UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

ADRIANO MAGALHÃES FREITAS

A PRODUÇÃO DE PISOS DE BORRACHA E SUA UTILIZAÇÃO EM CRUZAMENTOS RODOFERROVIÁRIOS

JUIZ DE FORA
2010

ADRIANO MAGALHÃES FREITAS

A PRODUÇÃO DE PISOS DE BORRACHA E SUA UTILIZAÇÃO EM CRUZAMENTOS RODOFERROVIÁRIOS

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Orientador: DSc, Marcos Martins Borges

Co-Orientador: Renata Cristina do Carmo

JUIZ DE FORA

2010

AUTOR

Freitas, Adriano Magalhães.

A produção de pisos de borracha e sua utilização em cruzamentos rodoferroviários / Adriano Magalhães Freitas. – 2010.

46 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção)—Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2010.

1. Engenharia do produto. 2. Piso de borracha. I. Título.

A PRODUÇÃO DE PISOS DE BORRACHA E SUA UTILIZAÇÃO EM CRUZAMENTOS RODOFERROVIÁRIOS

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Aprovada em 24 de junho de 2010.

BANCA EXAMINADORA

_____

DSc, Marcos Martins Borges (Orientador)
Universidade Federal de Juiz de Fora

_____

Renata Cristina do Carmo (Co-Orientadora)
MRS Logística S.A.

_____

Dsc, Roberta Cavalcanti Pereira Nunes
Universidade Federal de Juiz de Fora

Dedico este trabalho a todos que contribuíram, de alguma forma,
para que eu obtivesse êxito nesta etapa da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais pela dedicação e esforço, muitas vezes abdicando das próprias vontades para que eu satisfizesse as minhas, e pelo apoio em todas as minhas decisões, sem o qual seria impossível mais esta conquista.

À minha irmã Camila pela convivência e compreensão, sempre me ajudando nos momentos que precisei.

Ao meu orientador, professor Marcos Martins Borges, pela atenção dispensada durante o período de elaboração deste trabalho.

À minha co-orientadora, Renata Cristina do Carmo, sempre atenciosa e disposta a ajudar através de seu conhecimento e disponibilizando material para estudo.

À professora Roberta Cavalcanti Pereira Nunes, por aceitar participar da banca examinadora e pela grande contribuição que prestou ao trabalho por meio de correções, sugestões e incentivo.

Aos meus amigos de turma pela excelente convivência, apoio nas horas de estudo e companhia nos momentos de diversão.

Finalmente, agradeço aos colegas das empresas que estagiei, MRS Logística S.A. e KRAIBURG Elastik Gmbh, pela permissão e contribuição imprescindíveis para que este estudo fosse realizado.

RESUMO

Em função do amplo número de rodovias existentes no país e da iminente expansão da via férrea após a privatização do setor na década de 90, é inevitável que ambas se interceptem e, devido à periculosidade de tais cruzamentos, vários aspectos como, por exemplo, a pavimentação, devem ser analisados para garantir a segurança de todos os usuários de uma travessia rodoferroviária, sejam eles veículos ou pedestres. A forma de calçamento para passagens de nível mais utilizada no Brasil é o asfalto, no entanto, ao buscar alternativas sustentáveis e duráveis para a pavimentação, foi desenvolvido um sistema de painéis de borracha reciclada que está sendo largamente utilizado na Europa. O sistema demonstra grande estabilidade e durabilidade quando aplicado em passagens de nível, além de possuir caráter ecológico e apresentar uma manutenção simples em virtude de terem a forma de blocos pré-moldados. Serão abordadas a produção dos painéis de borracha (origem da matéria-prima, fluxo do material na linha de produção, controle de qualidade e tecnologia envolvida ao longo do processo de fabricação), a sua montagem e a manutenção das passagens de nível. Outros aspectos como tempo de instalação e remoção, vida útil, acabamento, custos e segurança serão analisados tendo como exemplo a primeira aplicação do sistema no Brasil.

Palavras-chave: piso de borracha, passagem de nível, ferrovia.

ABSTRACT

Because of the big number of roadways in Brazil and the imminent growth of the railroad after the sector's privatization during the 90, it's inevitable that both intercept themselves and, owing to dangerous of these crossings, a lot of subjects as, for example, the paving, must be watching with close attention to guarantee the safety to all users of the level crossing. The way to paving level crossings most used in Brazil is the asphalt, however, seeking an alternative to paving with sustainability and durability, it was developed a system of panels of recycled rubber and it's being used frequently in Europe. The system shows great stability and durability when applied at level crossings, in addition to possessing the ecological character and present a simple maintenance because they have the form of precast blocks. It will explain the production of rubber panels (origin of raw material, material flow on the production line, quality control and technology involved during the manufacturing process), their installation and maintenance in level crossings. Other aspects such as the time of installation and removal, shelf life, finish, costs and safety will be judged with an example the first application of the system in Brazil.

Key-Words: rubber panel, level crossings, railway.

SUMÁRIO

Capítulo I - INTRODUÇÃO 12

1. APRESENTAÇÃO.....12

2. OBJETIVO 12

3. JUSTIFICATIVAS.....13

4. CONDIÇÕES DE CONTORNO.....13

5. METODOLOGIA 13

6. ESTRUTURA DO TRABALHO.....14

Capítulo II - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 15

1. HISTÓRICO FERROVIÁRIO BRASILEIRO.....15

1.1. Considerações Iniciais 15

1.2. O Sistema Ferroviário Nacional.....16

1.3. A Rede Ferroviária Federal S.A. – RFFSA.....17

1.4. O Processo de Desestatização 18

2. TERMINOLOGIA FERROVIÁRIA.....20

3. CRUZAMENTOS RODOFERROVIÁRIOS 20

3.1 Panorama Nacional.....20

3.2 Segurança.....22

3.2.1 Pavimentação das Passagens de Nível 24

4 PN DE BORRACHA: UMA SOLUÇÃO SUSTENTÁVEL 26

Capítulo III - DESCRIÇÃO 28

1 O SETOR FERROVIÁRIO.....28

2 MRS LOGÍSTICA S.A. 29

3 GUMMIWERK KRAIBURG ELASTIK GMBH 31

4 STRAIL: SISTEMA PARA PASSAGENS DE NÍVEL.....32

4.1 A Família de Produtos STRAIL 33

4.2 Produção de painéis STRAIL 34

4.2.1 Seleção e preparação da matéria-prima 34

4.2.2 A produção dos painéis.....35

4.2.3 Controle de qualidade 37

5 PRIMEIRA INSTALAÇÃO NO BRASIL.....38

5.1 Montagem e Manutenção.....38

Capítulo IV - CONCLUSÃO 41

Capítulo V - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 42

Apêndice A - TERMINOLOGIA FERROVIÁRIA 44

1. Via Permanente Ferroviária.....44
2. Tráfego Ferroviário.....45
3. Sinalização Ferroviária.....46

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Percentual de participação dos modais rodoviário e ferroviário no mundo. 16
Figura 2 - Linha do Tempo: Ferrovias no Brasil 20
Figura 3 - Índice de acidentes após as concessões ferroviárias. 23
Figura 4 - Exemplo de pavimento asfáltico deteriorado 25
Figura 5 - Investimentos na Malhas concedidas à Iniciativa Privada (R$ Milhões) 28
Figura 6 - Ferrovias de Cargas no Brasil 29
Figura 7 - Malha Ferroviária MRS Logística S.A. 30
Figura 8 - PN instalada pela KRAIBURG na Alemanha. 32
Figura 9 - Esquema da aplicação das placas de borracha 33
Figura 10 – Recomendações para utilização dos produtos STRAIL Fonte: 34
Figura 11 - Fluxograma de seleção e preparação da matéria-prima.....35
Figura 12 - Matriz preparada para a produção 35
Figura 13 - Material pronto para produção na prensa. 36
Figura 14 - Fluxograma da produção de painéis de borracha. 37
Figura 15 - Cronograma simplificado de instalação. 38
Figura 16 – Substituição do lastro e correção geométrica da via. 38
Figura 17 – Preparação da PN para instalação do piso de borracha. 39
Figura 18 - Aplicação manual do painel de borracha. 39
Figura 19 - PN Pinto de Moura antes e depois da aplicação do piso de borracha. 40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Densidade Ferroviária 16
Tabela 2 - Valores de FPA_{5anos} para Condições Típicas 21
Tabela 3 - PNs críticas brasileiras. 22
Tabela 4 - Vida Útil estimada (em anos) em função do CEC 26

GLOSSÁRIO DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AC – alternating current (corrente alternada)

AG – Aktiengesellschaft (Sociedade Anônima)

ALL – América Latina Logística S.A.

ANIP - Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos

ANTF – Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários

ANTT – Associação Nacional de Transportes Terrestres

BNDES – Banco Nacional do Desenvolvimento

CBT – Código Brasileiro de Trânsito

CBTU – Companhia Brasileira de Transporte Urbano

CEC – Contagem de Carros Equivalente

Co. KG - Compagnie Kommanditgesellschaft (Companhia Limitada)

Conama – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CVRD – Companhia Vale do Rio Doce

DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito

DNEF – Departamento Nacional de Estradas de Ferro

DNER – Departamento Nacional de Estradas e Rodagens

DNIT – Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transporte

EFCB – Estrada de Ferro Central do Brasil

EFSJ – Estrada de Ferro Santos a Jundiaí

EFVM – Estrada de Ferro Vitória a Minas

FCA – Ferrovias Centro-Atlântica

FEPASA – Ferrovia Paulista S.A.

FERROBAN – Ferrovia Bandeirantes S.A.

FPA – Fator Ponderado de Acidentes

GmbH - Gesellschaft mit beschränkter Haftung (Companhia de Responsabilidade Limitada)

IFE – Inspetoria Federal de Estradas

NBR – Norma Brasileira (denominação de norma utilizada pela ABNT)

PN – Passagem de Nível

PND – Programa Nacional de Desestatização

RFFSA – Rede Ferroviária Federal S.A.

TCC – Trabalho de Conclusão de Curso

Capítulo I
INTRODUÇÃO

1. APRESENTAÇÃO

Historicamente, no Brasil, o transporte rodoviário foi priorizado em detrimento de outros modais, pois desde os anos 50, com a implantação da indústria automobilística e a construção e pavimentação de grandes estradas, esse modo se expandiu de tal forma que hoje é o mais procurado e tem capacidade de atingir praticamente todos os pontos do território nacional. Concomitantemente, a ferrovia não teve um amplo desenvolvimento nessa época por apresentar elevados custos fixos em equipamentos, terminais e vias férreas, além do país apresentar um relevo bastante acidentado.

Após a privatização na última década como solução encontrada pelo governo federal para revitalizar o setor, é indiscutível que a malha ferroviária brasileira atravessa uma época de melhoria e expansão através de investimentos por parte das concessionárias, já que os trilhos são a principal forma de deslocamento para as grandes tonelagens de produtos em longas distâncias e, portanto, levam a maior parte da produção nacional de *commodities* até os portos, gerando riqueza e crescimento ao país.

Em função do amplo número de estradas e da iminente expansão da via férrea é inevitável que ambas se interceptem e, devido à periculosidade de tais cruzamentos, vários aspectos como, por exemplo, a pavimentação devem ser analisados para garantir a segurança de todos os usuários de uma travessia rodoferroviária, sejam eles veículos ou pedestres. É necessário também levar em conta que a manutenção do cruzamento deve ocorrer de maneira rápida e eficiente, a fim de gerar o menor transtorno possível à comunidade que precisa utilizar o local.

A forma de calçamento para passagens de nível mais utilizada no Brasil é o revestimento asfáltico, no entanto, há meios alternativos como, por exemplo, um sistema de painéis de borracha reciclada largamente utilizado na Europa. O sistema demonstra grande estabilidade e durabilidade quando aplicado em passagens de nível, além de possuir caráter ecológico e apresentar uma manutenção simples em virtude de apresentar-se na forma de blocos pré-moldados.

2. OBJETIVO

Este trabalho tem por objetivo apresentar uma avaliação dos resultados da primeira aplicação de painéis de borracha em cruzamentos rodoferroviários no Brasil, realizada em novembro de 2007 na passagem de nível da Rua Pinto de Moura, localizada na cidade de Juiz de Fora (MG) e pertencente ao trecho ferroviário sob concessão da MRS Logística S.A.

3. JUSTIFICATIVAS

O desenvolvimento do assunto torna-se pertinente devido ao caráter inovador no país e às vantagens oferecidas pela utilização do sistema de placas de borracha frente às demais alternativas de pavimentação para passagens de nível. Além disso, o autor possui experiência como estagiário no setor de manutenção da malha da MRS Logística S.A., companhia que solicitou a primeira instalação do sistema no Brasil, e também na Gummiwerk KRAIBURG ELASTIK GmbH, empresa alemã responsável pela fabricação das placas.

4. CONDIÇÕES DE CONTORNO

O presente estudo envolve os resultados obtidos com a primeira instalação no Brasil de placas de borracha em passagem de nível na Rua Pinto de Moura, que está localizada na cidade de Juiz de Fora – MG e pertence ao trecho sob concessão da MRS Logística S.A., e a produção das placas a partir da reciclagem de pneus realizada pela empresa Gummiwerk KRAIGURG ELASTIK GmbH, em Tittmoning, na Alemanha.

5. METODOLOGIA

A definição do tema, escolha da empresa e revisão bibliográfica iniciaram em conjunto, pois, a partir dos dois primeiros, foi iniciado um estudo sobre a bibliografia disponível para o desenvolvimento do assunto e verificada a viabilidade de execução do trabalho. Essa revisão bibliográfica continuou sendo realizada até a finalização da monografia, pois toda e qualquer publicação a respeito do tema abordado poderia possuir informações indispensáveis à melhor compreensão do trabalho.

A coleta de dados foi realizada de duas formas e em circunstâncias distintas. Em um primeiro momento, *in loco*, enquanto o autor realizava um estágio no setor de Marketing e Produção da Gummiwerk KRAIBURG ELASTIK GmbH, e, posteriormente, o contato com esta empresa foi mantido via correio eletrônico. Todas as informações necessárias eram enviadas via e-mail devido à dificuldade de realizar uma nova visita à empresa, a qual está sediada em outro país.

A análise dos dados coletados foi um processo constante até a finalização do TCC, já que deveria ocorrer em paralelo à coleta a fim de que não permanecessem informações ambíguas ou inconsistentes.

6. ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente Trabalho de Conclusão de Curso está estruturado em quatro capítulos, seguindo uma ordem que permite apresentar o tema e, ao longo da leitura, aprofundar em questões mais detalhadas que exigem os conhecimentos básicos apresentados na parte introdutória deste trabalho.

O Capítulo I introduz o tema, abordando assuntos que justificam a sua escolha e o contextualiza no cenário atual de mudanças no que diz respeito à pavimentação de passagens de nível e a importância de se buscar pisos alternativos para estes cruzamentos.

No Capítulo II, são tratadas as questões que possuem ligação com o tema do trabalho, nas quais a ferramenta fonte de estudo tem alguma influência ou das quais sofre influência. As informações levantadas neste capítulo são embasadas por relatos pesquisados durante a revisão bibliográfica do presente trabalho, informações estas que são consideradas ao longo dos capítulos subseqüentes.

O Capítulo III aborda a produção de painéis de borracha (origem da matéria-prima, fluxo do material na linha de produção, controle de qualidade e tecnologia envolvida ao longo do processo de fabricação), a sua montagem e a manutenção das passagens de nível utilizando a primeira instalação no Brasil como exemplo de aplicação do material.

O Capítulo IV apresenta as considerações finais sobre o estudo de caso, relatando o conhecimento adquirido com o Trabalho de Conclusão de Curso e fazendo considerações finais acerca do tema.

Capítulo II
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1. HISTÓRICO FERROVIÁRIO BRASILEIRO

1.1. Considerações Iniciais

De acordo com texto extraído do site do Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes – DNIT (http://www.dnit.gov.br), a malha ferroviária brasileira foi implantada com o objetivo de interligar vários estados do país, principalmente regiões próximas aos portos de Parati, Angra dos Reis e porto de Santos.

Comparando as condições atuais da malha ferroviária com o período anterior à desestatização, os índices apontam um crescimento na recuperação da atividade ferroviária no País, com possibilidades de aumento de sua participação na matriz de transporte, sobretudo a médio e longo prazo, em função dos investimentos feitos pelas empresas concessionárias.

Dados do DNIT mostram que, desde 1996, quando iniciou o processo de desestatização, a quantidade de carga movimentada nas ferrovias brasileiras aumentou 26%. Os investimentos permitiram um incremento da produção de transportes em 68% entre 1996 e 2001 e as melhorias decorrentes da desestatização têm contribuído para reduzir acidentes nas malhas em funcionamento.

No Brasil existem ferrovias com padrões de competitividade internacional, e a qualidade das operações permite, por exemplo, a agilidade desejada para a integração multimodal.

Segundo Ribeiro (2002), o custo do frete, cobrado pelas operadoras nas ferrovias, é 50% mais barato em relação ao transporte rodoviário. Além disso, as ferrovias oferecem rapidez e resistência a grandes cargas. A alternativa ferroviária, de fato, é importante para operadores que lidam com matérias-primas como empresas petroquímicas, que além de perigosas são transportadas em grandes volumes.

Atualmente o sistema ferroviário brasileiro apresenta um cenário evolutivo favorável. Os constantes e progressivos investimentos nesse setor tendem a elevar o potencial de atração de novos clientes e de ampliação de sua importância nos transportes brasileiros. Vilaça (2008) publicou um estudo sobre a situação das ferrovias no Brasil, o qual comparou a participação dos modais rodoviário e ferroviário no transporte brasileiro de cargas. A Figura 1 contrapõe a porcentagem de participação dos modais em questão na matriz de transporte de alguns países.

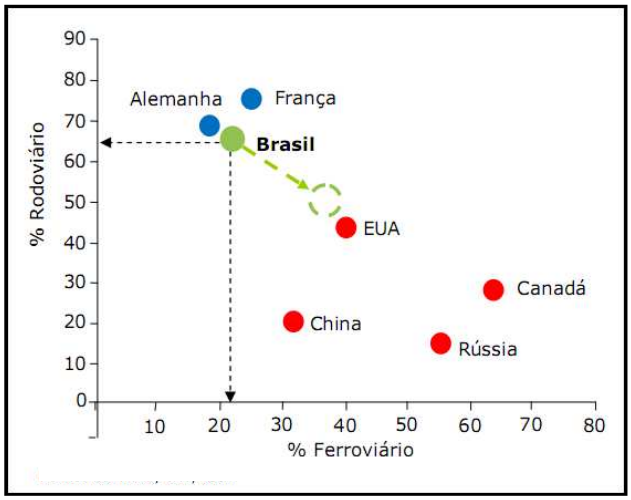

Figura 1 - Percentual de participação dos modais rodoviário e ferroviário no mundo.
Fonte: Infra-estrutura e logística no Brasil: transporte ferroviário de carga (Vilaça, 2008).

Apesar das ferrovias brasileiras possuírem uma maior fatia no transporte de cargas quando comparadas às de países desenvolvidos, como a Alemanha, Vilaça (2008) completa a análise da figura 1 calculando a densidade ferroviária e concluindo que a participação dos modais rodoviário e ferroviário no transporte de cargas brasileiro é significativamente diferente daquela encontrada em outros países de dimensões continentais. Com isso, foi identificada, ainda, a necessidade de expansão da Malha Ferroviária brasileira de forma integrada com os diversos modos de transporte, considerando todas as regiões do país.

Tabela 1 - Densidade Ferroviária

Países	Extensão da Malha Ferroviária (km)	Área Territorial (Km^2)	Densidade
Alemanha	45.514	349.223	130,3
França	32.682	545.630	59,9
EUA	194.731	9.158.960	21,3
China	65.650	9.326.410	9,3
Canadá	64.994	9.220.970	7,0
Índia	63.518	2.973.190	21,4
Rússia	87.157	16.995.800	5,1
Brasil	**28.556**	**8.456.510**	**3,4**

Fonte: Infra-estrutura e logística no Brasil: transporte ferroviário de carga (Vilaça, 2008).

1.2. O Sistema Ferroviário Nacional

Em 1922, ao se celebrar o 1º Centenário da Independência do Brasil, existia no país, segundo a ANTF, um sistema ferroviário com, aproximadamente, 29.000 km de extensão, 2.000 locomotivas a vapor e 30.000 vagões em tráfego.

Pieper (2007) destaca alguns fatos relevantes para o sistema ferroviário do país, ocorridos no período de 1922 a 1954, tais como:

- Introdução da tração elétrica, em 1930, para substituir, em determinados trechos, a tração a vapor;
- Em 1939 ocorreu o início da substituição da tração a vapor pela diesel elétrica. Este processo, interrompido durante a Segunda Guerra Mundial, foi intensificado na década de 1950.
- Em 1942 foi criada a Companhia Vale do Rio Doce, que absorveu a Estrada de Ferro Vitória a Minas (construída a partir de 1903). Esta ferrovia foi então modernizada com o objetivo de suportar o tráfego pesado dos trens que transportavam minério de ferro entre as jazidas de Itabira, em Minas Gerais, e o Porto de Vitória, no Espírito Santo.

Em conformidade com histórico no site do DNIT (http://www.dnit.gov.br), o Governo Vargas, no final da década de 1930, iniciou processo de saneamento e reorganização das estradas de ferro e promoção de investimentos, pela encampação de empresas estrangeiras e nacionais, inclusive estaduais, que se encontravam em má situação financeira. Assim, foram incorporadas ao patrimônio da União várias estradas de ferro, cuja administração ficou a cargo da Inspetoria Federal de Estradas – IFE, órgão do Ministério da Viação e Obras Públicas, encarregado de gerir as ferrovias e rodovias federais.

Esta Inspetoria deu origem, posteriormente, ao Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – DNER e Departamento Nacional de Estradas de Ferro - DNEF, sendo este último, criado pelo Decreto Lei n.º 3.155, de 28 de março de 1941. O DNEF foi extinto em dezembro de 1974 e suas funções foram transferidas para a Secretaria Geral do Ministério dos Transportes e parte para a Rede Ferroviária Federal S.A. – RFFSA.

Dentre os objetivos da encampação das estradas de ferro pela União podem-se destacar: evitar a brusca interrupção do tráfego, prevenir o desemprego, propiciar a melhoria operacional, objetivando a reorganização administrativa e a recuperação de linhas e material rodante.

1.3. A Rede Ferroviária Federal S.A. – RFFSA

No início da década de 1950, o Governo Federal, com base em amplos estudos decidiu pela unificação administrativa das 18 estradas de ferro pertencentes à União, que totalizavam 37.000 km de linhas espalhadas pelo país.

Em 16 de março de 1957 foi criada pela Lei n.º 3.115 a sociedade anônima Rede Ferroviária Federal S.A. - RFFSA, com a finalidade de administrar, explorar, conservar,

reequipar, ampliar e melhorar o tráfego das estradas de ferro da União a ela incorporadas, cujos trilhos atravessavam o País, servindo as regiões Nordeste, Sudeste, Centro-Oeste e Sul.

Em 1969, as ferrovias que compunham a RFFSA foram agrupadas em quatro sistemas regionais:

- Sistema Regional Nordeste, com sede em Recife;
- Sistema Regional Centro, com sede no Rio de Janeiro;
- Sistema Regional Centro-Sul, com sede em São Paulo; e
- Sistema Regional Sul, com sede em Porto Alegre.

No ano de 1976 foram criadas pela RFFSA as Superintendências Regionais – SRs, em número de 10, posteriormente ampliado para 12, com atividades orientadas e coordenadas por uma Administração Geral, sediada no Rio de Janeiro.

Quadro 1- SRs criadas em 1076

SR-01	Superintendência Regional Recife
SR-02	Superintendência Regional Belo Horizonte
SR-03	Superintendência Regional Juiz de Fora
SR-04	Superintendência Regional São Paulo
SR-05	Superintendência Regional Curitiba
SR-06	Superintendência Regional Porto Alegre
SR-07	Superintendência Regional Salvador
SR-08	Superintendência Regional Campos
SR-09	Superintendência Regional Tubarão
SR-10	Superintendência Regional Bauru
SR-11	Superintendência Regional Fortaleza
SR-12	Superintendência Regional São Luis

Fonte: o autor.

1.4. O Processo de Desestatização

Para Pieper (2007), de 1980 a 1992, os sistemas ferroviários pertencentes à Rede Ferroviária Federal S.A. – RFFSA e à FEPASA – Ferrovia Paulista S.A., foram afetados de forma dramática, quando os investimentos reduziram-se substancialmente, atingindo, na RFFSA em 1989, apenas 19% do valor aplicado na década de 1980. Em 1984, a RFFSA, encontrava-se impossibilitada de gerar recursos suficientes à cobertura dos serviços da dívida contraída. A empresa suportava sério desequilíbrio técnico-operacional, decorrente da degradação da infra e da super estrutura dos seus principais segmentos de bitola métrica

e da postergação da manutenção de material rodante, que ocasionaram expressiva perda de mercado para o modal rodoviário.

Uma medida de ajustamento institucional foi tomada pelo Governo Federal, com o afastamento da RFFSA dos transportes urbanos. O Decreto n.º 89.396, de 22/02/84, constituiu a Companhia Brasileira de Transporte Urbano – CBTU que ficou responsável pela prestação daqueles serviços.

Na impossibilidade de gerar os recursos necessários para continuar financiando os investimentos, o Governo Federal colocou em prática ações voltadas à concessão de serviços públicos de transporte de carga à iniciativa privada.

Informações do DNIT mostram que foi editada a Lei n.º 8.031/90 e suas alterações posteriores, que instituíram o Programa Nacional de Desestatização – PND, sendo a RFFSA incluída no referido Programa, em 10/03/92, por meio do Decreto n.º 473. Neste processo atuou como gestor o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES que, nos termos do Decreto n.º 1.024/94, elaborou a forma e as condições gerais para concessão das malhas da RFFSA.

O processo de desestatização da RFFSA foi realizado com base na Lei n.º 8.987/95, (Lei das Concessões). Esta lei estabeleceu os direitos e obrigações para as partes envolvidas no processo de concessão, definindo ainda, o princípio da manutenção do equilíbrio econômico e financeiro e os direitos dos usuários. O processo obedeceu a seguinte cronologia:

Quadro 2 - A desestatização das malhas da RFFSA

Malhas Regionais	Data do Leilão	Concessionárias	Início da Operação	Extensão (Km)
Oeste	05.03.1996	Ferrovia Novoeste S.A.	01.07.1996	1.621
Centro-Leste	14.06.1996	Ferrovia Centro-Atlântica S.A.	01.09.1996	7.080
Sudeste	20.09.1996	MRS Logística S.A.	01.12.1996	1.674
Tereza Cristina	22.11.1996	Ferrovia Tereza Cristina S.A.	01.02.1997	164
Nordeste	18.07.1997	Cia. Ferroviária do Nordeste	01.01.1998	4.534
Sul	13.12.1998	Ferrovia Sul-Atlântico S.A. – atualmente – ALL – América Latina Logística S/A	01.03.1997	6.586
Paulista	10.11.1998	Ferrovias Bandeirantes S.A.	01.01.1999	4.236
Total				**25.895**

Fonte: RFFSA e BNDES (2000).

O histórico ferroviário brasileiro apresentado apresenta-se resumido na Figura 2:

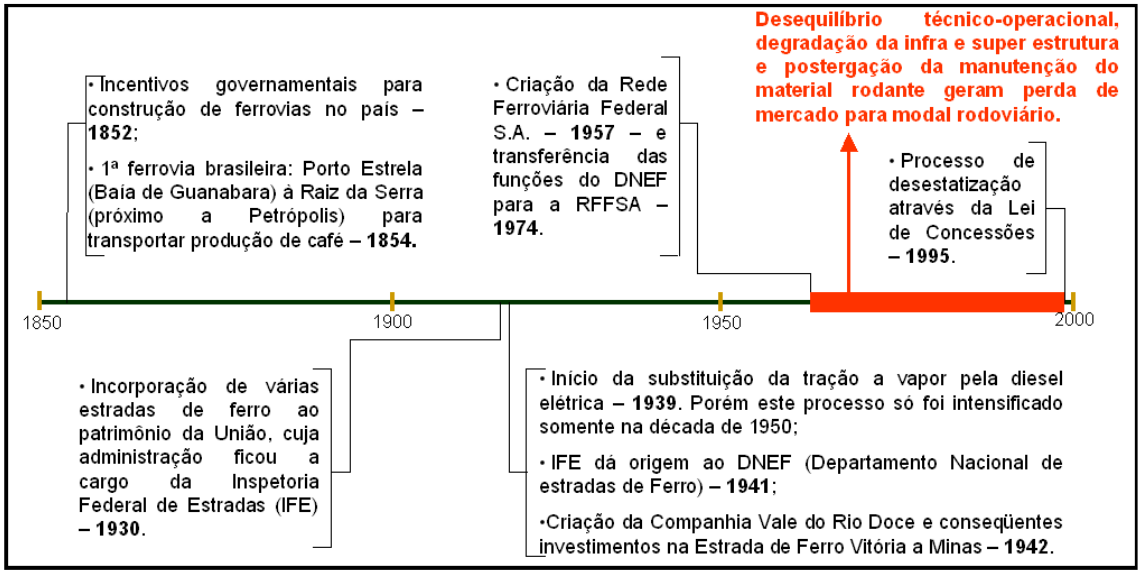

Figura 2 - Linha do Tempo: Ferrovias no Brasil

Fonte: o autor.

2. TERMINOLOGIA FERROVIÁRIA

Todos os termos ferroviários utilizados neste trabalho estão nas normas técnicas TB 131 – Via Permanente Ferroviária, NBR 7642 – Tráfego Ferroviário e NBR 7635 – Sinalização Ferroviária publicadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), e os principais conceitos envolvidos foram transcritos para o Apêndice A.

3. CRUZAMENTOS RODOFERROVIÁRIOS

3.1 Panorama Nacional

Passagem de nível (PN), segundo o Código Brasileiro de Trânsito (CBT), Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997, é “todo cruzamento de nível entre uma via e uma linha férrea ou trilho de bonde com pista própria”. Sendo assim, as passagens de nível rodoviárias são os cruzamentos de dois importantes modais de transporte: o rodoviário e o ferroviário.

Segundo dados levantados pelo Comitê de Planejamento da Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários (ANTF) publicados na Revista Ferroviária, edição de abril de 2006, o Brasil possui 134 passagens de nível prioritárias em razão do péssimo estado em que se encontram, dentro de um universo de 2.503 que foram consideradas críticas pelas operadoras. No Brasil, atualmente existem 12.400 passagens. Das 134 mais críticas, 62 estão localizadas na região Sudeste, sendo 29 no estado de São Paulo. Além de abalroamentos e atropelamentos, a precariedade das passagens obriga condutores a

reduzirem a velocidade dos trens em certos trechos, o que atrasa a entrega das cargas, reduzindo a competitividade das ferrovias.

De acordo com o Manual de Cruzamentos Rodoferroviários (1987), uma publicação do DENATRAN destinada a servir de fonte de consulta aos técnicos dos diversos órgãos de trânsito, sem ter a força de lei, uma das formas para se determinar a criticidade de um cruzamento rodoferroviário é através da análise do Fator Ponderado de Acidentes (FPA_{5anos}), índice que representa a intensidade e a severidade dos acidentes ocorridos durante os últimos 5 anos e causados por influência da PN. Ele pode ser obtido com o seguinte cálculo:

Equação 1 – Fator Ponderado de Acidentes

$$FPA_{5anos} = 9{,}5\ M + 3{,}5\ F + D$$

Onde:

FPA_{5anos} – Fator Ponderado de Acidentes observado no local para cinco anos.

M – Número de acidentes com mostos, em cinco anos.

F – Número de acidentes com feridos, em cinco anos.

D – Número de acidentes com apenas danos materiais, em cinco anos.

Fonte: Manual de Cruzamentos Rodoferroviários (1987)

Um cruzamento rodoferroviário que possui um elevado Fator Ponderado de Acidentes (FPA_{5anos}) apresenta uma maior potencialidade de perigo e, conseqüentemente, requer para os usuários melhorias mais completas e eficientes. A Tabela 2 apresenta um limite superior para o valor esperado do FPA_{5anos} em áreas urbanas. Logo, se o valor calculado através da Equação 1 for maior que o apresentado na Tabela 2, a passagem de nível é considerada crítica.

Tabela 2 - Valores de FPA5anos para Condições Típicas

Tipo de Via	FPA_{5anos}
Vias Expressas	20
Vias Arteriais	17
Vias Coletoras	14
Vias Locais	10

Fonte: Manual de Cruzamentos Ferroviários (1987)

A seguinte tabela mostra a distribuição por estado de todas as 134 passagens de nível críticas existentes no país.

Tabela 3 - PNs críticas brasileiras.

Região	Unidade da Federação	Total
Sul	PR	11
	SC	12
	RS	8
Total Sul		**31**
Sudeste	SP	29
	MG	18
	RJ	14
	ES	1
Total Sudeste		**62**
Centro-Oeste	GO	1
	DF	0
	MS	4
	MT	0
Total Centro-Oeste		**5**
Nordeste	AL	2
	CE	14
	MA	0
	PB	10
	PE	0
	PI	4
	RN	0
	BA	5
	SE	1
Total Nordeste		***36***
TOTAL GERAL		***134***

Fonte: Revista Ferroviária (2006).

3.2 Segurança

Como nos cruzamentos rodoferroviários duas importantes modalidades de transportes se superpõem, a movimentação ocorrida nestes pontos comuns de travessia representam um perigo potencial que, na ocorrência de um acidente, a gravidade é percebida diante dos inúmeros danos causados, sendo estes mensuráveis ou não. Embora a freqüência dos acidentes rodoferroviários seja bem menor que a dos outros tipos de acidentes viários, o índice de gravidade é mais elevado e os prejuízos com a perda de vidas, sofrimento e danos materiais, são bem mais altos do que nas outras categorias de acidentes, devido, principalmente, à desigualdade entre os veículos envolvidos na colisão (trens e veículos rodoviários). Os prejuízos econômicos ao país também são consideráveis porque essas duas modalidades podem ter suas operações interrompidas, por algum tempo, devido a esses acidentes.

Segundo o Manual de Cruzamentos Rodoferroviários (1987), vários fatores podem contribuir para elevar os índices dos acidentes rodoferroviários, como por exemplo:

- Imprudência dos motoristas – em muitos casos, por distração, ou qualquer outro motivo, os motoristas não percebem a existência do perigo e não tomam precauções básicas para um comportamento seguro. Eles podem se aproximar do cruzamento em alta velocidade, contando com a sorte ou esperando que o trem evite as condições de perigo. Alguns motoristas tentam atravessar o cruzamento já com os sinais de advertência em funcionamento.
- Falta de visibilidade – em determinados cruzamentos podem não existir condições de visibilidade adequadas para que o motorista tenha tempo suficiente de reagir e controlar o seu veículo com segurança.
- Proteção ou estrutura física inadequada da travessia – em alguns casos não é apropriada para as necessidades locais.
- Operação insegura – em certos cruzamentos pode ser permitida uma operação que não seja a mais segura para as condições existentes nas imediações do cruzamento.

Dados da ANTF publicados pela Revista Ferroviária, edição de abril de 2006, registraram uma redução de 58% no número de acidentes por milhão trem.km em relação ao primeiro ano das concessões das ferrovias brasileiras, 1997 – quando foram registrados 75,5 acidentes por milhão trem.km, enquanto que em 2005 este índice caiu para 32,9 por milhão trem.km, conforme pode ser visto na Figura 3. Essa redução no número de acidentes é fruto do grande volume de investimentos das concessionárias na parte de infa-estrutura, sobretudo na segurança das passagens de nível.

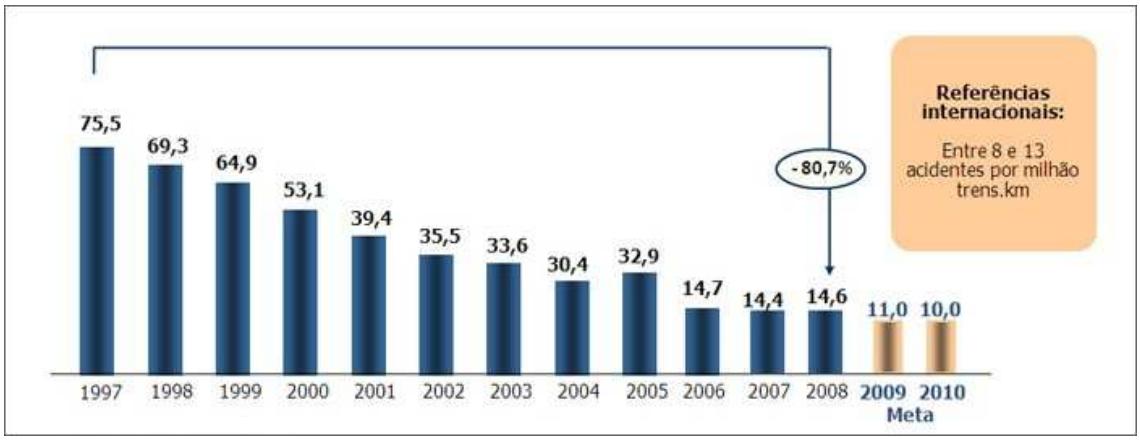

Figura 3 - Índice de acidentes após as concessões ferroviárias.

Fonte: ANTF (2009)

Para alguns fatores envolvendo o comportamento imprudente dos motoristas, medidas de médio ou longo prazo são necessárias para educar e conscientizar os condutores dos veículos quanto ao aspecto de responsabilidade e bom comportamento. Por outro lado, existem melhorias físicas que podem ser feitas para proporcionar condições mais seguras nas travessias rodoferroviárias.

3.2.1 Pavimentação das Passagens de Nível

A rodovia é definida pelas características geométricas que, junto com os serviços complementares, proporcionam aos usuários as condições físicas necessárias ao tráfego. O Manual de Cruzamentos Rodoferroviários (1987) enumera várias dessas condições que afetam diretamente a segurança dos motoristas e têm a sua importância ainda mais destacada em pontos críticos, como as passagens de nível. Uma dessas condições é o bom estado da superfície do pavimento que auxilia os usuários a desenvolverem movimentos seguros e eficientes.

Segundo a NBR-15680 (2009), a Passagem de Nível Pública tem que ser revestida, para trânsito rodoviário, pelo menos nas faixas destinadas aos veículos e nos trechos mínimos em tangente e nível. Entende-se por trecho em tangente quando, geometricamente, a via pública se apresenta em linha reta, e por trecho em nível quando o cruzamento se dá no mesmo nível da via férrea.

De acordo com Carmo (2009), pavimentos deteriorados provocam reduções na marcha dos veículos e às vezes paradas bruscas, afetando a segurança do tráfego. À medida que os fluxos rodoviários e ferroviários atravessam sobre o cruzamento, o pavimento asfáltico se deteriora nas regiões mais próximas aos trilhos, o que faz com que sua reconstituição seja necessária com certa freqüência. Assim, nestes locais o pavimento deve receber um tratamento especial que leve em conta o coeficiente de atrito mais apropriado e a qualidade de operação do tráfego. A Figura 4 mostra o pavimento asfáltico em condições precárias em uma passagem de nível.

Figura 4 - Exemplo de pavimento asfáltico deteriorado
Fonte: Análise de Pavimentos para Passagem de Nível (Carmo, 2009)

O pavimento asfáltico utilizado em passagens de nível ainda traz um inconveniente para a manutenção da superestrutura da linha férrea. Nesta manutenção, o fluxo rodoviário precisa ser interrompido por longos períodos, pois toda a pavimentação asfáltica precisa ser removida para que os serviços possam ser executados. Finalizados os serviços, a região da PN precisa ser preenchida com lastro e somente depois de concluída esta etapa é que o pavimento asfáltico pode ser novamente feito. Assim, as manutenções são postergadas, evidentemente não em detrimento da segurança, pois a manutenção de uma PN é demorada e causa grande impacto à comunidade usuária da mesma e até mesmo impactos para a produção ferroviária (Carmo 2009).

Torna-se então necessário desenvolver alternativas ao uso do pavimento asfáltico em passagens de nível, visando pisos de alta performance e segurança, com maior vida útil, baixa necessidade de manutenção e, acima de tudo, pisos que tornem a manutenção em PN mais ágil.

A NBR 6118 define vida útil como o período de tempo durante o qual a estrutura é capaz de desempenhar bem as funções para as quais foi projetada.

As cargas impostas pelo tráfego rodoviário e ferroviário são as principais determinantes da vida útil do pavimento de uma PN. De acordo com o *Highway-rail Grade Crossing Surfaces* (1995) um estudo mostra a vida útil estimada para cada tipo de pavimento de uma passagem de nível (para PNs com baixo fluxo ferroviário) em função de uma Contagem de Carros Equivalentes (CEC), definida como a soma do total de carros de passeio mais 100 vezes o total de caminhões. A Tabela 1 mostra a vida útil estimada em anos em função do CEC.

Tabela 4 - Vida Útil estimada (em anos) em função do CEC

CEC	Asfalto	Borracha
1.000	15,0	30,0
5.000	6,5	18,6
10.000	4,8	16,7
25.000	2,5	14,7
50.000	1,3	13,5
75.000	1,1	12,5
100.000	1,0	12,0

Fonte: Highway-rail Grade Crossing Surfaces (1995)

A partir da análise da Tabela 4 pode-se perceber que o pavimento formado por placas de borracha possui vida útil bastante superior ao asfalto, alternativa mais utilizada no Brasil, e que, ainda, quanto maior for o CEC da PN, mais significativa será a superioridade do pavimento de borracha.

4 PN DE BORRACHA: UMA SOLUÇÃO SUSTENTÁVEL

Segundo o portal Revista Sustentabilidade[1], o volume de pneus descartados em território nacional durante o ano de 2005, atingiu mais de 27 milhões de unidades. A resolução Conama nº 258/99, determinou que a partir de 1º de janeiro de 2005, "para cada quatro pneus novos fabricados no país ou pneus novos importados, inclusive aqueles que acompanham os veículos importados, as empresas fabricantes e as importadoras deverão dar destinação final a cinco pneus inservíveis; e para cada três pneus reformados importados, de qualquer tipo, as empresas importadoras deverão dar destinação final a quatro pneus inservíveis".

Esta meta não foi alcançada, pois segundo a ANIP (Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos), um dos grandes problemas na reciclagem dos pneus está na sua coleta em virtude do tamanho do país. Devido ao enorme impacto ambiental da borracha na natureza, pesquisas vêm sendo realizadas com o objetivo de buscar novas tecnologias para sua reutilização, gerando interessantes alternativas e desenvolvimento de diversos projetos ambientais para, de forma consciente e eficiente, realizar o seu reaproveitamento.

De acordo com Tivy e O'Hare (1991), enquanto uma folha de papel se decompõe em, no máximo, 6 meses, um pneu demora cerca de 600 anos para se degradar. Este é um dado importante e deve ser levado em conta, já que estes são objetos volumosos que precisam ser armazenados em condições apropriadas para evitar riscos de incêndio e a proliferação de mosquitos, o que compromete a saúde pública. No Brasil, a população os abandona em aterros sanitários, beiras de estrada, cursos d'água e alguns são até mesmo enterrados. Portanto, a reciclagem de pneus para a produção de painéis de borracha para

[1] http://www.sustentabilidade.org.br/

passagens de nível é uma ótima solução para acabar com o impacto ambiental causado pelo descarte de pneus.

Capítulo III
DESCRIÇÃO

1 O SETOR FERROVIÁRIO

Segundo Pieper e Palmeira (2007), com a inclusão da RFFSA em 1992 no Programa Nacional de Desestatização, o processo de privatização da operação ferroviária teve início e, para que um único acionista não detivesse, direta ou indiretamente, mais de 20% da totalidade das ações do capital votante, o processo de concessão previa uma participação máxima de controle acionário em cada ferrovia. Arrendaram-se os bens operacionais, e estabeleceram-se tetos para as tarifas.

No decorrer do processo, o governo federal arrecadou R$ 790 milhões à vista, mais parcelas trimestrais ao longo dos trinta anos das concessões. Entre 1996 e 2001, foram realizados muitos investimentos em material rodante e recuperação da malha, como pode ser visto na Figura 5.

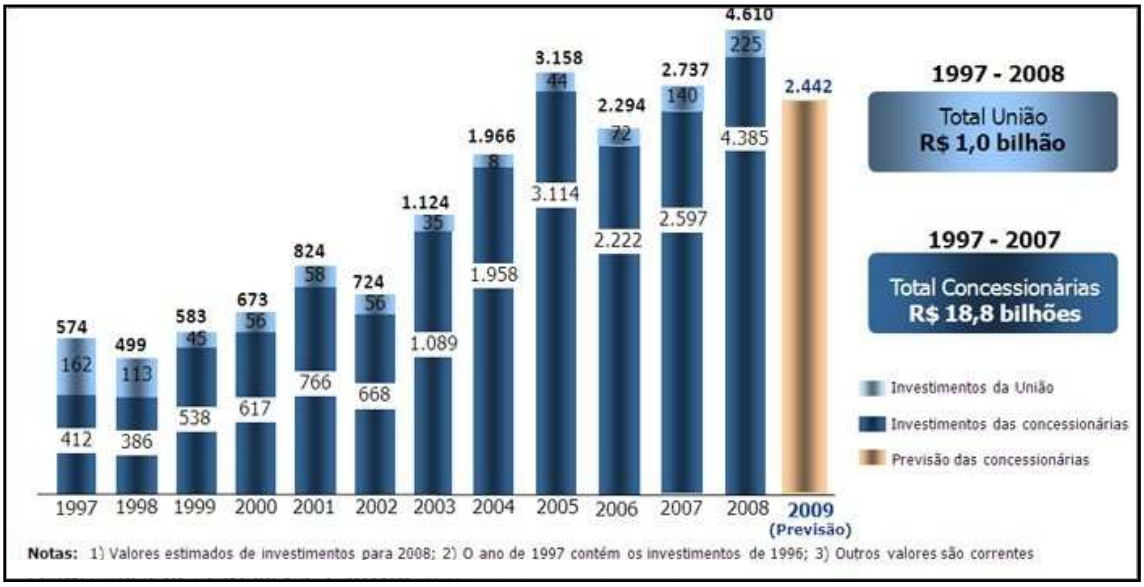

Figura 5 - Investimentos na Malhas concedidas à Iniciativa Privada (R$ Milhões)

Fonte: ANTF (2009)

As privatizações ocorreram entre 1996 a 1998, concentradas em 1997, e, no início de 2002, a ANTT (Agência Nacional de Transportes Terrestres) foi implantada. Atualmente, o Brasil possui o maior sistema ferroviário da América Latina, representado na Figura 6, em termos de carga transportada. (http://www.antt.gov.br, 15/11/2009).

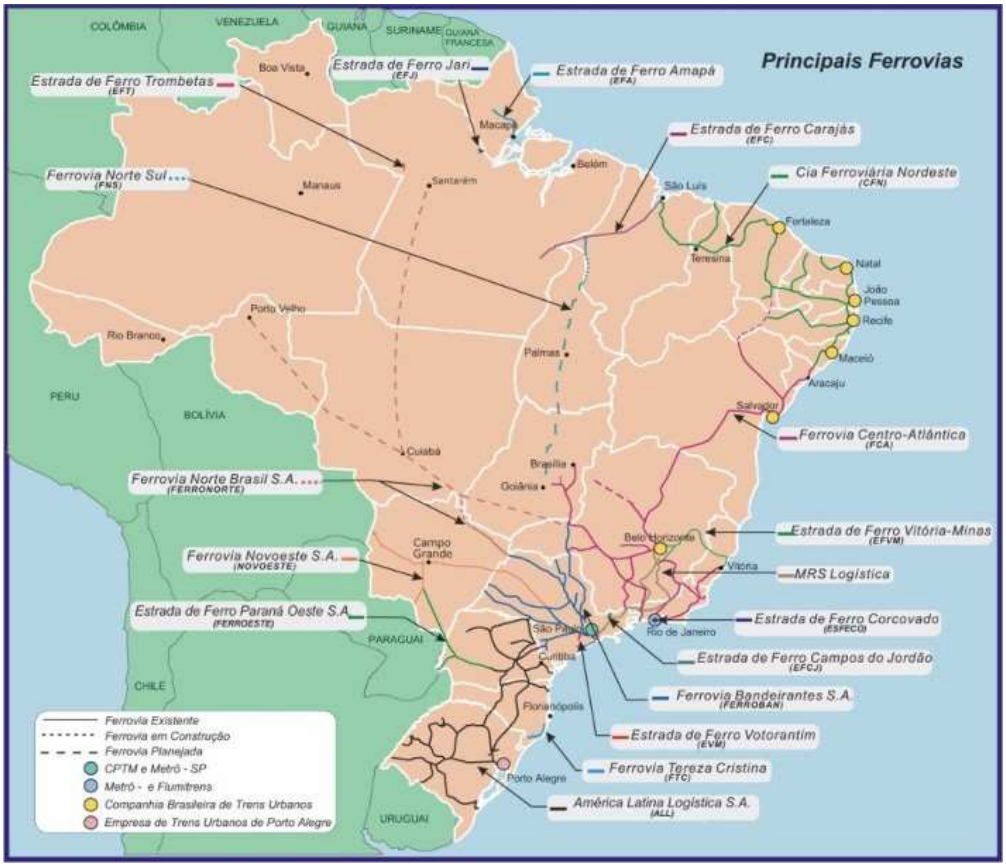

Figura 6 - Ferrovias de Cargas no Brasil

Fonte: Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários (2009)

2 MRS LOGÍSTICA S.A.

A MRS Logística S. A. iniciou suas operações em primeiro de dezembro de 1996, assumindo a chamada Malha Sudeste da Rede Ferroviária Federal S. A. (RFFSA), por intermédio da privatização da mesma, em um modelo que consistia na transferência dos serviços de transporte ferroviário de cargas e no arrendamento dos bens operacionais para o setor privado.

A Malha Sudeste da RFFSA foi constituída pela fusão da Superintendência Regional, com sede em Juiz de Fora (SR-3), formada pelas linhas de bitola larga (1,60m), da antiga Estrada de Ferro Central do Brasil (EFCB), e da Superintendência Regional com sede em São Paulo (SR-4), formada pelas linhas da Estrada de Ferro Santos a Jundiaí (EFSJ), também de bitola larga. Sendo assim, a Malha Sudeste tem uma extensão de 1.674 km de linhas entre os estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo.

Figura 7 - Malha Ferroviária MRS Logística S.A.

Fonte: MRS Logística S.A. (2009)

A MRS interliga as cidades de São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte, importantes pólos econômicos nacionais e principais centros consumidores brasileiros. Possui acesso direto aos portos de Sepetiba (RJ), Santos (SP), Rio de Janeiro e Guaíba (RJ), fator que acentua sua competitividade nos segmentos destinados à exportação e importação. Sua área de influência favorece a atividade ferroviária, na medida em que concentram empresas siderúrgicas, cimenteiras e de mineração, além de uma importante área de produção agrícola. Atua nos mercados de agricultura, automotivo, carga geral, construção civil, contêineres, industrial, de mineração, petroquímico e siderúrgico.

Por sua privilegiada localização geográfica, a MRS está desenvolvendo e operando Rotas Expressas com horários pré-definidos de chegada e saída, atendendo as principais cidades e mercados da região sudeste. Através da utilização de trens expressos, a empresa prepara-se para servir de maneira mais ampla o mercado de carga geral, disponibilizando um serviço regular e confiável. A empresa desenvolve ainda novos serviços de transporte intermodal e faz a interface com as ferrovias Centro-Atlântica (FCA), Estrada de Ferro Vitória a Minas (EFVM) e FERROBAN.

A MRS vem realizando expressivos investimentos na aquisição e recuperação do material rodante (locomotivas e vagões), em suas linhas, nos sistemas de comunicação, no desenvolvimento tecnológico e na qualificação de seus recursos humanos em busca de ganhos de produtividade; prestação de serviços com maior regularidade e confiabilidade;

redução no índice de acidentes. Como conseqüência, vem obtendo incremento significativo nos volumes transportados, ano a ano, e cumpre integralmente as metas estabelecidas no Contrato de Concessão.

A Companhia foi eleita em 2008, a “Melhor Operadora de Cargas” pela Revista Ferroviária, uma publicação mensal da Empresa Jornalística dos Transportes que está em circulação há 70 anos. A empresa tem, ainda, se destacado no incentivo à pesquisa, tendo seus colaboradores recebido inúmeros prêmios nacionais e internacionais pelos trabalhos desenvolvidos. É a primeira ferrovia do Brasil a usar locomotivas de tração AC (Corrente Alternada), a primeira com a malha licenciada pelo Ibama, a primeira e utilizar piso de borracha em PNs. Em 2008, adquiriu noventa e cinco locomotivas e dois mil vagões e concluiu a duplicação de 100 km entre Barra do Piraí e Brisamar. Em 2008, investiu R$ 1,5 bilhão. Até o terceiro trimestre do mesmo ano, obteve receita líquida de R$ 2,33 bilhões e lucro líquido de R$ 461 milhões.

3 GUMMIWERK KRAIBURG ELASTIK GMBH

A Gummiwerk KRAIGURG ELASTIK GmbH possui mais de 30 anos de sucesso na produção de painéis para utilização em passagens rodoferroviárias a partir da reciclagem de pneus, e faz parte da sociedade KRAIBURG Holding GmbH & Co. KG, um relevante grupo alemão no ramo de borracha. A empresa tem sede em Tittmoning, estado da Bavária, Alemanha, onde conta com a colaboração de 140 funcionários voltados para a diversificação e ampliação dos produtos, a fim de adaptá-los às mais adversas condições e atender todas as necessidades dos clientes.

A KRAIBURG possui mais de 20.000 passagens de nível instaladas em mais de 50 países e zela, acima de tudo, pela qualidade, mantendo um banco de dados com todas as instalações realizadas desde o início de suas atividades, o que agiliza o processo de identificação de falhas e o aprimoramento dos painéis para obter maior durabilidade.

A empresa é fornecedora exclusiva da Deutsch Bahn AG, companhia alemã de trens, e o alto padrão dos seus produtos reflete na quantidade de projetos executados em todo o mundo. A Figura 8 mostra uma das instalações na Alemanha.

Figura 8 - PN instalada pela KRAIBURG na Alemanha.
Fonte: Gummiwerk KRAIBURG ELASTIK GmbH (2009).

4 STRAIL: SISTEMA PARA PASSAGENS DE NÍVEL

O produto principal produzido pela KRAIBURG em Tittmoning, o STRAIL, consiste em blocos de borracha pré-fabricados e que, através de pequenas adaptações de acordo com o traçado da ferrovia e tamanho da passagem de nível, são montados fácil e rapidamente, resultando em um piso uniforme, durável e de simples remoção caso uma manutenção na via seja necessária.

Existem também outras variações do STRAIL como, por exemplo, pisos especiais para passagem de veículos pesados, áreas urbanas, áreas rurais e travessia exclusiva de pedestres. Cada um deles possui suas particularidades, sejam na fabricação ou no momento da montagem, no entanto, mantêm as características essenciais e a qualidade do produto original.

O sistema é modular e as placas de borracha são conectadas por hastes em toda a extensão da passagem de nível, proporcionando uma superfície contínua. As placas são dispostas entre os trilhos e na parte externa a eles, conforme pode ser visto na Figura 9. A superfície das placas é resistente à abrasão e, de acordo com o fabricante, passa por um processo de otimização para aumentar a segurança em condições molhadas. Suas dimensões variam de acordo com a bitola e tipo de local de utilização. Pelo baixo peso unitário, a instalação e a remoção são rápidas.

Figura 9 - Esquema da aplicação das placas de borracha
Fonte: Gummiwerk KRAIBURG ELASTIK GmbH (2009).

4.1 A Família de Produtos STRAIL

Como citado anteriormente, há diferentes tipos de piso de borracha fabricados pela KRAIBURG, sendo que cada um possui diferentes funções e aplicações, dependendo do tipo e da quantidade de veículos que utilizam a passagem de nível. As variações do STRAIL mais utilizadas são:

- STRAIL: sistema mais comum e adequado para a maioria das passagens de nível; suporta cargas pesadas e apresenta alta durabilidade, pois, como a largura de cada painel é 60 cm, todos os encaixes dos painéis ficarão sobre um dormente, dando maior sustentação aos painéis e aumentando a vida útil da passagem;
- pedeSTRAIL: possui a finalidade de revestir travessias de pedestres, estações ferroviárias, paradas de bonde e plantas industriais. Não suporta grandes cargas, o que não compromete sua durabilidade, pois a instalação só é realizada onde o tráfego é predominante de pessoas e pequenos veículos;
- innoSTRAIL: é o projeto mais econômico, pois os painéis internos aos trilhos têm um comprimento de 90 cm. No entanto, em função do tamanho diferenciado, sempre existirão encaixes entre um painel e outro que não estarão sustentados sobre um dormente, o que diminui a vida útil da passagem de nível;
- pontiSTRAIL: é o produto menos vendido pois possui uma aplicação bem específica: lugares com intenso tráfego de veículos pesados, como, por exemplo, portos e aeroportos. Cada painel vem acompanhado de uma peça metálica em alumínio que dá maior sustentação às placas de borracha e evita a sua deformação excessiva;

- veloSTRAIL: é indicado para os casos em que a rua corta a ferrovia obliquamente, pois como o sistema não deixa um espaço reservado para os rodeiros dos trens passarem, a superfície da PN fica totalmente plana, não configurando um obstáculo para a travessia de bicicletas e cadeirantes.

	Aplicação	Tipos de passagem
STRAIL IP / pontiSTRAIL AP		A/B
STRAIL IP + AP		A/B/C/D
innoSTRAIL IP+AP mit Bordstein		B/C/D/E
pedeSTRAIL		F/G
veloSTRAIL IP		C/D/E/F/G

Tipo de passagem (IMPORTANTES alternativas, dependendo da estrutura da pista e interface com a estrada)

A	Artérias de tráfego principal (estradas federais, uso pesado)	D	Ruas residenciais
		E	Passagens em fazendas
B	Estradas principais (estradas federais)	F	Passagens de em estações
C	Estradas secundárias	G	Passagens de pedestres

* IP = Painéis internos / * AP = = painéis externos

Figura 10 – Recomendações para utilização dos produtos STRAIL

Fonte: Folder publicitário STRAIL (2009)

4.2 Produção de painéis STRAIL

4.2.1 Seleção e preparação da matéria-prima

A borracha utilizada para a produção dos painéis tem duas origens diferentes. Uma parte da matéria-prima é composta de resíduos da indústria de recauchutagem de pneus, pois durante o processo de recuperação os pneus passam por uma etapa de preparação da carcaça para dar-lhes condições de processamento e são raspados num torno com a finalidade de devolver a simetria. Os resíduos deste processo compõem 70% da borracha utilizada na produção. O restante advém da reciclagem por simples moagem dos pneus que não têm mais condições de recuperação. Ambos materiais chegam na fábrica em forma de grânulos de até 60mm de diâmetro e passam por processos de seleção antes de iniciar a produção.

A etapa de seleção consiste na separação de materiais não polímeros que porventura estejam misturados à borracha, uma vez que, em função da sua origem, é comum encontrar resíduos metálicos e têxteis. Outros materiais também são encontrados esporadicamente, pois impurezas podem ter entrado em contato com a matéria-prima quando esta ainda estava no estoque.

Após a remoção dos elementos indesejáveis, a borracha passa por um novo processo de seleção dos grânulos, onde estes são separados em três grupos com faixas de

diâmetro diferentes: 0,05 a 1,8 mm; 1,8 a 4,0 mm; e de 4,0 a 6,0 mm. Estes, por sua vez, vão a iguais proporções para um misturador e são adicionados produtos químicos para melhorar a eficiência do próximo processo, a vulcanização. O tempo de mistura é de 3 minutos e, logo após este tempo, a borracha é encaminhada imediatamente para a produção dos painéis.

A Figura 11 mostra de forma simplificada a seleção e preparação da borracha antes da produção.

Figura 11 - Fluxograma de seleção e preparação da matéria-prima

Fonte: o autor.

4.2.2 A produção dos painéis

A matriz utilizada para a produção dos painéis é composta de moldes de metal, no formato de placas, montados numa prensa hidráulica. As inúmeras combinações de montagem fazem com que seja possível a obtenção de variados tamanhos e formas, o que facilita a personalização dos projetos de passagens de nível. A Figura 12 mostra uma matriz pronta para a produção.

Figura 12 - Matriz preparada para a produção

Fonte: o autor.

Um spray de silicone é aplicado na superfície da matriz antes de iniciar a produção para evitar a aderência da borracha e possíveis danos no produto final. Posteriormente, o molde é forrado com uma espécie de “tapete” de borracha sendo que o da parte superior do painel de borracha tem 5 mm de espessura e o da parte inferior e laterais, 0,5 mm. O revestimento de maior espessura possui uma camada de Corundum, um mineral de alta dureza à base de óxido de alumínio, com a finalidade de aumentar a resistência do produto aos impactos que sua utilização implica.

A base da produção é o método de vulcanização, o qual consiste na aplicação de calor e pressão à peça que está em processo. Simultaneamente à etapa de preparação da matriz, os grânulos de borracha provenientes da etapa de preparação da matéria-prima foram aquecidos a uma temperatura de 100ºC para facilitar a vulcanização. Uma quantidade de borracha que pode variar de 100 a 300 kg, dependendo do tamanho do painel a ser produzido, é despejada e “embrulhada” manualmente com as bordas do revestimento colocado na matriz durante a fase anterior, conforme Figura 13.

A matriz é encaminhada para a prensa, onde será submetida a uma pressão 95 bar durante 20 minutos. Transcorrido este tempo, o painel é retirado do molde e um funcionário corta manualmente as suas rebarbas para dar acabamento à peça.

Os painéis prontos são encaminhados para uma câmara fria, onde devem permanecer tempo suficiente para que sejam completamente resfriados a fim de garantir a eficiência do processo de vulcanização. Calcula-se que para cada milímetro de altura do painel, o mesmo tenha que permanecer por 6 minutos neste setor. A temperatura no local gira em torno de 15ºC.

Figura 13 - Material pronto para produção na prensa.

Fonte: o autor.

De modo geral, o fluxo de produção está representado abaixo na Figura 14.

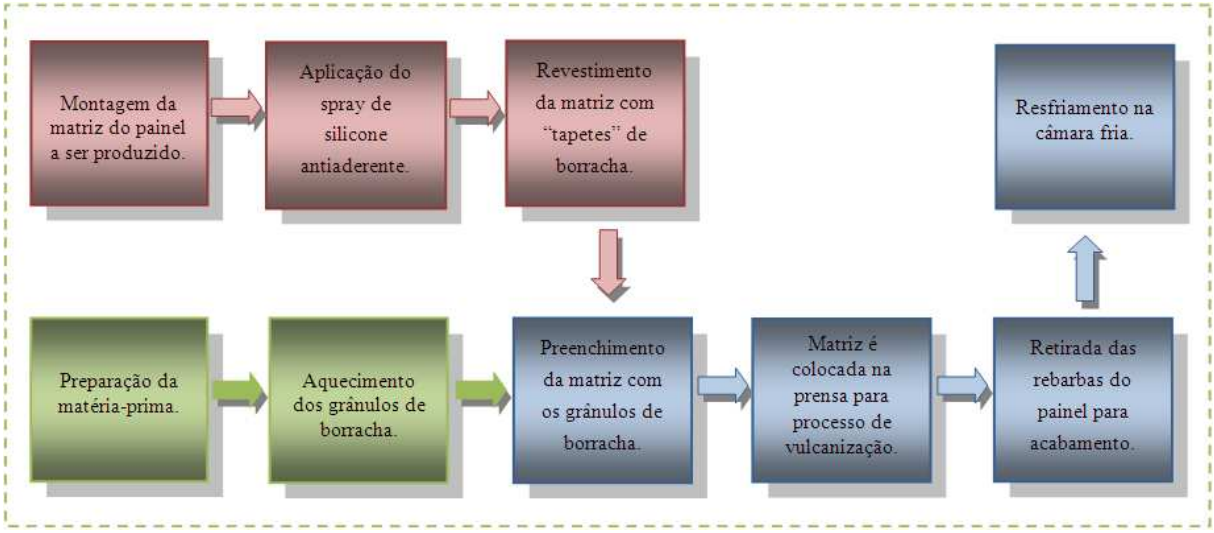

Figura 14 - Fluxograma da produção de painéis de borracha.

Fonte: o autor.

4.2.3 Controle de qualidade

O processo de entrada e saída dos painéis prontos na câmara a fria é rigorosamente monitorado o tempo por uma empilhadeira computadorizada. Dessa forma, nenhum painel fica além ou aquém do tempo estimado, reduzindo a probabilidade de falhas na estrutura da borracha.

O próximo estágio da produção é a escovação dos painéis para eliminação de impurezas que possam ter sido agregadas à peça na linha de produção como, por exemplo, o silicone aplicado na matriz. Essa limpeza é importante para que seja preservada a aderência da borracha, característica de suma importância para a segurança da PN após a aplicação do painel. Neste momento acontece também a marcação, através de um laser, da localização em que as peças devem ser perfuradas para a passagem dos tirantes.

A inspeção de qualidade é realizada em todos os painéis. Todos passam por uma verificação visual com o intuito de detectar rachaduras ou outras imperfeições na superfície. A cada 30 unidades produzidas é realizada ainda uma conferência de todas as dimensões do produto. Todos os painéis que eventualmente sejam reprovados em alguma dessas vistorias são encaminhados para o início da linha de produção para serem moídos e incorporados como matéria-prima na fabricação.

A qualidade da matéria-prima é analisada em laboratório por meio de alguns ensaios, como de tração, compressão, cisalhamento e resistência a altas temperaturas.

5 PRIMEIRA INSTALAÇÃO NO BRASIL

5.1 Montagem e Manutenção

A primeira instalação de pisos de borracha no Brasil foi realizada na passagem de nível situada na Rua Pinto de Moura do Município de Juiz de Fora nos dias 10 e 11 de novembro de 2007. Foi solicitada a interrupção da PN para o tráfego rodoviário no período de 07h00min de sábado até as 22h00min do domingo, no entanto o trabalho foi concluído com 10 horas de antecedência, conforme está no cronograma simplificado representado pela Figura 15. Os serviços de manutenção da PN correspondem à substituição de trilhos, lastro, dormente, fixação e correção geométrica da linha. A duração da instalação do piso de borracha foi de 14 horas.

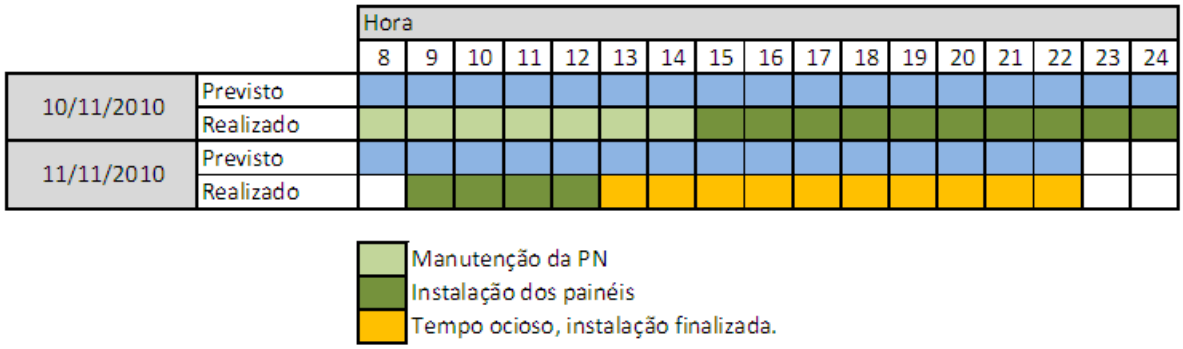

Figura 15 - Cronograma simplificado de instalação.

Fonte: o autor.

Figura 16 – Substituição do lastro e correção geométrica da via.

Fonte: Relatório de instalação KRAIBURG (2008).

Figura 17 – Preparação da PN para instalação do piso de borracha.
Fonte: Relatório de instalação KRAIBURG (2008).

Para a instalação do piso de borracha não foi necessário a utilização de equipamentos. O guindaste só foi utilizado para a descarga do material e para o posicionamento das vigas laterais de apoio. A aplicação das placas foi realizada por cerca de quatro homens (Figura 18), com a ajuda de uma alavanca específica para a colocação das placas entre os trilhos. A fixação das placas por meio de tirantes foi realizada por um homem utilizando uma chave específica para a união dos tirantes.

Figura 18 - Aplicação manual do painel de borracha.
Fonte: Relatório de instalação KRAIBURG (2008)

Quanto ao acabamento, a superfície de rolamento final da passagem de nível é uniforme, nivelada com os trilhos, não havendo degraus ou descontinuidades que possam prejudicar o fluxo rodoviário ou de pedestres. A borracha garante propriedades antiderrapantes para a superfície da PN. As placas externas são instaladas com a lateral encaixadas aos trilhos, não havendo espaços livres entre as placas e os trilhos. Na parte

interna, há o espaço livre necessário para a passagem dos rodeiros dos veículos ferroviários.

Caso haja a necessidade de uma futura manutenção na PN, a remoção das placas de borracha pode ser facilmente executada. Isto foi verificado, pois durante a instalação, algumas placas tiveram que ser removidas para a correção de espaçamento de dormentes ou reposicionamento da fixação. Foi necessária somente uma chave para desparafusar os tirantes internos e uma alavanca de aço para remover a placa. O serviço pode ser realizado por dois homens, sem a necessidade de equipamentos. O tempo máximo para remoção de cada placa é de aproximadamente 10 minutos.

A superfície antiderrapante, a regularidade e nivelamento do piso com os trilhos aumentam o nível de segurança da PN, pois os veículos, pedestres, ciclistas e outros usuários podem cruzar a passagem com a velocidade normal e sem necessidade de redução de velocidade. A Figura 19 compara a PN antes e depois da instalação do piso de borracha.

Figura 19 - PN Pinto de Moura antes e depois da aplicação do piso de borracha.
Fonte: Relatório de instalação KRAIBURG (2008).

Capítulo IV
CONCLUSÃO

O sistema de placas de borracha instalado na PN da Rua Pinto de Moura tem demonstrado grande estabilidade e apresentou uma redução significativa no custo de manutenção da passagem de nível, pois desde a instalação, há mais de 2 anos, não foi necessária a realização de manutenção de qualquer natureza no local.

O material utilizado para a instalação do piso de borracha é importado e o custo é cerca de 4 vezes superior a pavimentação asfáltica. Como antes da instalação a manutenção do asfalto era feita semestralmente, estima-se que para a PN em questão o payback do investimento foi de aproximadamente 2 anos.

A vida útil indicada pelo fabricante e comprovada pela utilização do piso em PNs semelhantes na Europa é de 15 anos. Não existem problemas com o descarte do material, já que este pode ser totalmente reciclado para a confecção de novos painéis, caracterizando uma solução de pavimentação sustentável a longo prazo. A grande quantidade de pneus disponíveis para a reciclagem faz com a matéria-prima das placas seja de fácil acesso. A dificuldade relativa às placas de borracha é devida a necessidade de importação das mesmas, pois não há fornecedor deste tipo de material no Brasil.

Capítulo V

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR-15680, (2009), “Passagem de Nível Pública”, Norma Brasileira.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NB-6118, (2001) “Projeto de Estruturas de Concreto”, Norma Brasileira.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – TB-131, (1980) “Via Permanente Ferroviária”, Norma Brasileira.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR-7642, (1985) “Tráfego Ferroviário”, Norma Brasileira.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NB-7635, (1982) “Sinalização Ferroviária”, Norma Brasileira.

ANTF – Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários, www.antf.org.br, (consulta: junho/2009).

Ballou, Ronald H., 1993, “Logística Empresarial - Transportes, Administração de Materiais e Distribuição Física”, São Paulo, SP, Atlas,

Brasil, Lei nº 9.503 de 23 de setembro de 1997, “Código Brasileiro de Trânsito (CBT)”, Diário Oficial da União, Brasília, DF.

Carmo, R. C., 2006, “Procedimento para Avaliação de Passagens de Nível”, Monografia de conclusão do Curso de Transporte Ferroviário de Carga, Instituto Militar de Engenharia / MRS, Rio de Janeiro, RJ.

Carmo, R. C., Campos V. B. G., 2009, “Análise de Pavimentos para Passagem de Nível”, *Congresso de Infra-estrutura de Transportes*, 03-310, São Paulo, SP, 29 a 31 de julho.

DNIT – Departamento Nacional de infra-estrutura e transporte, “Histórico das ferrovias brasileiras”, *www1.dnit.gov.br*, (consulta: junho/2009).

Gummiwerk KRAIBURG Elastik GmbH, STRAIL – Relatório de Projeto / Primeira instalação no Brasil, abril/2008.

Gummiwerk KRAIBURG Elastik GmbH, STRAIL – Folder publicitário, 2009.

Manual de Cruzamentos Rodoferroviários, 1987, Coleção Serviços de Engenharia. Departamento Nacional de Trânsito, 2ª edição, Brasília, DF.

Passos, R., 2009, “Prêmio Revista Ferroviária”, Revista Ferroviária, Fevereiro.

Pieper, S. L., Mauch Palmeira, E., 2007, "A importância das ferrovias para o desenvolvimento econômico brasileiro". *Observatorio de la Economía Latinoamericana*. Texto completo em *http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/br/* (consulta: março/09).

Ribeiro, P. C. C., Ferreira, K. A., 2002, “Logística e Transportes: uma discussão sobre os modais de transporte e o panorama brasileiro”, *Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, Curitiba, PR, 23 a 25 de outubro.

Tesi, R., 2006, “Brasil tem 2.503 passagens em nível críticas”, Revista Ferroviária, Março.

Tivy, J., O’Hare, G., (1991), “Human impact on the ecosystem”, Edimburgo, United Kingdom.

Transportation Research Board, 1995, “Highway-Rail Grade Crossing Surfaces”, United States.

Vilaça, R., (2008), “INFRA-ESTRUTURA E LOGÍSTICA NO BRASIL: Transporte Ferroviário de Carga”, *I Simpósio “Infra-Estrutura e Logística no Brasil: Desafios para um País Emergente”*, Brasília, DF, 26 de novembro.

Wanek-Libman, M., 2008, “Demand for smooth, safe crossings is on the rise as more sectors turn to rail to help ease energy woes”, *Revista Railway Track & Structures*, Junho.

Apêndice A
TERMINOLOGIA FERROVIÁRIA

1. VIA PERMANENTE FERROVIÁRIA

Bitola: distância entre as linhas de bitola dos trilhos da via férrea.

Bitola estreita: bitola da via com dimensão inferior a da bitola métrica.

Bitola larga: bitola da via com dimensão superior a da bitola normal.

Bitola métrica: bitola da via com dimensão nominal de 1000 mm.

Bitola mista: via férrea com três ou mais trilhos, para permitir a passagem de veículos com bitolas diferentes.

Bitola normal: bitola da via com dimensão nominal de 1435 mm.

Contra-trilho: Perfil de aço laminado, em geral, de trilho, que se assenta paralelamente à uma ou duas fiadas de trilhos da via férrea principal, no interior e, em certos casos, também no exterior da mesma, com uma ou mais das seguintes finalidades:

a) proteger a fiada de trilhos contra danos provocados por veículo rodoviário, assegurando caminho livre ao friso da roda ferroviária, em PN, e em via calçada;
b) conforme TB-39 – Aparelho de Mudança de Via;
c) guiar roda descarrilhada, através de obra de arte, evitando choque com a mesma ou tombamento de veículos ferroviários;
d) guiar a roda sobre a fiada de trilhos interna, atenuando a ação do friso da roda oposta do mesmo rodeiro, sobre o boleto da fiada de trilhos externa, em curva de pequeno raio;
e) guiar a roda descarrilhada, evitando choque de veículo ferroviário com pilar de PS;

Dormente: peça de superestrutura da via, que transmite ao lastro os esforços recebidos, através dos trilhos, opondo-se ao deslocamento dos mesmos, mantendo a bitola da via e a inclinação dos trilhos.

Faixa de domínio (faixa da estrada): faixa de terreno de pequena largura em relação ao comprimento, em que se localizam as vias férreas e demais instalações da ferrovia, inclusive os acréscimos necessários à sua expansão.

Ferrovia (estrada de ferro): sistema de transporte sobre trilhos, constituído de via férrea e outras instalações fixas, material rodante, equipamento de tráfego e tudo mais necessário a sua condução segura e eficiente de passageiros e carga.

Fiada de trilhos (linha de trilhos): conjunto de trilhos ligados topo a topo geralmente sobre dormentes, formando uma fiada da via.

Lastro: parte da superestrutura da via permanente, que distribui uniformemente à plataforma os esforços da via férrea, transmitidos através dos dormentes, impedindo o deslocamento dos mesmos, oferecendo suficiente elasticidade à via, reduzindo impactos e garantindo-lhe eficiente drenagem e aeração.

Passagem: local preparado para permitir a travessia de via férrea por pedestre, animal ou veículo.

Passagem de nível (PN): passagem efetuada em mesmo nível da linha férrea.

Passagem inferior (PI): passagem por baixo da linha férrea; designação também dada à própria obra de arte para isto necessária.

Passagem superior (PS): passagem por cima da linha férrea; designação também dada à própria obra de arte para isto necessária.

Pátio: área de esplanada em que um conjunto de via é preparado para formação de trem, manobra, estacionamento de veículo ferroviário e outro fim.

Socadora: máquina de via permanente que soca lastro.

Superestrutura: parte superior da estrutura da via permanente que suporta diretamente os esforços dos veículos e os transmite à infra-estrutura da via permanente.

Tangente: trecho de via, com projeção horizontal em reta.

Trecho crítico: trecho de via permanente que apresenta condições técnicas desfavoráveis, provocando as máximas limitações à tração na seção considerada.

Via férrea (via): duas ou mais fiadas de trilhos assentadas e fixadas paralelamente sobre dormentes, de acordo com as bitolas das vias.

2. TRÁFEGO FERROVIÁRIO

Acidente ferroviário: acidente que envolve um veículo ferroviário, exceto quando ocorrido em dependências específicas à construção, reconstrução, modificação, conservação e/ou manutenção de veículo ferroviário.

Acidente grave: acidente ferroviário, que resulte dano pessoal grave, com perda de vida, ou que tenha exposto a perigo a vida, a integridade ou a saúde de pessoa física e/ou reduzido prejuízo econômico a passageiros, a terceiros, a coisa transportada ou ao patrimônio da ferrovia.

Cancela: tipo de barreira em que a abertura e o fechamento se processam por meio de dispositivo de movimento de rotação ou de translação.

Locomotiva: material de tração, destinado a rebocar outros veículos ferroviários.

Rodoferroviário: transporte efetuado por ferrovia em conjugação com o transporte rodoviário.

Trem: veículo isolado ou composição que trafega na via férrea.

Vagão: material de transporte próprio ao transporte de carga ou a instalação de serviços auxiliares em um trem.

Veículo ferroviário: veículo destinado a circular pela via férrea, com ou sem tração própria, inclusive aquele apto a circular em outra via.

3. SINALIZAÇÃO FERROVIÁRIA

Circuito de via: circuito elétrico do qual fazem parte as fiadas de trilhos de uma seção de via, destinado a detectar a presença de um trem na mesma e comportando, geralmente, uma fonte de alimentação conectada a uma extremidade e um relé na outra.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA

FACULDADE DE ENGENHARIA

Termo de Declaração de Autenticidade de Autoria

Declaro, sob as penas da lei e para os devidos fins, junto à Universidade Federal de Juiz de Fora, que meu Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Graduação em Engenharia de Produção é original, de minha única e exclusiva autoria. E não se trata de cópia integral ou parcial de textos e trabalhos de autoria de outrem, seja em formato de papel, eletrônico, digital, áudio-visual ou qualquer outro meio.

Declaro ainda ter total conhecimento e compreensão do que é considerado plágio, não apenas a cópia integral do trabalho, mas também de parte dele, inclusive de artigos e/ou parágrafos, sem citação do autor ou de sua fonte.

Declaro, por fim, ter total conhecimento e compreensão das punições decorrentes da prática de plágio, através das sanções civis previstas na lei do direito autoral[1] e criminais previstas no Código Penal[2], além das cominações administrativas e acadêmicas que poderão resultar em reprovação no Trabalho de Conclusão de Curso.

Juiz de Fora, 24 de junho de 2010.

Adriano Magalhães Freitas	200449021
NOME LEGÍVEL DO ALUNO	Matrícula
_____	073.948.366-81
ASSINATURA	CPF

[1] LEI N° 9.610, DE 19 DE FEVEREIRO DE 1998. Altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais e dá outras providências.

[2] Art. 184. Violar direitos de autor e os que lhe são conexos: Pena – detenção, de 3 (três) meses a 1 (um) ano, ou multa.