.3.3.3.1.4. AÇO**

Reduz em 20% a demanda de peças por quilômetro e permite a

reciclagem, porém, por ser um material leve, prejudica a estabilidade da via. (ALVEZ, 2005). O perfil metálico necessita de um investimento maior, no entanto por distribuir melhor as tensões, pode-se diminuir a altura do lastro. Um limitante da sua utilização é a elevada emissão de poluição sonora, ruído, quando da passagem de veículos.

#### **3.3.3.3.1.5. PLÁSTICO**

Possui a durabilidade de um dormente de aço e a leveza de um de madeira, porém seu custo é elevado quando comparado ao de outros materiais. (ALVEZ, 2005). Esse material possui um elevado potencial, principalmente por suas questões ambientais. O maior desafio é como tornar economicamente viável essa alternativa.

#### **3.3.3.4. TRILHO [TR]**

Barras de aço, de formato especial, postas em fila dupla e paralela, sobre dormente, nas quais circulam as rodas dos veículos ferroviários (ANTF, 2014).

Perfil metálico semelhante ao duplo “T”, que constitui a superfície de rolamento suportando e guiando as rodas (ANTF, 2014). A Figura 31 ajuda a visualizar.



Figura 31: Trilho ferroviário

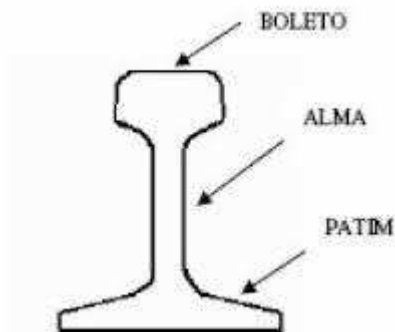


Fonte: <http://ferroemetal.com.br/trilhos-ferroviarios/attachment/trilhos-ferroviarios-a-ferro-e-metal-img-01>

São funções dos trilhos: formar a superfície de rolamento, servirem de guia e passarem os esforços para os dormentes (BRINA, 1979).

O perfil utilizado em trilhos ferroviários convencionais é o “Vignole”, composto por boleto, alma e patim (NBR, 7590). Assim como na Figura 32.

Figura 32: Perfil Vignole.



Fonte: SEMPREBONE, 2005.

Boleto é a parte superior do perfil e destina-se ao apoio e deslocamento da roda, sendo assim de fundamental importância para determinar as condições de contato ao rodar. A alma é a parte intermediária do perfil, servindo para aumentar o momento de inércia da peça e com isso melhorando a sua resistência. A base é chamada de patim, pelo qual o trilho é apoiado e fixado nos dormentes (BRINA, 1979).

#### **3.3.3.4.1. DURABILIDADE**

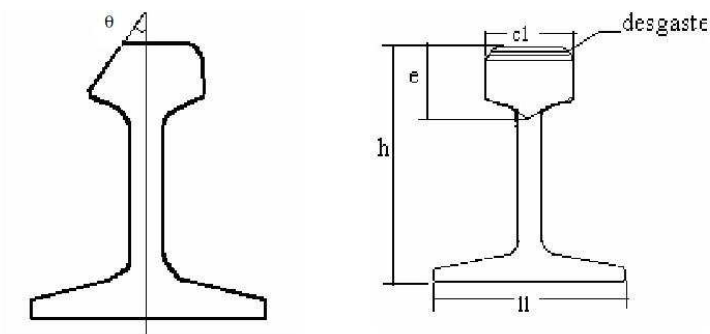
O contato roda-trilho gera desgastes e faz surgir defeitos, que, dependendo de sua natureza e magnitude, podem comprometer o desempenho da via. Quanto mais acentuados esses problemas, mais a segurança é prejudicada. Isso faz crescer a necessidade de recuperação e até substituição dos elementos (BRINA, 1979). A falta de manutenção pode causar sérios acidentes, principalmente em vias destinadas ao transporte de pessoas.

Defeitos nos trilhos afetam diretamente os custos de uma ferrovia e por isso devem ser estudadas a fim de prolongar a vida útil dessas peças. Também é importante saber quando uma substituição deve ocorrer.

A Figura 33 aponta os locais onde ocorrem desgastes, podendo apresentar uma perda de seção na ordem de 12 mm, em linhas principais, e de 15 a 20 mm para as secundárias, na direção vertical. E um consumo lateral do boleto, medido pelo ângulo  $\theta$ , entre 32 e 34° (BRINA, 1979).

Como esse efeito do uso ocorre geralmente em apenas um lado do trilho, o mesmo pode ser reaproveitado em outra fila até que seu desgaste atinja aproximadamente 25% da área do boleto (SEMPREBONE, 2005).

Figura 33: Desgaste das áreas em contato com as rodas



Fonte: (BRINA, 1979)

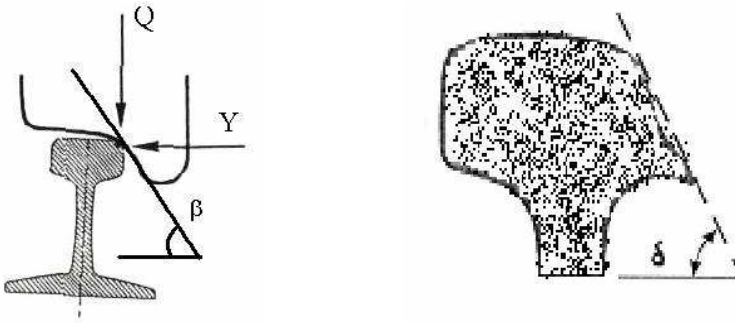
Para verificação dos desgastes a RFFSA fazia uso de um gabarito de 3 faces, indicando 12, 17 e 25% de perda de seção. Atualmente existem métodos mais modernos como leituras e laser e scanners (SEMPREBONE, 2005).

### 3.3.3.4.1.1. PROBLEMAS RELACIONADOS AO DESGASTE.

O desgaste do trilho e das rodas decorrentes do atrito faz com que a geometria de contato se altere, podendo comprometer a estabilidade do veículo ferroviário. (SEMPREBONE, 2005).

A Figura 34 ilustra as forças verticais “Q” e laterais “Y”, geradas principalmente em curvas, que podem atuar em uma seção de trilho ferroviário, além do ângulo de “ $\beta$ ” referente à superfície de contato entre o rodado e trilho novo, e o ângulo “ $\delta$ ”, do trilho desgastado.

Figura 34: Forças atuantes no contato trilho/roda.



Fonte: BRINA, 1979.

A razão entre os esforços horizontais e verticais ( $Y/Q$ ) determinam a tendência para as rodas descarrilarem (SEMPREBONE, 2005).

Modelos matemáticos e experimentais de campo apontam que intervalos de ( $Y/Q$ ) inferiores a 0,6 forçam a roda a permanecer sobre o trilho. Entre 0,6 e 0,8 pode ocorrer descarrilamento, dependendo das condições de desgaste. E para  $Y/Q$  igual a 0,82 a roda se eleva ao trilho. Para relação de 1,29 o descarrilamento ocorre inclusive para trilho novo (SEMPREBONE, 2005). Baseado nisso foi elaborada a Tabela 4.

Tabela 4: Relação  $Y/Q$  e suas reações.

$Y/Q$	Reações
0,6	Forçam a roda a permanecer sobre os trilhos
0,75	Dependendo das condições de desgaste dos trilhos e rodas, pode acontecer de a roda subir no trilho
0,82	A roda se eleva ao trilho
1,29	A roda pode subir inclusive em trilhos novos

Fonte: Desenvolvida pelo autor com base em SEMPREBONE, 2005.

Além da relação entre as forças, o desgaste também facilita a escalada das rodas no trilho, uma vez que, o ângulo de inclinação da

face ativa do trilho “ $\beta$ ” é substituído pelo ângulo de desgaste “ $\delta$ ”, que na prática é menor que o primeiro (SEMPREBONE, 2005).

### **3.3.3.4.2. DEFEITOS DEVIDO A FABRICAÇÃO.**

Os defeitos nos trilhos trazem grande preocupação para as operadoras, uma vez que, a substituição de peças é muito onerosa, além de prejudicar a eficiência do trecho e aumentar o risco de acidentes.

Esses problemas podem ter origem quando da sua fabricação ou na utilização, principalmente quando envolvem cargas pesadas, grande intensidade de viagens e trechos em aclives (SEMPREBONE, 2005).

#### **3.3.3.4.2.1. VAZIO (BOLSA DE CONTRAÇÃO)**

Esse problema aparece no resfriamento do aço. A parte mais externa resfria mais rapidamente que o interior, isso faz com que haja uma retração das faces, criando pequenas fissuras. Com o tempo e uso do trilho as cargas e vibrações oriundas da passagem dos veículos faz com que essas fissuras aumentem, diminuindo a vida útil do perfil. Uma forma de minimizar isso é cortando a parte superior do lingote, no entanto isso diminui a seção da peça. (BRINA, 1979).

#### **3.3.3.4.2.2. SEGREGAÇÃO**

Consiste na localização de impurezas metálicas, principalmente no centro do lingote, que causam uma heterogeneidade a seção. Essas impurezas, geralmente compostos de fósforo e enxofre, são duras e quebradiças, comprometendo o desempenho mecânico do trilho. (BRINA, 1979)

#### **3.3.3.4.2.3. INCLUSÕES**

As inclusões não metálicas geralmente são produto de desoxidação do aço, formando elementos e partículas não solúveis, como escória de auto forno, ou gasosas, que ao se deslocarem podem

formar pequenos vazios e se depositarem tornando a peça sem homogeneidade. O ponto onde as inclusões se segregam é muitas vezes o ponto de partida para uma fenda interna da peça, particularmente de difícil descoberta. (BRINA, 1983). O efeito é semelhante à segregação, porém com elementos não metálicos. Esses defeitos podem ser eliminados com uma desoxidação e práticas de lingoteamento adequadas (BRINA, 1979).

#### **3.3.3.4.2.4. FISSURAS TRANSVERSAIS**

É uma fissura progressiva com início num centro cristalino ou núcleo, localizado na parte interna do bolete, do qual se propaga para o exterior, geralmente em ângulo reto ao comprimento do trilho (BRINA, 1979). Esse fenômeno se origina pela presença de minúsculas fendas capilares somadas às enormes cargas as quais os trilhos estão sujeitos. As fissuras surgem do resfriamento do lingote (MACEDO, 2009).

Os modos mais corriqueiros de identificar esse defeito são por passagem de corrente elétrica e por sistemas de sondagem e ultrassom.

#### **3.3.3.4.2.5. DEFEITOS DE LAMINAÇÃO**

Problema visto em análise visual, são geralmente ondulações, rebarbas e pregas. Não interferem na segurança (BRINA, 1979).

#### **3.3.3.4.3. DEFEITOS ORIUNDOS DE SERVIÇO**

##### **3.3.3.4.3.1. DEFORMAÇÃO DE PONTAS**

Ocorre devido aos choque entre rodas e a via férrea nas extremidades desses, quando da passagem de um perfil para outro. O problema é potencializado quando os extremos dos trilhos estão sobre um mesmo dormente, pois há uma tendência de acontecer um recalque maior sob o primeiro trilho, soerguendo o segundo, criando um choque quando a roda passa e causando deformações plásticas (BRINA, 1979).

Se a manutenção da via não mantiver bem nivelados os dormentes das juntas, em casos extremos, pode chegar a fadiga do metal

e fraturas junto aos furos onde são colocados os parafusos. (BRINA, 1979).

#### **3.3.3.4.3.2. DESGASTE POR AÇÃO QUÍMICA**

Oxidação dos trilhos ferroviários por agentes agressivos. Além de umidade e contato com maresia, alguns produtos favorecem o ataque químico à superestrutura como o carvão, o sal, e enxofre.

#### **3.3.3.4.3.3. AUTOTEMPERATURA SUPERFICIAL**

Fenômeno decorrente do atrito entre as rodas de uma locomotiva com os trilhos da ferrovia ao patinar tanto para acelerar ou frear. A camada superficial do metal se aquece e esfria rapidamente. Essa variação de temperatura superficial faz surgir pequenas fissuras superficiais, dando um aspecto de pele de cobra. Essas trincas eventualmente podem se perpetuar para o interior do trilho. (BRINA, 1979).

#### **3.3.3.4.3.4. ESCOAMENTO DO METAL NA SUPERFÍCIE DO BOLETO**

Causado por um trabalho mecânico a frio, repetição de choques das cargas, gerando deformação permanente. Esse escoamento acarreta um aumento aparente na dimensão do trilho e rebarba numa das extremidades.( BRINA, 1979)

#### **3.3.3.4.3.5. DESGASTE POR ATRITO**

Ocorre principalmente em curvas, acentuando-se nas de pequeno raio, devido ao atrito dos frisos das rodas às laterais internas dos boletos. A lubrificação dos componentes do truque ferroviário pode ser utilizada para diminuir a velocidade desse efeito (BRINA, 1979)

### **3.3.3.4.3.6. DESGASTE ONDULATÓRIO OU CORRUGAÇÃO**

É a criação de ondulações na superfície dos trilhos, não se sabe ao certo o motivo, mas não traz perigo a via, apenas ruídos excessivos (BRINA, 1979).

A corrugação causa degradação dinâmica na via, fadiga dos componentes da superestrutura e suspensão dos trens, propagação de defeitos internos dos trilhos, afrouxamento das fixações, fissuras e quebras de dormentes além de contaminação sonora, graças ao efeito da ressonância (SEMPREBONE, 2005).

## **3.4. PROBLEMAS LOGÍSTICOS DA MALHA ATUAL**

Ao analisar os relatórios anuais de desempenho das ferrovias, oferecidos pela ANTF, os resultados são promissores, com diminuição do número de acidentes e aumento da produção. Mesmo assim o Brasil ainda apresenta alguns gargalos.

Falhas nos projetos e falta de investimentos suficientes quando da construção das linhas fazem surgir problemas que tendem a se agravar com o tempo. Passagens em nível se tornam cada vez mais críticas, obrigando o comboio a desacelerar aumentando o tempo total da viagem e o consumo de combustível. Existência de moradias irregulares dentro das faixas de domínio, em muitas vezes se estendem por grande parte da via, prejudicando a sua capacidade, ao fazer com que o número de viagens possíveis durante um dia diminua (CNT, 2011).

Rampas com inclinação elevada, pequenos raios de curvatura, escolha inadequada da potência de locomotivas, compartilhamento de trilhos entre transporte de pessoas e de cargas além de invasões e passagens em nível são alguns dos motivos que prejudicam o desempenho das ferrovias.

A falta de expansão integrada da malha e regulamentação quanto à bitola tornam o modal menos atrativo e cria necessidade de transbordo. Além disso, a utilização de pistas simples aumenta o risco de toda a ferrovia ficar inoperante, caso haja algum problema, uma vez que, não é possível utilizar uma via secundária para abastecer os clientes.



Parte desse problema é decorrente do processo de concessões onde não era de interesse de uma empresa promover a integração com trechos de concorrentes, uma vez que, isso abria portas para o risco de uma empresa trafegar na ferrovia de outra o que a impediria de lucrar com aquele transporte. Outro fator são os interesses políticos dos países desenvolvidos de venderem sua tecnologia (FILOMENO, 2008).

Por conta disso alguns absurdos foram executados como as ferrovias E.F Araraquara e a Cia Paulista, onde a interligação só foi possível através da aplicação de um terceiro trilho. Essa solução que deveria ser meramente paliativa traz alguns problemas como: o tempo em que o trecho fica inoperante durante o processo de adaptação; o fato de a transformação do trecho de bitola larga ter um valor menor para ser transformado em misto do que converter os trechos de bitolas menores para mista não resolve o problema de dois trens circularem em sentidos opostos um mesmo trajeto, ou seja, continua sendo uma via simples.

Essas situações mostram o descaso com que o setor foi tratado nas últimas décadas no Brasil, a falta de investimento em viadutos, fiscalização das margens, manutenção dos trilhos, escolha inadequada de trilhos e dormentes, fazem com que algumas ferrovias não consigam atuar em sua capacidade máxima de carga e número de viagens. Alguns desses problemas serão apontados na sequência.

### **3.4.1. INVASÃO DE FAIXA DE DOMÍNIO**

Historicamente as ferrovias levam desenvolvimento por onde passam, isso fez com que muitas comunidades crescessem às suas margens e como consequência, atualmente, se observa muitas vias inseridas nos centros das cidades. Somando isso à problemas como especulação imobiliária, marginalização das comunidades carentes e o elevado déficit habitacional, entende-se um pouco melhor as moradias marginais às linhas.

Os fatos citados anteriormente forçam as comunidades carentes a ocupar regiões cada vez mais afastadas aos centros urbanos, ou seja, dos seus locais de trabalho, oportunidades, mercados, centros comerciais, cultura e lazer. Ao mesmo passo em que as políticas governamentais de habitação também buscam afastar as comunidades dos grandes centros, em busca de terrenos mais baratos para a construção de moradias.

A principal consequência disso é a necessidade de mobilidade, um dos principais problemas dos grandes centros. O cidadão que antes morava, em situação irregular e ocupações desordenadas como as favelas, porém próximo de escolas, comércio e do trabalho, é, agora, isolado em casas que oferece boas condições, no entanto muito afastada da cidade. Ou seja, privado do direito à cidade.

Essa distância entre as moradias populares e os centros urbanos, ou seja, da rotina do cidadão, faz com que muitos ocupem locais onde a especulação imobiliária não atinge, como faixas de domínio, áreas de risco e de preservação.

Vale destacar que as invasões consolidadas ocorreram a mais de duas décadas e são herança da extinta RFFSA. Em muitos casos desistiu-se de desocupar ou buscar rotas mais afastadas para passagem dos trens, devido aos altos investimentos, optando-se pelo abandono (CNT, 2011).

As ocupações são um dos principais entraves enfrentados pelas ferrovias. Isso força as composições a diminuir a velocidade para 5 ou 10 km/h (CNT, 2011). Aumentam o risco de acidentes estando entre os principais motivos de causas dos mesmos.

Até agora o Programa Nacional de Segurança Ferroviária em Áreas Urbanas (PROSEFER), identificou, em 2005 aproximadamente 200 mil famílias, em 17 estados, morando nas faixas de domínio. (CNT, 2011). Esses dados foram estimados a partir de imagens aéreas e medições em campo de aproximadamente 15 mil quilômetros de vias, sendo admitida como 8 metros a partir do eixo da ferrovia como sendo a faixa de domínio.

A Tabela 5 foi montada a partir desses dados e do relatório Anual de Desempenho das Ferrovias fornecidos pela ANTT em 2013. Sendo que o levantamento do PROSEFER utilizou pesquisas de tráfego rodoviário, ferroviário e de pedestres, bem como a característica física de cada local, tempo de circulação, grau de importância, distância de visibilidade e sazonalidade da composição. O risco de acidente e o período de tempo gasto pelos modais para transpor a passagem de nível são utilizados para caracterizar a passagem em mais ou menos crítica que outra.

**Tabela 5:** Número de invasões e passagens de nível.

REGIÃO	ESTADO	TOTAL DE INVASÕES	ÁREA DE INVASÃO (m <sup>2</sup> )	PNs URBANAS	PNs CRÍTICAS
SUL	PR	13	5.736	169	61
	SC	44	7.567	276	7
	RS	37	5.047	119	5
<b>TOTAL SUL</b>		<b>94</b>	<b>18.350</b>	<b>564</b>	<b>73</b>
SUDESTE	SP	104	26.486	216	52
	MG	59	21.005	258	93
	RJ	37	24.289	163	18
	ES	10	4.975	61	4
<b>TOTAL SUDESTE</b>		<b>210</b>	<b>76.755</b>	<b>698</b>	<b>167</b>
CENTRO-OESTE	GO	6	3.590	20	15
	MS	12	2.326	42	3
<b>TOTAL CENTRO-OESTE</b>		<b>18</b>	<b>5.916</b>	<b>62</b>	<b>18</b>
NORDESTE	CE	12	10.855	175	10
	MA	1	516	69	0
	PB	9	4.455	105	0
	PE	6	1.950	59	2
	PI	1	252	37	1
	BA	4	1.837	87	8
<b>TOTAL NORDESTE</b>		<b>33</b>	<b>19.865</b>	<b>532</b>	<b>21</b>
<b>TOTAL GERAL</b>		<b>355</b>	<b>120.886</b>	<b>1.856</b>	<b>279</b>
Custo em milhões de reais para solucionar os problemas		70.349		7.066	

Fonte: Desenvolvida pelo autor com base na PROSEFER, 2011, ANTT, 2013

O PROSEFER estimou a valor dos terrenos, edificações e benfeitorias da área invadida em R\$ 70.348.844 no ano de 2011. (CNT, 2011). Não há dúvidas se tratar de um investimento muito alto na

remoção dessas pessoas nas áreas limitiformes das ferrovias, no entanto ainda é de interesse das concessionárias que isso aconteça.

A solução para as ocupações já consolidadas é algo muito delicado, pois passa por decisões de realocação das comunidades e em casos mais críticos, o abandono ou doação à prefeituras, de trechos. Porém o que não se pode admitir é que novas invasões ocorram, as primeiras são consequência do abandono da RFFSA pelo governo, no entanto políticas de manutenção das linhas devem ser tomadas a fim de evitar que isso continue a ocorrer.

### 3.4.2. PASSAGENS EM NÍVEL PN

Passagem em nível é a interseção de uma ou mais linhas ferroviárias com uma rodovia principal ou secundária, no mesmo nível (CNT, 2011). Segundo o Departamento de Infra Estrutura Terrestre algumas considerações devem ser levadas em conta nessas obras, como: serem realizadas preferencialmente em ângulo reto entre si, ou no mínimo  $45^{\circ}$ , aplicando contratrilho na superestrutura e drenagem das vias, incluindo lastro e plataforma (DNIT, 2014).

Assim como as invasões, as passagens em nível também trazem risco às comunidades que as cercam. A Figura 35 é referente à um acidente que ocorreu na Avenida Centenário, em Criciúma, considerada pela FTC como ponto crítico, onde um trem da FTC colidiu com um caminhão e um automóvel.

Figura 35:Acidente com trem da FTC em Criciúma.



Fonte: <http://bairropinheiro.blogspot.com.br/2012/07/pinheiro.html>

Voltando na Tabela 5, apresentada em 3.4.1, observa-se que as passagens em nível, apesar de mais numerosas que as invasões, necessitam de um investimento praticamente 10 vezes menor para serem resolvidos. Sendo que medidas simples como uma readequação da sinalização, placas e alertas na área de contato, tanto para o maquinista quanto para pedestres e automóveis podem reduzir consideravelmente os transtornos (CNT, 2011).

A sinalização pode ser dividida em ativa e passiva, sendo que na primeira as informações variam ao longo do tempo, indicando a situação que ocorre no momento, ou seja, as informações dadas variam dependendo da aproximação ou não do trem. Geralmente implantada em vias de utilização pública e composta por placas de advertência, semáforo e cancelas acionadas por sensores nos trilhos, emitindo sinais visuais e sonoros para alertar quem se aproxima da passagem, conforme a Figura 36. Já a sinalização passiva permanece inalterada com o tempo, indicando apenas a aproximação de uma passagem em nível (DENIT, 2014).

Figura 36: Exemplo de passagem em nível sinalizada.



Fonte: <http://jornalatual.com.br/portal/2012/03/20/cancela-eletronica-e-instalada-na-estrada-dos-teixeiras>/acesso dia 09/06/2014.

Em casos de muita movimentação e tráfego intenso de locomotivas e carros, se faz necessária a construção de obras de arte como passagens de nível superior ou inferior, como construção de viadutos e passarelas (CNT, 2011).

Independente do tipo de solução, todas trazem redução do tempo de obstrução, dos custos com acidentes e consumo de energia (combustível), oferecendo maior conforto e segurança aos moradores das regiões limitiformes.

Segundo o Prosefer o custo de aproximadamente 7,1 bilhões para solucionar os problemas de passagens em nível traria um benefício de aproximadamente R\$ 19,2 bilhões. Desses os benefícios de maior impacto seriam no tempo de obstrução, com R\$ 10,3 bilhões, seguido por redução no consumo de combustíveis, R\$ 6,2 bilhões, e na lanterna, valorização imobiliária, R\$ 2,6 bilhões (CNT, 2011).

A responsabilidade da execução dessas benfeitorias é de quem criou a passagem em nível. Conforme disposto no Decreto 1.832, de 4 de março de 1996 (BRASIL, 1996). Geralmente as ferrovias já estavam implantadas antes da existência das passagens, mas devido ao abandono em que as ferrovias se mantinham antes das concessões e ao pouco caso das construtoras de rodovias e prefeituras em seguir os regulamentos, bem como as falhas nas fiscalizações dos serviços, as obras de sinalização não foram realizadas (CNT, 2011). Como existe um imenso interesse por parte das ferrovias na execução dessas obras, muitas políticas nesse setor vem sendo desenvolvidas pelas próprias ferrovias (CNT, 2011).

### **3.5. SISTEMAS ALTERNATIVOS**

Além da forma tradicional disposta em Item 3.3.2, existem outras formas de construção de ferrovias, como: o Slab Track e Embedded Rail.

#### **3.5.1. SLAB TRACK OU VIA DE PAVIMENTO SÓLIDO**

Esse sistema foi desenvolvido na busca de um modelo que tivesse baixo custo de manutenção e operação, alta durabilidade e que fosse seguro e confortável aos passageiros.

Em decorrência do aumento das velocidades nas ferrovias, os esforços gerados pela inércia e aumento das vibrações, quando em ferrovias sobre lastro, acabam por deslocar o material granular, prejudicando a estabilidade e segurança das viagens. Além disso, os veículos em altas velocidades podem sofrer danos causados pela sucção de material solto sob os trilhos. (SSF INGENIEURE, 2014)

As vias de pavimento sólido garantem uma posição duradoura da linha férrea, ou seja, possibilita a dissipação de maiores forças de aceleração lateral, sem no entanto, gerar deslocamento da mesma. Significando que os traçados podem ser feitos em faixas mais estreitas, com curvas de menor raio e com maiores velocidades. Também não existem partículas granulares que possam ser arremessadas.

Outra característica do Slab Track é o fato de sua superestrutura ter menor altura quando comparada ao sistema construtivo de lastro britado. Isso é uma enorme vantagem principalmente para transpor túneis, uma vez que, esses podem ter sua seção transversal diminuída, reduzindo assim os custos de construção.

As principais desvantagens por conta dessa tecnologia são:

- A rigidez do sistema, que não permite movimentação da sua base, podendo causar fissuras e o comprometimento se todo o trecho afetado. Por isso caso o solo tenha características de deformabilidade, é necessário que se utilize técnicas de melhoramento de solo, ou até mesmo a construção de obras de arte para transpor esses obstáculos.
- A renovação de uma via é um processo mais demorado que no sistema de lastros, não pode ser feito nos intervalos entre comboios.
- Devido a maior exigência de qualidade da sub-base e ao controle de qualidade do concreto utilizado na via, os custos de implantação desse sistema são mais caros que os em lastro.

A Figura 37 mostra a qualidade construtiva do sistema Slab Track. Nele é possível observar a ausência de deformações lineares e

verticais dos trilhos, mantendo a bitola constante ao longo de toda a sua trajetória, o que possibilita alcançar maiores velocidades, além de proporcionar maior conforto ao rodar.

Figura 37: Controle de qualidade Slab Track.



Fonte:<http://www.railway-technology.com/contractors/track/amberg-technologies/amberg-technologies2.html> acesso 15/06/2014.

### 3.5.2. EMBEDDED RAIL SYSTEM (ERS)

Assim como o sistema anterior, esse foi desenvolvido para aumentar o desempenho de ferrovias, permitindo maior confinamento e travamento dos trilhos. Além de reduzir os custos com manutenção por ter uma elevada durabilidade. A base para essa tecnologia também não permite grandes deformações.

O processo consiste de uma estrutura retangular de concreto, onde o trilho está embutido, sendo que primeiro é construída a laje, que pode ser de concreto armado, ou protendido, possuindo duas reentrâncias que posteriormente serão ocupadas pelos trilhos. A Figura 38 facilita a visualização dessa etapa.



Figura 38: laje de concreto preparada para receber trilhos.

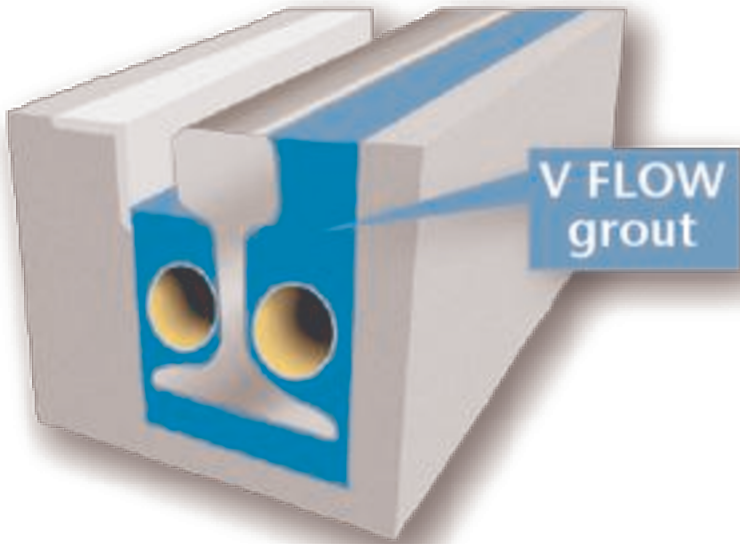


Fonte:

[http://www.railwaypreservation.com/vintagetrolley/Sacramento\\_track\\_slab\\_2\\_sm.jpg](http://www.railwaypreservation.com/vintagetrolley/Sacramento_track_slab_2_sm.jpg) acesso 17/06/2014.

Em seguida esses espaços são devidamente limpos e é colocado um material flexível no fundo, a fim de, evitar o contato direto entre trilho e base de concreto. Esse material ajuda a distribuir as tensões, corrigindo qualquer imperfeição no contrato que poderia causar uma concentração de tensões, além de absorver as vibrações causadas pela passagem dos veículos. Depois são instalados os trilhos, que pode ou não ter outro material elástico nas suas laterais, funcionando como elementos de travamento lateral e absorvedores de esforços. Após, os vazios são preenchidos com grout que se conformará até que venha a endurecer dando o travamento final da linha no espaço confinado (VS SYSTEMS, 2014). É importante destacar que esse material não é rígido. A Figura 39 detalha o que foi abordado nesse parágrafo.

Figura 39: Aplicação do produto V FLOW.



Fonte: <http://www.vf-systems-railways.com/v-flow-embedded-rail-system.html>  
acesso 17/06/2014.

Pode-se observar também o cuidado em preencher apenas um lado do trilho até o final, o outro deve ter um espaço para a passagem das rodas. O resultado final, mostrado na Figura 40 forma uma superestrutura rígida, capaz de suportar altos esforços laterais nas linhas, ou seja, suportar grandes velocidades, sem, no entanto, prejudicar o conforto ao rodar, uma vez que possui um sistema de absorção de vibração ao longo de todo o trajeto.

Figura 40: ERS após execução.



Fonte: <http://www.bbrail.co.uk/Products-and-Services/Track/Embedded-Rail-System> acesso 17/06/2014.

#### **4. SOLUÇÃO PARA EXPANSÃO E INTEGRAÇÃO DA MALHA CATARINENSE**

A escolha da bitola larga em relação à métrica traz várias vantagens, pois permite maior capacidade de carga e fornece maior estabilidade, permitindo atingir maiores velocidades. (TAMAGUSKO, 2013).

Porém os benefícios dessa medida são relativos. Isso porque a capacidade de transporte fica limitada pelos vagões e trilhos, independente de ser a ferrovia larga ou não. Para isso é importante observar a relação lotação/ peso total (soma de carga mais tara), que fica em 0,798 para distância entre boletos de 1,60 m e 0,822 para métrica. Apontando uma ligeira vantagem de aproveitamento para a bitola de 1,00 m (BRINA, 1979).

Outro problema é que a unificação da malha brasileira atual em bitola larga é inviável devido à maioria das ferrovias serem em bitola estreita, como pode ser observado na Tabela 6. Contudo, os investimentos em nessa área possuem resultados duradouros, algumas linhas possuem mais de cem anos, por isso, é possível visualizar uma inversão de panorama e construir os novos grandes projetos com 1,60 m, pois, nesses é possível a inserção de um terceiro trilho sem grandes obras de intervenção em infraestrutura o que torna o processo menos oneroso (VILAÇA, 2008).

**Tabela 6:** Extensão, bitola, velocidades e consumo das empresas ferroviárias concessionadas.

ANUÁRIO ANTT 2013						
FERROVIA	BITOLA	EXTENSÃO	ESTADO DE ATUAÇÃO	VELOCIDADE MÉDIA DE PERCURSO (km/h)	VELOCIDADE MÉDIA COMERCIAL (km/h)	CONSUMO MÉDIO MENSAL (L POR MILHARES DE TKB)
ALL MALHA NORTE	1,6	617	MT/MS	13,40	11,92	1,54
ALL MALHA OESTE	1	1945	MS/SP	13,36	11,55	9,67
ALL MALHA PAULISTA	1,6	1463	SP	13,81	12,18	6,43
	1	243				
	1,6/1	283				
ALL MALHA SUL	1	7254	SP/PR/SC/RS	14,85	13,49	5,55
	1,44/1	11				
E.F.CARAJÁS	1,6	892	PA/MA	46,93	24,11	1,47
E.F. VITÓRIA A MINAS	1	905	MG/ES	39,97	24,16	1,93
F. CENTRO ATLÂNTICA	1	7897	BA/GO/MG/ES/SP/RJ	23,08	14,42	6,065
	1/1,6	169				
E.F. PARANÁ OESTE	1	248	SP/PR/SC	26,15	22,05	7,55
F. NORTE SUL	1,6	2200	PA/MA/TÓ	33,97	16,46	2,45
F.T.C.	1	164	SC	28,51	22,18	4,01
MRS LOGÍSTICA	1,6	1632	MG/RJ/SP	32,95	15,37	2,76
	1/1,6	42				
TRANSNO	1	4189	MA/PI/C	13,23	8,49	7,04

RDESTINA L.	1/1,6	18	E/PB/RN/ PE/AL/SE			
				VEL. MÉDIA (KM/h)	VEL. MÉDIA (KM/h)	CONSUMO MÉDIO MENSAL (L POR MILHARES DE TKB)
				25,02	16,36	4,70

Fonte: Desenvolvida pelo autor com base no relatório anual de desempenho das ferrovias, ANTT, 2013.

O grande desafio é desenvolver o setor ferroviário, que atualmente apresenta cerca de 80% da sua malha em bitola métrica, utilizando distância entre boletos de 1,60m.

Levando em conta as vantagens das vias largas em relação às demais, tendo consciência que a malha de 1,00 m é muito representativa, e que o Brasil não possui reservas suficientes ou mesmo pode-se dar ao luxo de interditar trechos para alteração de bitola. A melhor opção é manter as ferrovias já existentes, enquanto forem economicamente viáveis, até que intervenções mais sérias sejam necessárias. Nesse momento, as melhorias devem ser feitas a fim de preparar a infraestrutura e superestrutura para portar uma via mista, até que gradativamente toda a malha seja substituída. Isso, ao mesmo tempo em que os novos investimentos sejam construídos em bitola larga.

Nos pontos de interseção entre as vias, quando necessário, é importante que haja prioridade na utilização de tecnologias que permitam aos veículos se adaptarem à diferentes larguras de pista.

#### **4.1. ALTERNATIVA À BITOLA MISTA.**

De acordo com Vilaça (2008), a Agencia Nacional de Transportes Ferroviários aponta para uma exigência de que todo novo grande projeto seja executado em bitola larga. Deixando uma expectativa de que ferrovias mais potentes e rápidas sejam implantadas nas próximas décadas.

Como a malha catarinense é exclusivamente métrica, bem como a maioria da brasileira, 78,3% (CURY, 2011), não seria possível utilizar veículos largos na antiga rede, ou mesmo os antigos nos novos trechos.

Sendo necessário realizar baldeações de carga ou utilizar estradas mistas, para permitir a passagem dos dois tipos de carros.

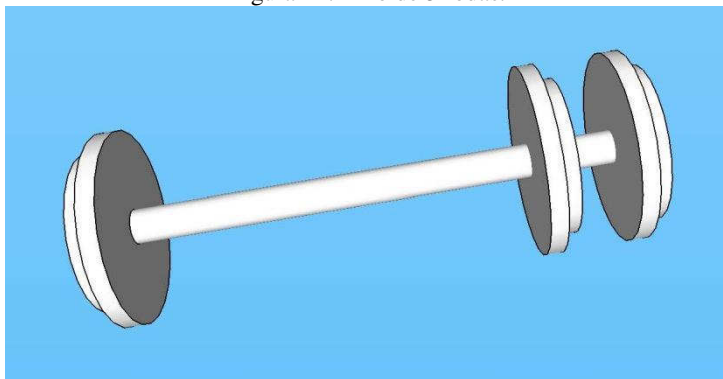
O uso de terceiro trilho eleva os investimentos iniciais e não é interessante economicamente quando as alterações são feitas no sentido da via maior para a mais estreita, o que prejudicaria a competitividade do modal perante outros, principalmente o rodoviário (BRINA, 1979). Como a existências de ferrovias de diferentes larguras é uma realidade que ainda persistirá por mais algumas décadas, alternativas às dispendiosas obras de adaptação de bitola mista precisam ser criadas.

Nesse trabalho será apresentado duas propostas que permitiram que Santa Catarina possa expandir de forma integrada a sua malha ferroviária.

#### 4.1.1. SISTEMA DE TRÊS EIXOS

Esse sistema consiste em vagões de bitola larga, provido de uma roda extra, assim como ilustrado na Figura 41. Dessa forma o vagão pode transitar em trechos de ferrovias com diferentes distâncias entre boleto. Como exemplo: uma carga de cerâmica, embarcada em um vagão da FTC em Içara, poderia ir até Imbituba, entrar na Ferrovia Litorânea até São Francisco do Sul, passar para a linha da ALL e entregar em Porto União sem realizar nenhuma baldeação.

Figura 41: Eixo de 3 rodas.



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

A largura das rodas externas de 1600 mm é adequada, pois trata-se da largura oficial do Brasil e tanto a bitola métrica como a

padrão podem ser facilmente adaptadas no seu entre eixo. Em Santa Catarina, para as construções da Ferrovia Litorânea e Corredor Ferroviário, não seria necessária investir em dormentes para um trilho extra. O valor economizado poderia ser investido na produção dos truques com três eixos, dessa forma os vagões podem circular por toda a malha brasileira, evitando perdas com processos de baldeação.

Com o passar do tempo, o crescimento da malha brasileira se daria com bitola larga, ao passo que, as linhas métricas, quando precisassem de intervenção, também seria feita para essa distância. Outra possibilidade ainda melhor é, quando a faixa de domínio permitir, ao invés de transformar uma via, simplesmente a manter e iniciaria outro ramal paralelo, duplicando o trecho. Uma vez que, o custo para as duas intervenções é semelhante (BRINA, 1979). Dessa forma, gradativamente, teria se uma padronização com mais estabilidade para o comboio podendo trafegar com velocidades maiores, diminuindo o tempo entre as viagens e permite aumentar o volume de carga transportado por ano.

A Figura 42 ilustra um modelo de truque ferroviário onde é perfeitamente possível anexar uma terceira roda em cada um dos seus eixos, sem alterações drásticas, sendo muito plausível a adaptação do sistema nos veículos que já circulam na frota brasileira, sem necessidade de substituição dos mesmos.



Figura 42: Truque ferroviário convencional.



Fonte: <http://www.cruzaco.com/home/produtos/ferroviarios.php> acessada em 20/06/2014.

Devido a chance de reaproveitar a maioria das peças, praticamente só mudaria o eixo, estima-se que a capacidade estrutural do vagão permaneça a mesma.

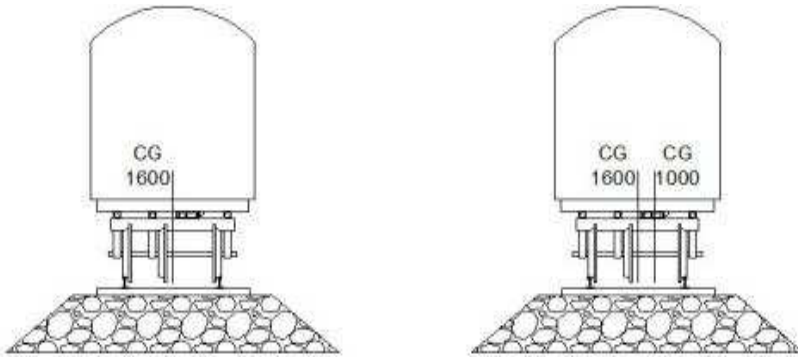
Mesmo sem aumentar a capacidade de transporte em massa, cresceria em volume e como os investimentos são de longo prazo, espera-se que o Brasil passe a desenvolver mais tecnologias de ponta, com baixo peso e auto valor agregado, o que tornaria os vagões mais largos ideais para esse tipo de mercadoria.

#### **4.1.1.1.FUNCIIONAMENTO**

No sistema de três eixos, após a passagem de uma bitola maior para uma menor, ou vice e versa, o centro de gravidade da composição será modificado gerando uma excentricidade, mostrado na figura 42. Que por sua vez pode comprometer a estabilidade e o conforto em viagens, forçando a redução da velocidade de cruzeiro e em casos extremos pode levar ao descarrilamento e até tombamento dos vagões, principalmente em curvas.

Esse problema necessita de uma correção. A Figura 43 ilustra a diferença do centro de gravidade de um vagão quando em ferrovia de bitola larga, à esquerda, e o mesmo vagão sobre três apoios durante a transição para bitola métrica, momento mais adequado para a correção da excentricidade.

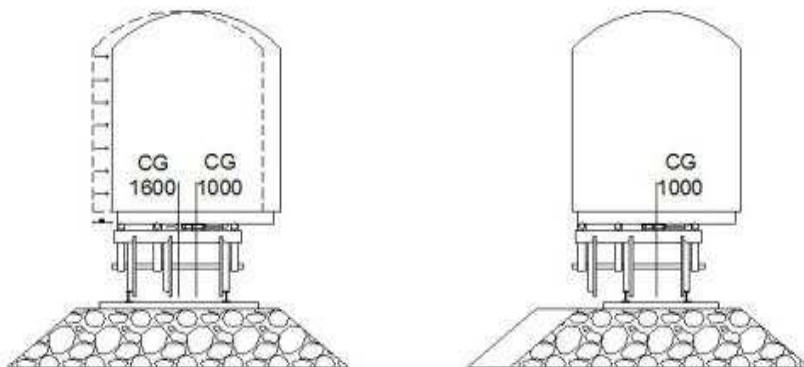
Figura 43: Apresentação do problema de excentricidade



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

A solução apontada para corrigir o problema citado anteriormente levou em consideração à simplicidade e a confiabilidade dos sistemas hidráulicos, abundantemente utilizados no setor automotivo e de máquinas pesadas. Durante o espaço de transição entre as bitolas, onde as três rodas permanecem em contato com seus respectivos trilhos simultaneamente, em velocidade controlada, aproveitando as menores vibrações, um sistema de bombas hidráulicas, acoplado entre o vagão e o truque ferroviário, é acionado e transfere o centro de gravidade novamente para o local correto, Figura 44.

Figura 44: Sistema de bombas hidráulicas corrigindo o problema da excentricidade

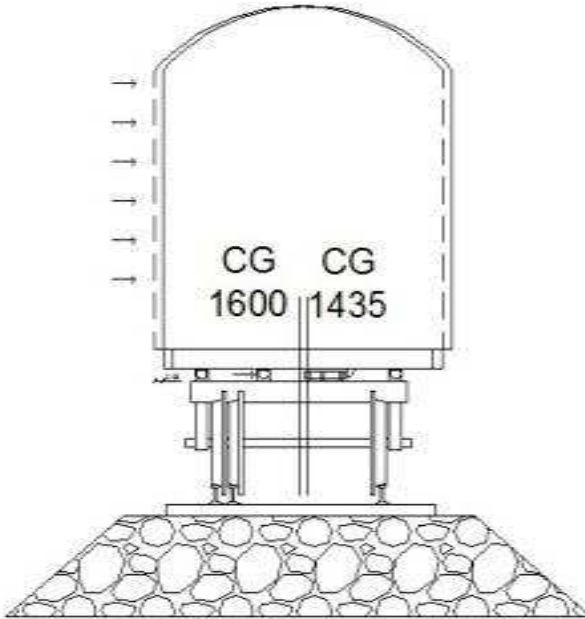


Fonte: Desenvolvida pelo autor.

Nas figuras anteriores é apresentado um sistema onde foi acrescentado um sistema extra de laterais (estrutura que faz a ligação entre os eixos e a suspensão), no entanto essa é apenas uma alternativa. Também pode ser construído apenas mudando de posição a peça para que fique entre duas rodas ou até mesmo na posição convencional, figura 44. Essa última opção economiza material tornando o sistema menos oneroso.

A correção da excentricidade é mais crítica quando a polivalência do vagão se dá entre as bitolas larga para métrica, figura 43. Quando a mudança é para padrão a excentricidade que antes era de 30 cm passa para apenas 8 cm, Figura 45.

Figura 45: Modelo de 3 eixos entre bitola padrão e métrica.



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

O sistema de três eixos ainda não acaba com o problema da concentração de trens em uma única via. No entanto, torna desnecessário que toda a ferrovia seja transformada em bitola mista. Permitindo que cargas transitem em linhas mais ou menos estreitas, sem alterar a sua infraestrutura.

O Brasil precisa nortear a construção de novos trechos em apenas uma bitola, com isso surge a oportunidade de desenvolver tecnologias para contornar o problema. Santa Catarina pode se destacar no setor, dominando a tecnologia e com ela o mercado, deixando o setor mais flexível e competitivo perante outros modais.

Outra vantagem da ligação entre malhas de bitolas diferentes é o aumento do fluxo nessas vias. A medida que o tempo passa e a demanda aumenta a construção de infraestrutura para aumentar a bitola, torna-la mista ou até duplica-la, se torna viável.

O inconveniente dessa tecnologia é que ainda não foram desenvolvidas locomotivas com três rodas em cada eixo. Sendo assim é necessário que haja uma troca, ou seja, a locomotiva que traciona o comboio no trecho no lado de via mais larga precisa ser substituída por

uma segunda, compatível com a largura da pista seguinte. Isso culminará em uma redução de velocidade e até mesmo uma parada.

Pensando em termos logísticos, esses pontos de interseção são excelentes para a construção de um porto seco multimodal. Onde ocorreriam cargas e descargas dos produtos transportados. Movimentando assim a economia local, aumentando o número de locais de distribuição.

Santa Catarina pode desenvolver tecnologia para a construção de locomotivas com bitola polivalentes. Isso fomentaria a indústria ferroviária e tornaria o estado um polo tecnológico para o setor, com destaque no mundo. Muitos empregos podem ser gerados, movimentando a economia.

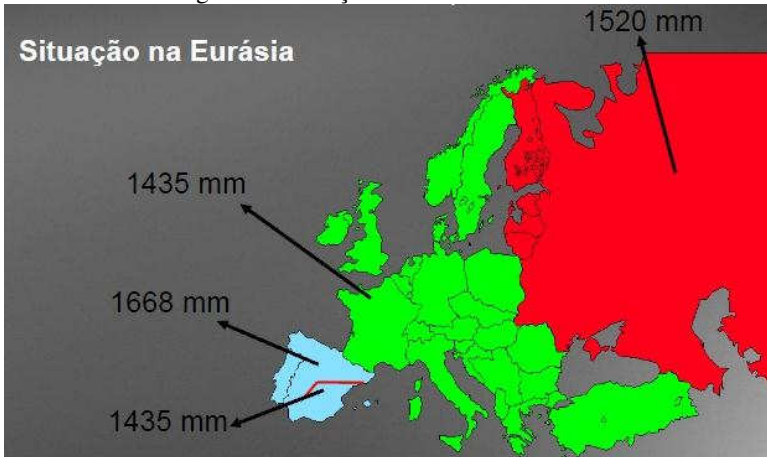
A empresa Talgo, apresentada em 4.1.2, levou 40 anos para desenvolver um sistema parecido para os seus carros motores (TALGO, 2014). A tecnologia proposta pode ter um avanço mais rápido, uma vez que, diferente da empresa espanhola citada, pode-se fazer uso da informática, além de já existirem locomotivas com tração por cremalheira, muito similar a utilização de terceira roda.

Esse sistema pode não apenas melhorar a imagem das ferrovias brasileiras como também melhorar a interação e o comércio entre os países do MERCOSUL (Bloco econômico entre o Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai e Venezuela) e integração com a América Latina.

#### **4.1.2. OUTRA TECNOLOGIA JÁ CONSOLIDADA**

As mesmas dificuldades que o Brasil apresenta hoje, quanto à integração das ferrovias, o continente europeu também encontrou nas rotas internacionais entre Espanha, França, Itália e Suíça (CURY, 2011). Essa necessidade fez surgir o sistema de mudança automática de bitola (TALGO, 2014). A Figura 46 mostra a falta de padronização na região.

Figura 46: Situação das bitolas na Eurásia.

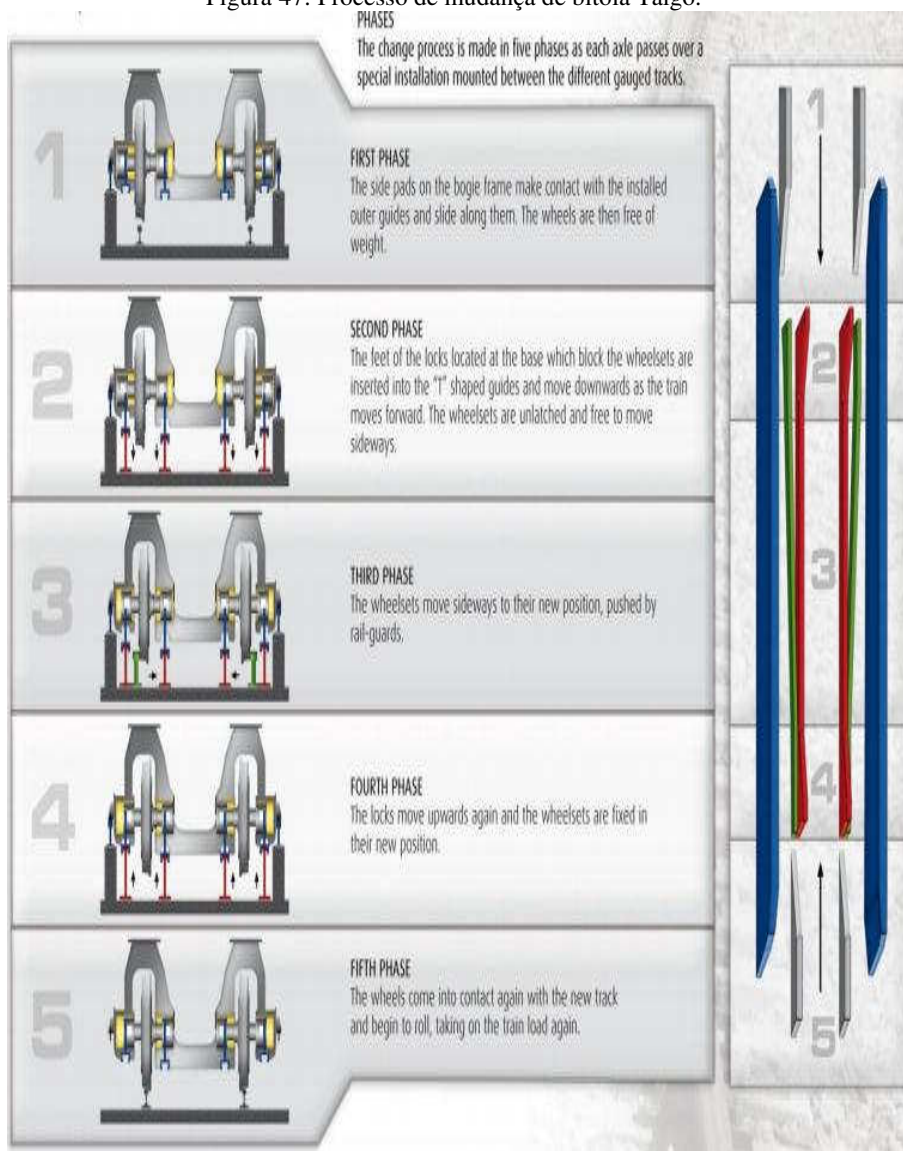


Fonte: <http://transportes.gov.br/public/arquivo/arq1302017930.pdf> acesso em 24/04/2014.

O mapa anterior justifica o investimento em tecnologias que permita o tráfego, de um mesmo comboio, em ferrovias de diferentes bitolas. A ideia permitiu que, em 1968, fosse realizada a primeira viagem entre Madri, Espanha, até Paris, França, sem transbordo de passageiros, tornando o trajeto muito mais rápido. Para isso foi utilizado duas locomotivas, uma em cada território. (TALGO, 2014).

O fato de essa tecnologia ser utilizada na Europa desde a década de 60 mostra a sua confiabilidade. Essa proposta, esquematizada na Figura 47, consiste em um sistema de trilhos extras que suspendem o veículo ferroviário deixando as rodas livre do contato com a ferrovia, passo 1. Em seguida barras de aço em forma de “T” destravam os rodados, passo 2. Então guias forçam a movimentação das rodas sobre o eixo, permitindo assim que elas passem de uma largura para outra conforme a necessidade da linha, passo 3. O dispositivo que liberava o deslocamento é novamente travado, passo 4. Nesse momento as rodas vão gradativamente recuperando o contato com os trilhos, passo 5 (TALGO, 2014).

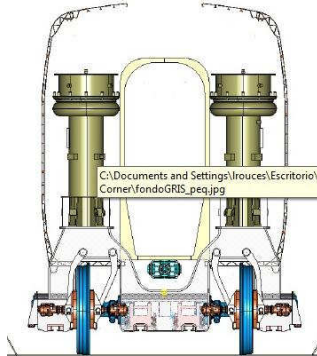
Figura 47: Processo de mudança de bitola Talgo.



Fonte: <http://transportes.gov.br/public/arquivo/arq1302017930.pdf> acesso em 24/04/2014.

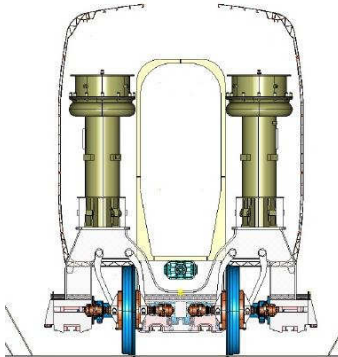
As Figura 48 mostra as rodas de um vagão, com o sistema apresentado, na posição de bitola larga, enquanto que a Figura 49 mostra o mesmo veículo em via estreita.

Figura 48: Sistema automático de mudança de bitola em bitola larga.



Fonte: <http://transportes.gov.br/public/arquivo/arq1302017930.pdf> 11/06/2014.

Figura 49: Sistema automático de mudança de bitola em bitola estreita.



Fonte: <http://transportes.gov.br/public/arquivo/arq1302017930.pdf> 11/06/2014.

As vantagens do sistema são a facilidade de integração da malha, sem necessidade da utilização de bitolas mistas, possibilidade de utilizar vias de metrô para transporte de carga e vice e versa, tecnologia já consolidada (TALGO, 2014).

Em contrapartida o País pode ficar refém da tecnologia, ou seja, há o risco de que todos os veículos ferroviários só possam ser adquiridos dessa empresa, além de acontecer o mesmo com as peças de reposição e a mão de obra, que precisa ser treinada, dando vantagem à funcionário



estrangeiro. Também há o desconforto de apenas os carros da Talgo poderem transitar em ambos os trechos, forçando a substituição da frota brasileira.

Corre-se o risco de que haja um desincentivo à criação de soluções para o setor ferroviário no Brasil, uma vez que, outras tecnologias também desembarcaram aqui, muito mais baratas que o custo do desenvolvimento de uma nacional, e com soluções já prontas para serem aplicadas.

Um ponto interessante das duas tecnologias apresentadas é na construção das novas ferrovias, não ser necessário gastar com terceiro trilho e dormentes mistos. Barateando os projetos, bem como sua execução. Com o montante economizado é possível investir nessas propostas, possivelmente ao mesmo que transformar as vias em polivalentes.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Santa Catarina possui um enorme potencial em termos logísticos, prova disso é a possibilidade de transportar as safras produzidas pelos estados vizinhos, bem como as suas próprias riquezas para serem exportadas para a América Latina, através da Argentina e principalmente para os Estados Unidos, China e Japão através de sua faixa litorânea.

Para isso é necessário investir na expansão e integração da sua malha ferroviária, tomando cuidado para não cometer erros do passado, como falta de manutenção e fiscalização de vias, que acabaram gerando transtornos e problemas sociais como invasões das faixas de domínio, passagens em nível sobre vias movimentadas, traçados sinuosos e construção visando a movimentação de um único produto. Motivos que causam redução de velocidade de cruzeiro, além de deixar o modal suscetível à crises.

A construção das linhas novas não necessariamente precisa ser feita com a adição de terceiro trilho para comportar a passagem dos trens de bitola métrica, poupando, assim, recursos. Esses por sua vez podem ser aplicados em tecnologias que permitam aos veículos ferroviários se adaptarem as diferentes medidas existente no Brasil, sem a necessidade de transbordo de cargas.

A possibilidade de desenvolver uma tecnologia catarinense pode trazer o estado a posição de destaque em âmbito nacional e até mundial. Além disso o sistema de três eixos pode ser adaptado a frota já existente, diferente da solução apresentada pela espanhola Talgo.

As decisões tomadas hoje impactaram pelos próximos 100 anos, por isso é preciso pensar, também, no impacto social das escolhas que venham a acontecer. A forma como é visto o progresso precisa ser enxergada com uma visão mais estratégica, a longo prazo.

Para o problema da unificação da malha, existe duas formas de resolver, a primeira, simples e rápida, é delegar essa função a outros, comprando tecnologia de fora, a segunda é desenvolver aqui. Sendo a primeira opção com resultados imediatos, porém isso impacta diretamente a pesquisa de projetos no País, uma vez que, se já existe solução, não há necessidade de procurar outra. E a segunda, mais demorada, oferece, além dos mesmos resultados, olhando num panorama 100 anos a frente, a credibilidade do domínio tecnológico.

Este trabalho de conclusão de curso procurou mostrar que mais importante que resolver defeitos, é desenvolver conhecimento durante o trajeto.

## 6. REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Samuel Menezes. **Ferrovias: Aspectos Técnicos de Projeto**. 2011. 48 f. Trabalho de Conclusão do Curso (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

ALVES, Gleicy Karen Abdon. **OS DORMENTES FERROVIÁRIOS, SEU TRATAMENTO E O MEIO AMBIENTE**. 2004. 8 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia de Transportes, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2005.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES FERROVIÁRIOS - ANTF. **Material rodante locomotivas e vagões**. Disponível em: <<http://www.antf.org.br/index.php/informacoes-do-setor/material-rodante>>. Acesso em: 12/04/2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES - ANTT. **Acompanhamento das concessões ferroviárias**. relatório anual, 2011. Disponível em: <[http://www.antt.gov.br/index.php/content/view/4994/Relatorios\\_Anuais.html](http://www.antt.gov.br/index.php/content/view/4994/Relatorios_Anuais.html)>. Acesso em 18/05/2014.

- ANTT. **Acompanhamento das Concessões Ferroviárias**. Relatório Anual, 2013. Disponível em: <[http://www.antt.gov.br/index.php/content/view/4994/Relatorios\\_Anuais.html](http://www.antt.gov.br/index.php/content/view/4994/Relatorios_Anuais.html)>. Acesso em 22/06/2014.

ANUÁRIO EXAME. **Anuário Revista Exame 2011/2012**, p. 95-96, out. 2011.

BRASIL. Governo De Santa Catarina. Secretaria do Estado e da Fazenda. **Santa Catarina Perfil Econômico, Financeiro e Social**: Boletim Informativo, primeiro semestre 2013. Santa Catarina, 2013.

BRASIL. **IBGE**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Contas Nacionais Trimestrais, 2013. Disponível em: <<http://www.sc.gov.br/index.php/geografia>>. Acesso em: 18 jul. 2014.

BRASIL. **IBGE**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. [www.ibge.gov.br/catálogos/indicadores](http://www.ibge.gov.br/catálogos/indicadores). Acesso em junho 2014.

BRASIL. Governo de Santa Catarina. Disponível em <http://www.sc.gov.br/index.php/geografia>. Acesso 14/15/2014.

BRINA, Hécio Lapertosa. **Estradas de Ferro I**. Rio de Janeiro: Ltc, 1979.

CNT. **Pesquisa CNT de Ferrovias 2011**. Brasília, 2011.

CNT. **Pesquisa CNT de Ferrovias 2011**. Brasília, 2013.

CURY. Marcus Vinicius Quintella. **Escolha entre a bitola larga brasileira e a bitola internacional padrão para a linha 4 do metrô do Rio de Janeiro**. Nota Técnica, Rio de Janeiro, 2011.

PORTOGENTE, Redação. **Gargalos em ferrovias e portos são alvos de reportagem do programa Fantástico**. 2013. Disponível em: <<http://portogente.com.br/imagens-e-videos/videos/gargalos-em-ferrovias-e-portos-sao-alvos-de-reportagem-do-programa-fantastico-80249>>. Acesso em: 18 jul. 2014.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES- DNIT. **Histórico das ferrovias brasileiras**. Disponível em: <[www.dnit.gov.br/menu/ferrovias/historico](http://www.dnit.gov.br/menu/ferrovias/historico)>. Acesso em: 22/06/2014.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. **Ferrovias para o progresso**. São Paulo, 2012.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT, 2011 Disponível em: [http://www.dnit.gov.br/noticias/licitacao-de-projeto-do-corredor-ferroviario-sc-tem-boa-disputa/image/image\\_view\\_fullscreen](http://www.dnit.gov.br/noticias/licitacao-de-projeto-do-corredor-ferroviario-sc-tem-boa-disputa/image/image_view_fullscreen) . Acesso em: 22 ju 2014.

PORTUGUÊS, Dicionário Online de. **Commodity**. Disponível em: <<http://www.dicio.com.br/commodity/>>. Acesso em: 18 jul. 2014

SANTOS, Fillipe Germano dos. **Estudo para implantação de eixos de bitolas variáveis no material rodante ferroviário brasileiro**. 2011. 77 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

SHUPING, Niu; THUKRAL, Naveen. **Empresa chinesa cancelará quase 2 mil t de soja do Brasil**. 2013. Disponível em: <<http://br.reuters.com/article/topNews/idBRSPE92I07Y20130319>>. Acesso em: 18 jul. 2014.

FILHO, Benony Schmitz. **A Privatização e o Balanço do Transporte Ferroviário de Cargas**. Santa Catarina, 2011.

FILOMENO, Paulo Roberto. **Unificação de bitolas ferroviárias no Brasil: sonho ou mera possibilidade? 2008**. Disponível em: <<http://portogente.com.br/noticias/transporte-logistica/unificacao-de-bitolas-ferroviarias-no-brasil-sonho-ou-mera-possibilidade-20465>>. Acesso em: 17 nov. 2008.

FTC, Ferrovia Tereza Cristina. **Ferrovia Tereza Cristina S.A.** Disponível em: <<http://www.ftc.com.br/>>. Acesso em: 18 jul. 2014.

LACERDA, Sander Magalhães. Ferrovias Sul-Americanas: A Integração Possível. **Revista do Banco Nacional do Desenvolvimento**, Rio de Janeiro, v. 31, n. 16, p.185-214, jun. 2009.

MACÊDO, Fernanda Bittencourt. **Estudo do desgaste de trilhos ferroviários**. 2009. 41 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2009.

MARZOLA, Gleyson. **Alternativas Viáveis para Substituição da Madeira como Dormente Ferroviário**. 2004. 68 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Curso de Engenharia Civil com ênfase Ambiental. Universidade Anhembí, São Paulo, 2004.

NETO, Camilo Borges. **Manual Didático de Ferrovias**. 2012. 192 f. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Engenharia Civil. Departamento de Transportes. Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2012.

PNLT. **Plano Nacional de Logística de Transportes**. Brasília, 2007.

RFFSA – Rede Ferroviária Federal Sociedade Anônima. Disponível em: <http://www.rffsa.gov.br/principal/historico.htm>. Acessado dia 12 jun. 2014.

SEMPREBONE, Paula da Silva. **Desgastes em trilhos ferroviários- Um estudo teórico**. 2006. 137 f. Trabalho de Conclusão de Curso Curso de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2006.

SIE-SC. Secretaria do Estado da Infraestrutura. Disponível em: <http://www.sie.sc.gov.br>. Acesso em 26/06/2014.

SSF-INGENIEURE. Disponível em: <http://www.ssf-ing.de>. Acesso em 18/06/2014.

TALGO. Disponível em: <http://www.talgo.com>. Acesso em 22/06/2014.

TAMAGUSKO, Tiago Barreto. **Custo de Falta de Padronização das Bitolas Ferroviárias do Brasil**. 2013. 84 f. Trabalho de Conclusão de Curso Engenharia Civil. Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, 2013.

VILAÇA, Rodrigo. **A importância das ferrovias para o futuro do País**. Brasília. ANTF, 2010.

VITTORETTI, Amadio. **Histórias de Tubarão: das Origens ao Século XX**. Tubarão, Prefeitura Municipal de Tubarão, 1992.

ZUMBLICK, Walter. **Teresa Cristina – A Ferrovia do Carvão**. Florianópolis, UFSC, 1987.