

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO**

GIACOMO GUSTAVO WOSNIACKI

**ESTUDO DE MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA EM
PASSAGENS EM NÍVEL E DE ALTERNATIVAS DE PROTEÇÃO**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA
2014

GIACOMO GUSTAVO WOSNIACKI

**ESTUDO DE MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA EM
PASSAGENS EM NÍVEL E DE ALTERNATIVAS DE PROTEÇÃO**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

Monografia apresentada para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR.

Orientador: Prof. M.Eng. Roberto Serta

CURITIBA
2014

GIACOMO GUSTAVO WOSNIACKI

**ESTUDO DE MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA EM
PASSAGENS EM NÍVEL E DE ALTERNATIVAS DE PROTEÇÃO**

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, pela comissão formada pelos professores:

Orientador:

Prof. M.Eng. Roberto Serta
Professor do XXVI CEEEST, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Banca:

Prof. Dr. Rodrigo Eduardo Catai
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Prof. Dr. Adalberto Matoski
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Prof. M.Eng. Massayuki Mário Hara
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Curitiba
2014

“O termo de aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso”

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na sua forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida **exclusivamente** para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da monografia.

AGRADECIMENTOS

A toda a minha família por todo o suporte habitual, além de toda a educação transmitida/ propiciada ao longo de toda minha vida, sem os quais certamente não conseguiria vencer este e tantos outros desafios.

Ao meu pai, em especial, por ter me acompanhado/ auxiliado na pesquisa e ter, como sempre, me transmitido recargas de espírito de perseverança com seu exemplo de entrega e companheirismo.

À minha amiga, Janaína, por ter me incentivado a adentrar no curso.

A todos os novos e grandes amigos de CEEEST, cuja companhia foi indispensável para a prosperidade do investimento de horários de descanso e lazer em aprendizado.

Ao professor Catai, à Izabel e à Janete, pelo exemplo de dedicação à instituição e, principalmente, aos professores e alunos.

Ao professor Roberto Serta, cuja seriedade, experiência e compromisso foram evidenciados logo na primeira aula e motivaram pedidos de orientação, profissional e para a elaboração desta monografia.

RESUMO

WOSNIACKI, Giacomo Gustavo. **Estudo de métodos para avaliação da segurança em passagens em nível e de alternativas de proteção**. 2014 85 f. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Departamento Acadêmico de Construção Civil. Curitiba, 2014.

A presente monografia objetiva explorar métodos de avaliação da segurança em passagens em nível e de alternativas de proteção cabíveis constantes na literatura técnica nacional, a fim de evidenciar que o conjunto brasileiro de normas técnicas vigentes deve ser complementado para implantação de melhorias de segurança adequadas. O processo histórico de crescimento das cidades, envolvendo a ferrovia, culminou no estabelecimento de uma forte interação rodoferroviária nas passagens em nível. Por décadas, estas travessias apresentaram risco de ocorrência de acidente que poderia ser considerado baixo ou inexistente em virtude da desativação ou baixa utilização dos trechos ferroviários. Com a privatização das ferrovias e retomada do crescimento da produção ferroviária, a temática passou a ser encarada, então, efetivamente como um problema a ser solucionado em virtude do risco a veículos e pedestres, bem como do gargalo que representa ao desempenho operacional das malhas ferroviárias. A avaliação das passagens em nível críticas e proposição de alternativas são etapas indispensáveis para a solução das mesmas. Na literatura técnica nacional já existem, desde o fim da década de 1970, metodologias de análise, sobretudo em normas brasileiras, que até hoje se resumem ao cálculo de indicadores, com base em parâmetros de tráfegos e de características físicas do cruzamento rodoferroviário, associáveis a tipos de melhoria (sinalização rodoviária) pré-estabelecidos a serem adotados. Para estudar estes métodos de maneira crítica, foi realizado um levantamento de passagens em nível com maior risco potencial de acidente e conduzida uma avaliação numa passagem em nível (estudo de caso) com base em indicadores usualmente utilizados. Através da discussão contextualizada dos resultados, pôde-se concluir que, de fato, a utilização destes indicadores é importante a estas avaliações, mas não deve ser encarada como única alternativa em processos de tomada de decisão. É evidenciado que a metodologia para determinação dos indicadores pode ser potencializada mediante aproveitamento de detalhes (causas/ fatores contribuintes) constantes em registros do histórico de acidentes, o que resultará em propostas de melhoria a serem implantadas e/ou medidas a serem tomadas que não se tratam apenas de sinalização rodoviária e que terão nível de efetividade diretamente proporcional à qualidade da informação.

Palavras- chave: Passagens em nível pública, Acidente ferroviário, Abalroamento, Atropelamento, Equipamento de proteção.

ABSTRACT

WOSNIACKI, Giacomo Gustavo. **Study of grade crossing safety assessment methods and protection alternatives**. 2014 85 f. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Departamento Acadêmico de Construção Civil. Curitiba, 2014.

This thesis aims to explore methods for assessing safety of grade crossings and alternative appropriate protection contained in the national technical literature in order to show that the Brazilian set of existing technical standards must be supplemented to implement appropriate security enhancements. The historical process of urban growth, involving the railroad, culminated in the establishment of a strong interaction in the grade crossings. For decades, these crossings showed risk of accidents that could be considered low or nonexistent due to the deactivation or low use of the railroad tracks. With the privatization of railways and railway upturn in production, the theme has been seen, then, effectively as a problem to be solved because of the risk to vehicles and pedestrians, as well as the bottleneck that is the operational performance of the rail network. The evaluation of the critical grade crossings and proposing alternatives are essential steps to solve them. The national technical literature already exist, since the late 1970s, methods of analysis, especially in Brazilian standards, which even today are restricted to the calculation of indicators based on traffic parameters and physical characteristics of the grade crossing, assignable to types of improvement (road signs) pre-set to be adopted . To study these methods critically, a survey was conducted of crossings flush with the greatest potential risk of accident and conducted an assessment in a selected grade crossing based on indicators commonly used. Through contextualized discussion of the results, it was concluded that, in fact, the use of these indicators is important to these reviews, but should not be seen as the only alternative in the decision-making processes. It is shown that the methodology for determining the indicators can be enhanced through use of details (causes / contributing factors) contained in the historical records of accidents, resulting in proposals for improvements to be implemented and / or measures to be taken to not deal only with road signs and level of effectiveness that will be directly proportional to the quality of information .

Keywords: Public level crossing, Rail crash, Collision, Run over, Protection equipment.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Diagrama de Ishikawa de causas de acidentes ferroviários em PNs na região de Joinville/SC.....	25
Figura 2 – Formulário de pesquisa de fatores contribuintes de registro de acidentes.	26
Figura 3 – Listagem de suporte ao registro.....	27
Figura 4 – Estrutura de procedimento de análise da PN.....	32
Figura 5 – Equipamentos de proteção tipo 0 (esquerda) e tipo 1 (direita).....	43
Figura 6 – Equipamento de proteção tipo 2.	44
Figura 7 – Equipamentos de proteção tipo 3a (esquerda), 3b (centro) e tipo 3c (direita).	45
Figura 8 – Equipamento de proteção tipo 4 (esquerda) e tipo 5 (direita).	45
Figura 9 – Mapa da ALL Malha Sul.....	50
Figura 10 – Registros fotográficos da contagem volumétrica manual realizada em 04/02/2014.	56
Figura 11 – Vista aérea da PN do km 37,970, com destaque à referência do km 38 (LSQ-38000) do conjunto de dados geoespaciais utilizado.....	62
Figura 12 – Vistas da PN do km 37,970 para Morretes (esquerda) e para a BR-277 (direita).	63
Figura 13 – Vista aérea da PN do km 98,950, com destaque à referência do km 99 (LUZ-99000) do conjunto de dados geoespaciais utilizado.	64
Figura 14 – Vistas da PN do km 98,950 para Curitiba (esquerda) e para Piraquara (direita).	64
Figura 15 – Vista aérea da PN do km 101,970, com destaque à referência do km 102 (LUZ-102000) do conjunto de dados geoespaciais utilizado.	65
Figura 16 – Vistas da PN do km 101,970 sentido norte (esquerda) e para Avenida Iraí (direita).	66
Figura 17 – Vistas da PN do km 105,450 sentido leste (esquerda) e sentido oeste (direita).	67
Figura 18 – Vista da PN pelo trilho, sentido Paranaguá, com detalhes do equipamento de proteção (à esquerda) e detalhes da iluminação eficiente e pavimento regular (à direita).....	70
Figura 19 – Flagrantes de imprudência de motoristas.	70
Figura 20 – Detalhes de utilização da PN por veículos longos.....	70
Figura 21 – Detalhes da sinalização horizontal, de redutores de velocidade e dos canteiros centrais existentes, sentido Piraquara (à esquerda) e sentido Curitiba (à direita).	71
Figura 22 – Detalhes do equipamento de proteção durante o período diurno, com destaque à existência de uma câmera (à esquerda), e durante o período noturno (à direita).	71
Figura 23 – Detalhes de cancelas automáticas com sinalização audiovisual.	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Acompanhamento das metas de produção e de redução de acidentes na malha sul.	24
Tabela 2 – Ranking de causas de acidentes ferroviários em PNs na região de Joinville/SC.....	26
Tabela 3 – Relação entre indicadores e parâmetros.....	31
Tabela 4 – Valores de Fator Ponderado de Acidentes Típico.	34
Tabela 5 – Cálculo de f	35
Tabela 6 – Cálculo de fc	37
Tabela 7 – Proteção recomendada de acordo com o Grau de importância.	40
Tabela 8 - Tabela 3 na NBR 7.613 (área rural).	41
Tabela 9 - Tabela 4 na NBR 7.613 (área urbana).	42
Tabela 10 – PNs com maior risco potencial de acidentes ferroviários, com base no FPA_5	61
Tabela 11 – Trânsito ferroviário na PN do km 98,950 com base no histórico de 2013.	68
Tabela 12 – Condições de visibilidade e localização da PN do km 98,950.....	69
Tabela 13 – Resultados da contagem volumétrica na PN do km 98,950.	72
Tabela 14 – Fator representativo das condições de visibilidade (f) da PN do km 98,950.	74
Tabela 15 – Fator representativo das condições físicas (fc) da PN do km 98,950...	74
Tabela 16 – Resultado do cálculo de indicadores para avaliação da PN do km 98,950.	75

LISTA DE ABREVIATURAS

- CCO** – Centro de Controle da Operação
- CNT** – Confederação Nacional do Transporte
- CTB** – Código de Trânsito Brasileiro
- DNER** – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
- DNIT** – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
- DVP** – Distância de visibilidade de parada
- EVTEA** – Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental
- FPA** – Fator Ponderado de Acidentes
- Gi** – Grau de Importância
- IC** – Índice de Criticidade
- INS** – Indicador de Nível de Segurança
- MC** – Momento de Circulação
- PI** – Passagem inferior
- PN** – Passagem em nível
- PPP** – Parceria Público Privada
- PROSEFER** - Programa de Segurança Ferroviária
- PS** – Passagem superior
- RFFSA** - Rede Ferroviária Federal S.A.
- TDMA** – Tráfego Diário Médio Anual
- UFRGS** – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
- UP** – Unidade de Produção
- VMA** – Velocidade Máxima Autorizada
- VMP** – Velocidade Máxima Permitida

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVOS	15
1.1.1	Objetivo Geral	15
1.1.2	Objetivos específicos	16
1.2	JUSTIFICATIVA	16
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1	DEFINIÇÕES GERAIS	18
2.1.1	Travessia em via férrea	18
2.1.2	Passagem em nível e passagens em desnível	18
2.1.3	Classificação de vias	19
2.1.3.1	Áreas Rurais	19
2.1.3.2	Áreas Urbanas	20
2.1.4	Acidente ferroviário	21
2.2	ESTUDOS ANTERIORES	22
2.2.1	Estudos baseados na exploração de histórico de acidentes	23
2.2.2	Indicadores usualmente utilizados para avaliações de PNs	29
2.2.2.1	Fator Ponderado de Acidentes	33
2.2.2.2	Grau de importância	34
2.2.2.3	Momento de circulação	36
2.2.2.4	Índice de criticidade	37
2.2.3	Demais instrumentos de avaliação	38
2.2.3.1	Requisitos de projeto para novas travessias rodoviárias	38
2.2.3.2	Indicador de Nível de Segurança	39
2.3	ALTERNATIVAS DE PROTEÇÃO	40
2.3.1	Equipamentos de proteção (sinalização rodoviária)	40
2.3.1.1	A partir do resultado do G_i	40
2.3.1.2	A partir dos resultados de MC ou IC	41
2.3.1.3	Proteção passiva	42
2.3.1.4	Proteção ativa	43
2.3.2	Soluções técnicas de engenharia (alterações no sistema viário)	47
2.3.3	Responsabilidades pela implantação e/ou manutenção de alternativas de proteção	48
3	METODOLOGIA	49
3.1	LEVANTAMENTO DAS PNS COM MAIOR POTENCIAL DE RISCO DE ACIDENTES	49
3.1.1	Características da malha ferroviária	49
3.1.2	Materiais	50
3.1.2.1	Banco de dados de passagens em nível	51
3.1.2.2	Banco de dados brutos de registros de acidentes ferroviários	51
3.1.2.3	Conjunto de dados geoespaciais de referência da malha	53
3.1.3	Métodos	53
3.2	AValiação de uma PN ATRAVÉS DE INDICADORES ATUALMENTE UTILIZADOS	54
3.2.1	Materiais	54
3.2.2	Métodos	55
3.2.2.1	Inspeção de condições de visibilidade e localização da PN	55
3.2.2.2	Obtenção de dados do trânsito rodoviário na PN	56

3.2.2.3	Cálculo dos indicadores.....	59
4	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	61
4.1	PNS COM MAIOR RISCO POTENCIAL DE ACIDENTES FERROVIÁRIOS 61	
4.1.1	km 37,970	62
4.1.2	km 98,950	63
4.1.3	km 101,970	65
4.1.4	km 105,450	66
4.1.5	Definição de PN para avaliação com indicadores	68
4.2	AVALIAÇÃO DA PN DO KM 98,950	68
4.2.1	Trânsito ferroviário na PN	68
4.2.2	Condições de visibilidade e localização da PN	69
4.2.3	Trânsito rodoviário na PN.....	71
4.2.4	Indicadores usualmente utilizados para avaliações de PNs.....	74
4.2.5	Proposta de equipamento de proteção adequado	75
4.3	Resumo dos resultados e discussões	77
5	CONCLUSÕES	79
	REFERÊNCIAS.....	81

1 INTRODUÇÃO

O cruzamento rodoferroviário em nível, ou apenas passagem em nível, é o único que se constitui numa interseção de dois modais de transporte que diferem tanto com relação às características físicas de seus traçados, como também operacionalmente. No transporte ferroviário é considerada, portanto, um ponto de risco de acidente que, embora de ocorrência menos frequente em relação a outros modais viários, é de gravidade maior especialmente devido à diferença entre os veículos envolvidos.

Datam do fim do século XVIII e começo do século XIX os primeiros passos para implantação da estrada de ferro como meio de transporte terrestre no mundo. No Brasil, as primeiras tentativas para implantação de uma ferrovia deram-se a partir de 1835, embora apenas em 1852 efetivamente tenha sido iniciada a construção da primeira estrada de ferro do país, de ligação entre o Porto de Mauá (no interior da Baía de Guanabara) e a Raiz da Serra (Petrópolis). A inauguração da ferrovia em 30 de abril de 1854, com 14,5 km de extensão, estabeleceu-se como marco de início da rede ferroviária brasileira, que se expandiu a pouco mais de 36.000 quilômetros de extensão em um século (BRINA, 1979).

A esse processo de expansão da ferrovia, proporcionado pelo capital e pelos interesses do governo em propiciar uma forma de construir uma ligação com as partes pouco conhecidas e afastadas dos centros político administrativos, vários estudos historiográficos e/ou geográficos¹ associam o desencadeamento, direto ou indireto, de urbanização/ crescimento de povoados, cidades e/ou de regiões inteiras interceptadas pela linha férrea em todo o país.

Após 1953, porém, o que se observou foi uma estagnação do crescimento da malha e início de uma fase de declínio de sua abrangência, com extinção de várias linhas consideradas antieconômicas paralelamente à absorção de estradas que entravam em falência pelo Governo Federal (BRINA, 1979). Os motivos estavam bastante associados a aspectos econômicos do período e, principalmente, ao

¹ São alguns exemplos: “Contribuição da ferrovia para a urbanização [manuscrito]: 1908-1950. Alguns apontamentos sobre o Norte de Minas” (DINIZ, 2012), “Ferrovia: Patrimônio Cultural. Estudo sobre a ferrovia brasileira a partir da região dos Campos Gerais (PR)” (MONASTIRSKY, 2006), “À beira da linha: formações urbanas da Noroeste Paulista” (GHIRARDELLO, 2002).

processo de substituição do transporte ferroviário pelo rodoviário, que se iniciou na metade final do século XX.

Com a finalidade de administrar, explorar, conservar, reequipar, ampliar e melhorar o tráfego das estradas de ferro da União e a ela incorporadas, foi criada então, em 1957, a Rede Ferroviária Federal S.A. - RFFSA. Posteriormente, em 1971, em decorrência de uma unificação semelhante no estado de São Paulo, foi criada a Ferrovia Paulista S.A. – FEPASA, para gerir aproximadamente 5.000 km de vias férreas (DNIT, 2014).

Durante algumas décadas estas empresas prestaram serviços de transporte ferroviário até que sofressem a partir de 1980 dramática redução de investimentos, com conseqüente inclusão da RFFSA no Programa Nacional de Desestatização – PND no início da década seguinte. A prestação de serviço de transporte ferroviário de carga em diferentes malhas (incluindo a malha paulista da FEPASA, incorporada à RFFSA), totalizando 25.895 km, foi então delegado pelo Governo Federal, sob regime de concessão, a empresas vencedoras de leilões entre 1996 e 1998. Adicionalmente foi também outorgada à então Companhia Vale do Rio Doce, no processo de sua privatização, a exploração da Estrada de Ferro Vitória a Minas e Estrada de Ferro Carajás.

Em suma, historicamente o modal de transporte ferroviário no Brasil se caracteriza por ter sido fundamental ao desenvolvimento de várias regiões no fim do século XIX e início do XX, mas que experimentou até o processo de desestatização praticamente meio século de estagnação e declínio. Paralelamente a este histórico, as cidades continuaram seus processos de crescimento e envolveram a ferrovia, fato que, inequivocamente, culminou na necessidade de implantação, naquelas interceptadas pelas ferrovias, de diversas travessias (rodovias e ruas), sendo a grande maioria em nível por motivos econômicos.

Com isso, somadas estas passagens em nível àquelas primeiras, surgidas nas épocas em que se permitia o lançamento indiscriminado de novas vias férreas sobre ruas e estradas, o que se observa atualmente é a existência de inúmeras interseções em todo o país que se apresentam como pontos fixos de risco de acidente no transporte ferroviário de cargas.

Em meio a este histórico, por décadas o risco de acidente em passagens em nível poderia ser considerado, em geral, inexistente ou baixo em virtude da desativação ou baixa utilização da maioria dos trechos ferroviários. Este fato, aliado

ao de que a existência dessas passagens em nível (e seus índices de acidentes) não chegava a ser considerada um problema ao desempenho operacional das malhas ferroviárias, se traduziu no fato da literatura técnica para avaliação da segurança/ requisitos e proposta de medidas de proteção ter permanecido por quase duas décadas restrito a um conjunto de normas técnicas publicadas entre o fim da década de 1970 e o fim da década de 1980.

Após a retomada da produção ferroviária no país pela exploração da iniciativa privada, com reativações de diversos trechos e significativo aumento do tráfego de composições ferroviárias, o risco de acidente em passagens em nível voltou a existir e/ou a ser mais elevado, já sendo atualmente considerado empecilho operacional que causa redução de eficiência ao modal de transporte.

Com isso, passada aproximadamente uma década da privatização, a temática ganhou relevância, com seminários técnicos específicos, programa governamental², publicação de artigos e de novas normas técnicas (de conteúdo bastante semelhante ao de algumas anteriores) concomitante ao cancelamento de outras, mas sem que houvesse um consenso metodológico para avaliação da segurança em passagens em nível por intervenientes (prefeituras, concessionárias, departamentos governamentais), associado à proposta de alternativas efetivas de proteção (temporárias ou definitivas).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desta monografia é de estudar métodos de avaliação da segurança em passagens em nível e de alternativas de proteção cabíveis constantes na literatura técnica nacional, a fim de evidenciar que o conjunto brasileiro de normas técnicas vigentes deve ser complementado para implantação de melhorias

² Em 11/10/2008 foi iniciado o Programa de Segurança Ferroviária - PROSEFER, criado para elaborar estudos que contribuam com a redução dos impactos resultantes de interferências mútuas entre ferrovias e equipamentos urbanos e rurais, por meio de obras como sinalização, viadutos, pontes e contornos ferroviários, bem como de obras de melhorias das atuais condições de segurança de travessias, onde se encontrem passagens de nível e locais com ocupação da faixa de domínio em áreas urbanas (BRASIL, 2010).

de segurança adequadas, mesmo que em caráter provisório (até que obras de segregação sejam implantadas).

1.1.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos desta monografia são:

- Identificar as passagens em nível com maior risco potencial de acidente ferroviário (abalroamento/ atropelamento) numa malha ferroviária para definição, sem conhecimento prévio, de um estudo de caso adequado ao objetivo geral;
- Avaliar uma passagem em nível (estudo de caso) com base nos métodos constantes na literatura técnica nacional;
- Definir/ propor, com base na discussão contextualizada dos resultados obtidos, uma estratégia metodológica que mescla ferramentas da literatura técnica nacional a demais, complementares, de análise de risco.

1.2 JUSTIFICATIVA

Segundo diagnósticos apresentados na Pesquisa CNT das Ferrovias 2009 (CNT, 2009), existem 12.289 passagens em nível na malha ferroviária concedida ao transporte de carga, ou seja, aproximadamente uma a cada 2,3 km de ferrovia, das quais 2.659 foram classificadas como críticas e, dentre estas, 276 consideradas prioritárias.

Os cruzamentos rodoferroviários em nível são locais perigosos tanto para o transporte ferroviário como para os veículos e pedestres, uma vez que abalroamentos e atropelamentos nos mesmos em geral são de grande gravidade, passíveis de causar vítimas. Conseqüentemente, como a circulação de pessoas, veículos rodoviários e ferroviários estão em processo de constante crescimento, é imperativo que ações voltadas para a redução dessas interferências com as comunidades sejam realizadas.

A avaliação das passagens em nível críticas e proposição de alternativas são etapas indispensáveis para a solução das mesmas, que por consequência promove uma série de benefícios socioeconômicos, sobretudo quando da implantação de obras de segregação, mas também com melhorias nas características físicas e/ou implantação/ substituição de equipamentos de proteção:

- Redução do número de acidentes e vítimas;
- Redução do tempo de obstrução das vias, sobretudo da férrea;
- Redução do consumo de combustíveis e de emissão de gases;
- Redução de custo de guarita;
- Valoração imobiliária;
- Benefício da venda de áreas ferroviárias remanescentes e trilhos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 DEFINIÇÕES GERAIS

2.1.1 Travessia em via férrea

De acordo com a NBR 11.542 (ABNT, 2010), uma travessia em via férrea pode ser classificada de acordo com:

- finalidade (ferroviária, rodoviária, dutoviária, elétrica, de telecomunicações, de sinalização, de pedestre ou passarela, de animal, teleférica, ou hidroviária);
- natureza, em relação à via férrea (em nível, superior, inferior);
- propriedade (pública ou particular).

O termo travessia trata-se de uma terminologia utilizada pelos ferroviários análoga a interseção, definida pelo DNER (1997) como uma área em que duas ou mais vias se cruzam, e onde se localizam todos os dispositivos que permitem os movimentos de circulação ordenada dos veículos.

2.1.2 Passagem em nível e passagens em desnível

Passagem em nível é uma classificação alternativa (usual), formalizada para travessia em nível quando se destina ao trânsito rodoviário, de pedestre ou de animal (ABNT, 2010). A essa mesma passagem em nível o Código Brasileiro de Trânsito se refere como um cruzamento rodoferroviário em nível, e, por convenção, essas terminologias serão utilizadas nessa monografia.

As passagens em desnível se dividem em: inferior, obra de arte subterrânea, destinada à transposição da via férrea por pedestres e/ou veículos; ou superior, Obra de arte em nível superior, destinada à transposição da via férrea por pedestres e/ou veículos (CNT, 2011).

2.1.3 Classificação de vias

2.1.3.1 Áreas Rurais

- Via Classe 0 - segundo o DNER (1997), é uma rodovia do mais elevado padrão técnico, com controle total de acesso, devendo possuir no mínimo pista dupla. Esta classe é adotada: a) quando a função absolutamente preponderante da rodovia for a de atender à demanda do tráfego de passagem por uma região (função mobilidade), sem maiores considerações quanto ao atendimento do tráfego local e das propriedades lindeiras (função acessibilidade), que por hipótese serão atendidas por outras vias; b) quando há interferência recíproca entre atividades humanas nas propriedades lindeiras ou áreas vizinhas à faixa de domínio (pedestres, paradas de ônibus, tráfego local) e o fluxo de tráfego direto causar atritos indesejáveis sob aspectos operacionais e de segurança (controle do uso do solo); c) quando a rodovia constituir trecho ou parte de um sistema viário (conjunto de estradas do mesmo padrão), cujas características técnicas e operacionais se desejar manter uniformes e homogêneas; d) quando os volumes de tráfego forem elevados e os custos operacionais o justificarem (geralmente não inferiores àqueles que requerem uma rodovia classe I-A).
- Via Classe I-A - Rodovia com pista dupla, controle de acesso e com número total de faixas determinado pelo tráfego previsto (DNER, 1997).
- Via Classe I-B - Rodovia de pista simples, projetada para 10 anos, para um limite inferior de tráfego de 200 veículos bidirecionais ou um volume médio diário bidirecional de 1400 veículos mistos e para um limite superior igual ao requerido no caso da classe I-A (DNER, 1997).
- Via Classe II - Rodovia de pista simples, projetada para o 10º ano, para um limite inferior de tráfego médio diário bidirecional de 700 veículos mistos e para um limite superior de tráfego médio diário bidirecional de 1400 veículos mistos (DNER, 1997).
- Via Classe III - Rodovia de pista simples, projetada para o 10º ano, para um limite inferior de tráfego médio diário bidirecional de 300 veículos mistos

e para um limite superior de tráfego médio diário bidirecional de 700 veículos mistos (DNER, 1997).

- Via Classe IV-A - Rodovia de pista simples, frequentemente dotada apenas de revestimento primário, suportando tráfego médio diário no ano de abertura compreendida entre 50 veículos e 200 veículos (DNER, 1997).
- Via Classe IV-B - Rodovia simples suportando tráfego médio diário no ano de abertura inferior a 50 veículos. Ex.: Rodovias pioneiras, Estradas de Serviços, Estradas agrícolas (DNER, 1997).

2.1.3.2 Áreas Urbanas

- Via Expressa - Via classificada em (DNER, 1997):
 - Via expressa primária: via terrestre do mais elevado padrão técnico, projetadas para velocidades altas, entre 80 e 120 km/h, com controle total de acesso, devendo possuir faixas múltiplas, unidirecionais divididas por canteiro central.
 - Via expressa secundária: via terrestre com pistas separadas que se destinam prioritariamente aos fluxos de tráfego direto com controle total ou parcial de acesso, e geralmente com separação de greide das interseções.
- Via Arterial - Via classificada em (DNER, 1997):
 - Via arterial primária: via terrestre pertencente ao sistema arterial, constituída por pistas separadas e faixas múltiplas por sentido (4 ou mais faixas), destinadas preferencialmente ao tráfego direto, condutoras de grandes volumes, em horas de pico situadas entre 1000 veículos e 1500 veículos equivalentes por hora por faixa. Suporta fluxo de tráfego contínuo e em alguns trechos permite velocidade de operação até 70 km/h. Apresenta interseção em nível e sinalizada sendo permitido o acesso a propriedades adjacentes à via;
 - Via arterial secundária: via terrestre em pista dupla ou simples e de características geométricas de dimensões pouco inferiores às arteriais primárias, apresentando uma largura entre 14 e 20 metros,

geralmente com mão única de direção e fluxo de tráfego da ordem de 700 a 1000 veículos equivalentes por faixas na hora de pico e velocidade entre 30 e 50 km/h. As principais interseções são controladas por semáforos, e o acesso às propriedades adjacentes à via é permitido. Serve basicamente ao tráfego de passagem de média distância.

- Via Coletora - Via classificada em (DNER, 1997):
 - Via coletora primária: via terrestre de pista simples, em geral com mão única de direção e largura entre 10 a 15 metros. Serve preferencialmente ao tráfego de média distância e com fluxos entre 400 e 700 veículos equivalentes por faixa, por hora. O acesso às propriedades adjacentes à via é totalmente livre;
 - Via coletora secundária: via terrestre de pista simples, em geral com trânsito em duplo sentido com fluxo de tráfego entre 200 a 400 veículos equivalentes por faixa, por hora.
- Via Local - Via terrestre com baixo volume de veículo em qualquer hora do dia (até 200 veículos equivalentes por hora) que serve exclusivamente aos moradores da área (DNER, 1997).

2.1.4 Acidente ferroviário

Acidente que envolve uma ou mais composições ferroviárias e um ou mais objetos fixos ou móveis (DNER, 1997). De maneira mais específica, para efeito da Resolução ANTT nº 1431/2006 considera-se acidente ferroviário a ocorrência que, com a participação direta de veículo ferroviário, provocar danos a este, a pessoas, a outros veículos, a instalações, a obras-de-arte, à via permanente, ao meio ambiente e, desde que ocorra paralisação do tráfego, a animais. Não é considerado acidente ferroviário, porém, a ocorrência que envolva a colisão de veículo ferroviário com cadáver exposto na via férrea.

Nesta mesma resolução, que estabelece procedimentos para a comunicação de acidentes ferroviários à ANTT pelas concessionárias e autorizadas de serviço público de transporte ferroviário, consta que os acidentes ferroviários classificam-se:

- Quanto à natureza: atropelamento, colisão, abalroamento, explosão, incêndio e descarrilamento (sem tombamento ou com tombamento total ou parcial);
- Quanto à causa: falha humana, via permanente, material rodante, sistemas de telecomunicação, sinalização e energia, atos de vandalismo e casos fortuitos ou de força maior.

Considera-se acidente ferroviário grave aquele que envolve o transporte ferroviário de passageiros, de produtos perigosos, conforme Decreto nº 98.973/90 e Resolução ANTT nº 420/04, ou acarrete uma das seguintes consequências:

- morte ou lesão corporal grave que cause incapacidade temporária ou permanente à ocupação habitual de qualquer pessoa.
- interrupção do tráfego ferroviário:
 - por mais de 2 (duas) horas em linhas compartilhadas com o serviço de transporte ferroviário urbano de passageiros;
 - por mais de 6 (seis) horas no serviço de transporte ferroviário de passageiros de longo percurso ou turístico;
 - por mais de 24 (vinte e quatro) horas em linhas exclusivas para o transporte de cargas;
- prejuízo igual ou superior a R\$ 1.000.000,00 (um milhão de reais);
- dano ambiental; e
- outros danos de impacto à população atingida.

2.2 ESTUDOS ANTERIORES

Conforme discutido na introdução, em virtude do histórico ferroviário brasileiro de estagnação e declínio na segunda metade do século XX, o risco de ocorrência acidente em passagens em nível poderia ser considerado, em geral, inexistente ou baixo em virtude da desativação ou baixa utilização da maioria dos trechos ferroviários. Com isto, acrescido ao fato das PNs (e seus índices de acidentes) não serem, até então, consideradas um problema ao desempenho operacional das malhas ferroviárias, o que se observou foi pouca ou nenhuma pesquisa relacionada

a esta temática, que tange às áreas de Engenharia de Tráfego, de Segurança e de Produção, durante décadas.

Com a privatização e a retomada da produção ferroviária, a temática ganhou força, mas, em geral, continuou a se restringir a poucas pesquisas ou a publicações resumidas de levantamentos generalistas, como é o caso do diagnóstico de PNs apresentado pela CNT (2009), abordado na justificativa desta monografia, ou da publicação do resumo dos resultados do PROSEFER na Pesquisa CNT de Ferrovias 2011 (CNT, 2011).

Nesta última publicação constava que segundo os dados do PROSEFER (apresentados em Relatório Executivo não disponível ao público), da extensão total pesquisada (pouco menos de 15.000 km em 17 trechos no país), foi constatada a existência de 1.856 passagens em nível urbanas, das quais 279 foram consideradas críticas e prioritárias. Foram também identificadas 1.519 passagens em nível rurais, 929 passagens superiores (viaduto, passarela ou vedação), 584 passagens inferiores e 721 passagens para pedestres (rurais ou urbanas e em nível, aérea ou subterrânea), totalizando 5.609 cruzamentos.

Feita esta consideração, nesta seção são apresentados estudos anteriores, com detalhamento de metodologias de pesquisa, resultados e conclusões úteis ao objetivo desta monografia.

2.2.1 Estudos baseados na exploração de histórico de acidentes

Em 2003, Pires objetivou analisar sob uma abordagem logística, os acidentes ferroviários no trecho com maior índice de acidentes da malha Sul, município de Joinville – ramal de ligação com o Porto de São Francisco, e a sua relação com a competitividade do modal ferroviário.

Dentre os objetivos específicos, aquele relevante a esta monografia e aqui explorado trata-se do levantamento e avaliação dos registros de todos os acidentes ferroviários (não somente abalroamentos/ atropelamentos em passagens em nível) nos anos de 1999, 2000 e 2001, cruzando-os e identificando as causas e os pontos críticos.

A análise dos acidentes conduzida por Pires (2003) levou em consideração todos os aspectos envolvidos em cada um dos acidentes ocorridos através da exploração de um completo conjunto de informações dos laudos (relatórios finais do acidente).

Ao analisar os resultados, iniciou com uma contextualização de caráter generalista ao discutir dados de acidentes relacionados à produção ferroviária e às metas estabelecidas pelo Governo Federal à concessionária. Por se tratar de dados da mesma malha ferroviária que será objeto de estudo desta monografia, cabe aqui a apresentação dos dados mais atuais disponíveis. A tabela abaixo apresenta um resumo dos resultados de fiscalização pela ANTT, publicado no Relatório Anual 2011 (ANTT, 2012), através do qual se observa que, de maneira geral, as metas de redução de acidentes, estipuladas pelo Governo Federal como compromisso de concessão, foram atingidas nos últimos seis anos (publicados), com manutenção da produtividade.

Tabela 1 – Acompanhamento das metas de produção e de redução de acidentes na malha sul.

Concessionária	Ano	Produção em tku (10 ⁹)			Segurança		
		Meta	Realizado	Varição	Meta	Realizado	Varição
América Latina Logística Malha Sul S.A. Concessão – 01/03/97	2006	14,90	18,35	23,17%	30,50	13,82	-54,69%
	2007	15,30	17,30	13,06%	29,00	10,35	-64,31%
	2008	17,90	17,58	-1,79%	18,00	15,60	-13,33%
	2009	18,45	17,27	-6,42%	17,80	16,96	-4,72%
	2010	19,09	17,57	-7,94%	17,60	17,40	-1,14%
	2011	17,92	18,07	0,84%	17,30	15,70	-9,25%

Fonte: ANTT (2012).

Feita a referida contextualização, com dados do período de 2000 e 2001, Pires (2003) evidenciou que nesses mesmos anos, o número de acidentes em passagens em nível na Unidade de Produção Santa Catarina da concessionária que opera a malha sul foi o mais elevado em relação às outras unidades de produção da mesma malha, que abrange trechos nos estados do Rio Grande do Sul, Paraná e Santa Catarina.

Ainda nesta UP Santa Catarina, dividida em três regiões, sua análise de resultados revelou que no período entre 1999 e 2001 o trecho mais crítico foi Mafra - São Francisco do Sul e, mais especificamente, a região de Joinville, que concentrou mais de 60% dos acidentes em cada um dos anos.

No estudo foram elencadas e apresentadas 17 passagens em nível consideradas críticas, sem correlação evidenciada com os acidentes, que foram classificadas quanto à visibilidade: baixa (9%); boa (69%); e média (22%). Os acidentes foram também segregados com relação a períodos do dia, o que evidenciou que 35% dos acidentes ocorreram em horários de pico. Por fim, de maneira complementar, Pires (2003) segregou os abalroamentos entre: locomotiva abalroou (84%); locomotiva abalroada (13%); e vagão abalroado (3%).

De posse dessas informações, acrescidas diversas outras colhidas nos relatórios de acidentes, Pires (2003) procedeu um levantamento numérico dos aspectos envolvidos em cada um dos acidentes e identificou possíveis variáveis/causas, que apresentou através de um diagrama de Ishikawa.

O Diagrama de Ishikawa também conhecido como Diagrama de Causa e Efeito ou Espinha de Peixe permite estruturar hierarquicamente as causas de determinado problema ou oportunidade de melhoria. Pode ser utilizado também com outros propósitos, além do apresentado, por permitir estruturar qualquer sistema que resulte em uma resposta (uni ou multivariada) de forma gráfica e sintética (DME/ESALQ/USP, 2014), conforme pode ser observado através da figura abaixo referente às causas para acidentes ferroviários em PN identificadas por Pires (2003).

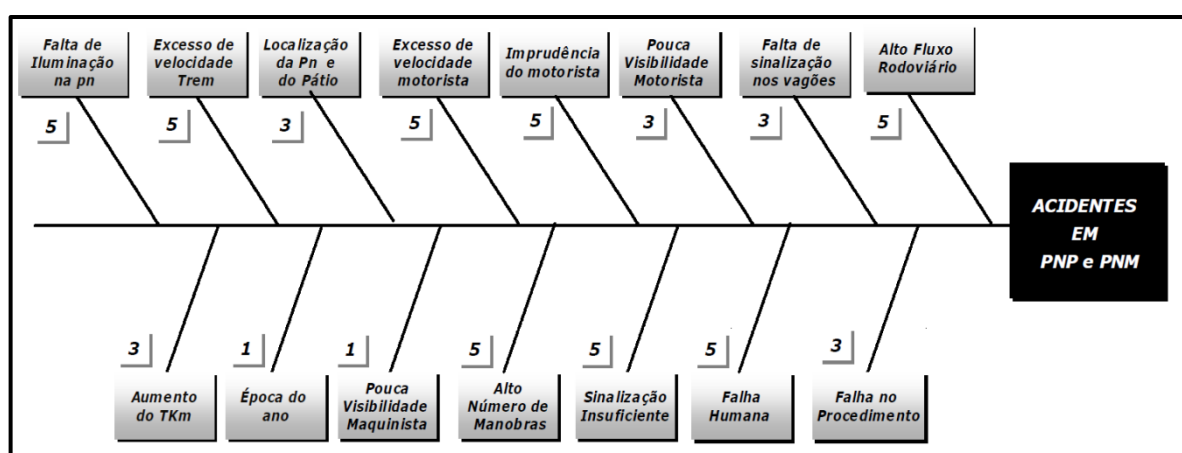


Figura 1 – Diagrama de Ishikawa de causas de acidentes ferroviários em PNs na região de Joinville/SC.

Fonte: Pires (2003).

Através das análises dos dados, o autor (Pires, 2003) obteve o ranking de causas apresentado na tabela a seguir, que evidencia como mais frequente o excesso de velocidade e imprudência do motorista.

Tabela 2 – Ranking de causas de acidentes ferroviários em PNs na região de Joinville/SC.

Causa	Posição
Excesso de velocidade e imprudência do motorista	1º
Não possuir sinalização ativa	2º
Pouca visibilidade rodoviária	3º
Alto fluxo de trens/ carros	4º
Erro procedimento maquinista	5º

Fonte: Pires (2003).

Por fim, o autor apresentou, com exemplos, diversos custos logísticos associados aos acidentes e concluiu que a ocorrência destes prejudica a qualidade do serviço oferecido pela concessionária devido aos custos, à indisponibilidade do modal e consequente repercussão na confiabilidade do cliente.

Em 2011, Chagas buscou compilar fatores contribuintes para acidentes de trânsito e a proposição de um método para o registro desses fatores que permita complementar os dados convencionais contidos em bancos de dados de acidentes de trânsito com informações pertinentes às causas dos acidentes. Para tanto, elencou fatores contribuintes obtidos na literatura e elaborou um formulário de registro de acidentes (figura 2), com listagem de suporte (figura 3) para condução de uma pesquisa piloto de fatores contribuintes de acidentes de trânsito.

EPTC/UFRGS

Pesquisa de Fatores Contribuintes de Acidentes de Trânsito

Data: / / Hora:

Local:

Boletim de Ocorrência de Acidente Número:

	Unidade 1 <input type="checkbox"/> veículo <input type="checkbox"/> ciclista <input type="checkbox"/> pedestre	Unidade 2 <input type="checkbox"/> veículo <input type="checkbox"/> ciclista <input type="checkbox"/> pedestre	Unidade 3 <input type="checkbox"/> veículo <input type="checkbox"/> ciclista <input type="checkbox"/> pedestre	Unidade 4 <input type="checkbox"/> veículo <input type="checkbox"/> ciclista <input type="checkbox"/> pedestre
Principal Fator				
Fatores Contribuintes				

Observações:

EPTC
EMPRESA PÚBLICA
DE TRANSPORTE E CIRCULAÇÃO

Piloto/Dez. 2010

Figura 2 – Formulário de pesquisa de fatores contribuintes de registro de acidentes.

Fonte: Chagas (2011).

EPTC/UFRGS		
Pesquisa de Fatores Contribuintes de Acidentes de Trânsito		
Fator contribuinte viário-ambiental		
1. Animal ou objeto na via	9. Chuva	
2. Superfície da via desgastada, escorregadia	10. Escuro	
3. Desvio temporário	11. Obras na via ou fora da via	
4. Marcação inadequada ou apagada	12. Semáforo ou sinalização com defeito ou faltando	
5. Via molhada ou alagada	13. Areia, barro, sujeira, cascalho	
6. Redutor de velocidade	14. Óleo na via	
7. Acostamento em desnível ou faltando	15. Traçado da via	
8. Controle de tráfego oculto		
Fator contribuinte veicular		
16. Carga em excesso ou mal fixada	19. Falha nos freios	22. Falha na suspensão
17. Falha na direção	20. Falha nas luzes do veículo	23. Falha ou ausência de espelhos
18. Falha no engate	21. Falha nos pneus	24. Problemas com janelas/pára-brisa
Fator contribuinte humano		
Imprudência		Debilidade ou distração
25. Excesso da velocidade estabelecida		48. Falta de atenção
26. Excesso da velocidade segura razoável		49. Cansaço, fadiga ou sono
27. Excesso de velocidade para a curva		50. Doença, incapacidade ou debilidade física ou mental
28. Seguindo muito próximo		51. Prejudicado pela ingestão de álcool
Erro de decisão		52. Prejudicado pelo uso de drogas (ou medicam.)
29. Falha em dar preferência		53. Distração por equipamento de comunicação
30. Erro na trajetória da curva		54. Distração dentro do veículo
31. Falha em parar (sinal, pedestre, preferencial)		55. Distração fora do veículo
Falha na condução do veículo		Comportamento ou inexperiência
32. Falha no uso dos faróis		56. Direção agressiva
33. Uso impróprio do freio		57. Descuido, negligência ou pressa
Infração		Visão prejudicada
34. Desobediência ao semáforo		58. Visão prejudicada por vegetação
35. Desobediência a sinalização		59. Visão prejudicada pelo traçado da via
36. Desrespeito a faixa de pedestres		60. Visão prejudicada por prédios, placas ou mobiliário urbano
37. Desrespeito ao direito de passagem de outro veículo		61. Visão prejudicada por reflexo (farol, sol)
38. Ultrapassagem imprópria		62. Visão prejudicada de dentro do veículo
39. Parada em local impróprio		63. Falha no uso de faróis a noite ou em situações de pouca visibilidade
Erro de desempenho ou reação		Ação/circunstâncias do não-condutor
40. Falhar ao sinalizar ou sinalização incorreta		64. Falha ao respeitar sinal de tráfego, sinalização, agente ou direito de passagem
41. Falha ao olhar corretamente		65. Falha no comportamento junto a veículo parado ou estragado
42. Falha ao julgar o caminho, velocidade ou espaço		66. Passagem de modo impróprio
43. Desvio brusco, movimento excessivo na direção		67. Falha no uso da travessia para pedestres
44. Perda do controle do veículo		68. Falha ao julgar a velocidade ou trajeto do veículo
45. Controle de direção insuficiente		69. Ação perigosa na via (parado, deitado, trabalhando, brincando)
46. Falha ao sair da via		70. Prejudicado pelo consumo de álcool
47. Falha ao manter o veículo na faixa		71. Prejudicado pelo consumo de drogas (ilícitas ou medicamentos)
		72. Descuido, desatenção, negligência ou pressa
Casos especiais		74. Veículo de emergência em chamado
73. Veículo roubado ou usado para crime		75. Outro:

Figura 3 – Listagem de suporte ao registro.

Fonte: Chagas (2011).

Realizada a pesquisa, a fim de avaliar a metodologia proposta para complementar dados existentes, foram comparados os formulários preenchidos para 14 acidentes com as informações sobre os mesmos acidentes constantes no banco de dados de acidentes de trânsito do município de Porto Alegre (local da pesquisa), registrados pelos órgãos competentes e reunidos pela Empresa Pública de Transporte e Circulação no Cadastro de Acidentes de Trânsito. Através da apresentação de três exemplos de comparação (referentes a seis acidentes), a

autora evidenciou que a pesquisa de fatores contribuintes permitiu complementar as informações habitualmente cadastradas e, adicionalmente, apresentou uma associação entre possíveis soluções para cada um dos 14 acidentes por fator contribuinte.

Com isso, Chagas (2011) discutiu a importância dos bancos de dados de acidentes de trânsito para subsidiar planejamento e realização das atividades que visam segurança viária. De maneira mais específica, seu estudo revelou que: o registro de fatores contribuintes é uma opção considerada relevante para a obtenção de informações referentes a melhoria da segurança viária; o formulário desenvolvido para registro dos fatores contribuintes atende às questões de abrangência e facilidade de uso, por pesquisadores dedicados, agentes de trânsito ou policiais; do ponto de vista de entendimento da gênese do acidente e do desenvolvimento de medidas mitigadoras, o levantamento de informações sobre os fatores que contribuem para a ocorrência dos acidentes, de forma direta ou indireta, revela elementos importantes para a promoção da segurança viária.

Retornando à exploração de acidentes ferroviários, mais especificamente, Lopes (2012) buscou analisar, de maneira qualitativa, as causas imediatas e latentes (gênese) do acidente ocorrido numa passagem em nível com dois trens e um ônibus na cidade de Americana/SP e propor formas de atuação que possam aprimorar a segurança e confiabilidade em passagens em nível para evitar ou minimizar os impactos causados por acidentes semelhantes ao ocorrido.

Para tanto, realizou uma pesquisa em notícias sobre o assunto, entrevistas com envolvidos e utilizou na análise do evento, que teve dez vítimas fatais e dezessete feridos (dos quais quatro foram registrados como acidente de trabalho), o Modelo de Análise e Prevenção de Acidentes de Trabalho, que propõe uma análise sistêmica do caso.

O resumo de seus resultados revelou que:

- o local é mal iluminado e com presença de construções que dificultam a visualização;
- a PN possuía, na ocasião do acidente, medida de proteção ativa (“simbólica”, segundo a autora): campainha e sinal luminoso com controle manual (acionado por cancelleiro);
- a PN apresenta tráfego intenso de pedestres e carros, mesmo com o sinal “fechado”;

- o motorista informou que o sinal vermelho só foi acionado quando o ônibus já estava no meio da PN, instantes antes do choque;
- as condições de trabalho dos motoristas de ônibus e maquinistas são inadequadas com uma prática frequente de horas extras e às vezes não respeitado o intervalo legal de 11 horas entre jornada e outra;
- o sistema de comunicação entre cancelheiros, motoristas e maquinistas é dependente de ação humana, sendo considerado frágil;
- os entrevistados afirmaram já ter presenciado acidentes em PN, confirmando a fragilidade do sistema;
- O motorista do acidente foi investigado pelo Instituto de Criminalística, que considerou o motorista como culpado pela ocorrência, sendo atualmente objeto de processo criminal com risco de condenação e prisão;
- Após dois meses da ocorrência do acidente foi instalado um portão manual (barreira física) para bloquear o trânsito de pessoas e veículos durante a passagem de trens pela PN.

Diante disso, diferente ou complementarmente do que o Instituto de Criminalística apontou como motivo do acidente, Lopes (2012) concluiu que o tratou-se de um evento complexo, com a interação entre, pelo menos os seguintes componentes: o sistema rodoviário urbano, com destaque para a ação do motorista; o transporte ferroviário e o trabalho dos maquinistas de trens; o sistema de controle da PN que envolve o trabalho dos cancelheiros encarregados da sinalização de aproximação dos trens; a concepção, gestão e manutenção da segurança da PN e do sistema viário, que inclui a iluminação pública. Apontou como conclusão, também, que o acidente pode ser previsível e prevenido e como recomendações mudanças nos processos de trabalho dos cancelheiros, motoristas de ônibus e maquinistas e retirada da PN na área urbana.

2.2.2 Indicadores usualmente utilizados para avaliações de PNs

Carmo, Campos e Guimarães (2007) afirmaram que muitos fatores podem contribuir para ocorrências de acidentes em passagens de nível: fatores físicos, relacionados à área do cruzamento; fatores operacionais do tráfego rodoviário e

ferroviário; e fatores comportamentais, relacionados à maneira que motoristas e pedestres reagem às condições encontradas.

Neste sentido, afirmaram que em relação a fatores comportamentais, envolvendo motoristas e pedestres, são necessárias medidas de médio e longo prazo visando conscientização dos mesmos quanto aos riscos envolvidos em cruzamentos rodoferroviários. Destacam, porém, que melhorias físicas devem ser feitas para proporcionar condições mais seguras nas PNs e que a escolha do tipo de melhoria a ser implementada em cada situação depende das condições de cada local, baseada em vários parâmetros que influenciam na segurança de cada travessia.

Com isso, listaram parâmetros que afetam a segurança nas passagens em nível constantes em bibliografias anteriores (DENATRAN, 1987; USDT, 1986 e USDT, 2002 apud CARMO, CAMPOS E GUIMARÃES, 2007, p.2) que devem ser levantados em avaliações:

- Tipo de rodovia;
- Número de faixas;
- Condições de pavimento;
- Volume do tráfego rodoviário;
- Trânsito de pedestres;
- Velocidade máxima autorizada na rodovia;
- Iluminação;
- Distância de visibilidade de parada;
- Número de linhas;
- Volume de tráfego ferroviário;
- Histórico de acidentes;
- Rampa.

De acordo com Carmo, Campos e Guimarães (2007), para a determinação das necessidades locais e também para definir prioridades de intervenção, estes parâmetros deveriam ser utilizados relacionados para definir indicadores de segurança em passagens em nível. Discutem, porém, que este fato que já havia sido observado durante a década de 1980, quando da elaboração de três indicadores de análise de passagem em nível: o Grau de Importância, cujo procedimento para

determinação foi normatizado, até 03/11/2011³, pela norma brasileira NB 1238 da ABNT (1989 apud CARMO, CAMPOS E GUIMARÃES, 2007, p.3); o Fator ponderado de Acidentes (FPA), cujo procedimento para determinação foi normatizado, até 20/08/2012⁴, pela NB 1239 da ABNT (1989 apud CARMO, CAMPOS E GUIMARÃES, p.5); e o Momento de Circulação, de acordo com o procedimento N-DES.017 – Passagem de Nível – Concessão, Projeto e Manutenção da RFFSA (1986, apud CARMO, CAMPOS E GUIMARÃES, 2007, p.6) normatizado, até 03/11/2011⁵, pela NB 666 da ABNT (1989, apud CARMO, CAMPOS E GUIMARÃES, 2007, p.6).

Em seu trabalho, evidenciaram detalhes técnicos relacionados a estes indicadores, que também serão apresentados nesta revisão, e apresentaram um resumo dos parâmetros considerados em cada um dos indicadores, reproduzido através da tabela a seguir.

Tabela 3 – Relação entre indicadores e parâmetros.

Parâmetro	Gi	FPA	MC
Classificação Rodoviária		X	X
Volume do Tráfego Rodoviário	X		X
Velocidade Máxima Permitida	X		
Trânsito de Pedestres	X		
Visibilidade de Parada	X		
Número de Linhas	X		X
Volume do Tráfego Ferroviário	X		X
Histórico de Acidentes		X	
Rampa	X		

Fonte: Carmo, Campos e Guimarães (2007).

Com base nisso, afirmaram que, entre os fatores físicos analisados, alguns não são utilizados para o cálculo dos indicadores:

- Número de Faixas;
- Iluminação;
- Condições do Pavimento.

Argumentaram que para avaliar e tratar corretamente a segurança oferecida aos usuários das passagens de nível era preciso definir um índice que abrangesse o

³ A NB 1238 ou NBR 10.938 (ABNT, 1989), publicada em 30/08/1989, foi substituída pela NBR 7.613 (ABNT, 2011) em 03/11/2011.

⁴ A NB 1239 ou NBR 11.440 (ABNT, 1989), publicada em 30/08/1989, foi cancelada em 20/08/2012, sendo apresentado como motivo do cancelamento que esta Norma não é mais utilizada pelo setor.

⁵ A NB 666 ou NBR 7.613 (ABNT, 1989), publicada em 30/08/1989, 1989, foi substituída pela NBR 7.613 (ABNT, 2011) em 03/11/2011.

maior conjunto de parâmetros de risco. Para isso, propuseram um método que potencializasse os pontos positivos dos indicadores apresentados, incluindo características físicas não consideradas.

Tratava-se do Índice de Criticidade, que abrangia as especificidades dos indicadores Momento de Circulação e Grau de Importância, definidas como “pontos fortes”, acrescido de um fator de caracterização da PN semelhante ao utilizado para cálculo do G_i , porém com inclusão de características físicas anteriormente não avaliadas, além da retirada de itens considerados redundantes, como o fluxo de veículos. Por fim, para definição dos pesos destes novos parâmetros ao cálculo do fator de caracterização, foi elaborado um questionário e enviado a especialistas da área ferroviária no Brasil. O conjunto de pesos definido foi ratificado com a consideração de 17 questionários respondidos e considerados válidos (de 25 enviados).

Apresentado este indicador proposto, recomendaram a adoção do fluxograma apresentado abaixo, que inclui o cálculo do FPA_5 (fator ponderado de acidentes em 5 anos), para a aplicação do método e tomada de decisão quanto ao tipo de proteção para cada passagem em nível.

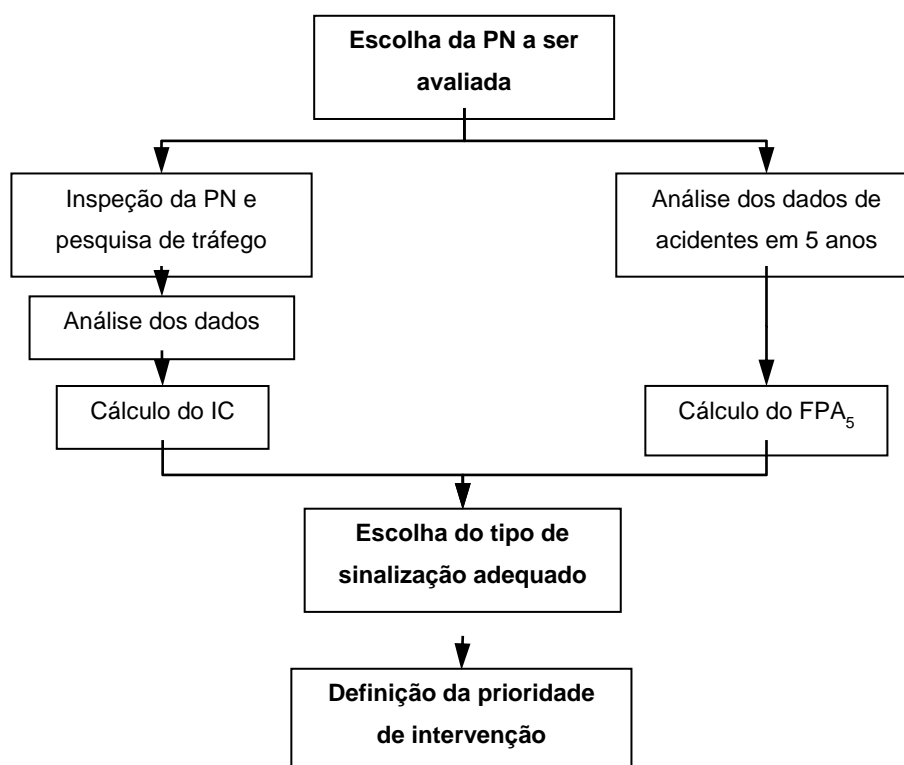


Figura 4 – Estrutura de procedimento de análise da PN.

Fonte: Carmo, Campos e Guimarães (2007).

Com este procedimento, o tipo de melhoria é definido com base na comparação do IC calculado, em detrimento ou substituição da definição baseada no MC, com as tabelas de melhorias em PN (área rural e área urbana) constantes anteriormente no Manual de Cruzamentos Rodoferroviários do DENATRAN (1979, apud CARMO, CAMPOS E GUIMARÃES, 2007, p.7), atualmente reproduzidas na NBR 7.613 (ABNT, 2011). Há de se ressaltar, inclusive, que nesta publicação vigente da NBR 7.613, de 2011, foi acrescido o procedimento de cálculo do índice de criticidade, proposto por Carmo, Campos e Guimarães (2007).

Por fim, na análise de resultados, Carmo, Campos e Guimarães (2007) ressaltam que é fundamental que o Fator Ponderado de Acidentes (FPA) seja observado, pois pode haver casos em que a proteção indicada para o cruzamento já exista no local e, ainda assim, o mesmo apresente um FPA_5 elevado em relação ao FPA Típico.

Diante disto, a seguir são apresentados os procedimentos para determinação do FPA, do Gi, do MC e/ou do IC, sendo que com base nestes três últimos é definido o tipo de melhoria (sinalização rodoviária) a ser adotada na PN sob estudo, conforme a NBR 7.613 (ABNT, 2011).

2.2.2.1 Fator Ponderado de Acidentes

O Fator Ponderado de Acidentes (FPA) é um importante indicador existente e utilizado há décadas para o cálculo da potencialidade de risco de uma PN, em função dos acidentes nela verificados. Sua determinação era formalizada através do procedimento de cálculo apresentado na NB 1239 da ABNT (1989, apud Carmo, Campos e Guimarães, 2007, p.5), cancelada em 20/08/2012 pela ABNT mediante motivo alegado de não ser mais utilizada pelo setor.

Em suma, o FPA dos últimos 5 anos (FPA_5) é calculado pela equação 1:

$$FPA_5 = 9,5M + 3,5F + D \quad (1)$$

Onde:

M = Número de acidentes com mortos, em cinco anos;

F = Número de acidentes com feridos, em cinco anos;

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

De acordo com o Manual de Cruzamentos Rodoferroviários do DENATRAN (1979, apud CARMO, CAMPOS E GUIMARÃES, 2007, p.5), o FPA_5 representa a intensidade e a severidade dos acidentes na passagem de nível durante os últimos cinco anos. Um cruzamento que possui um elevado FPA_5 apresenta maior potencialidade de risco e, conseqüentemente, requer para os usuários melhorias mais completas e eficientes. O mesmo manual apresentava valores generalizados de Fator Ponderado de Acidentes para 5 anos em condições típicas (FPA_T), reproduzidos na tabela a seguir.

Tabela 4 – Valores de Fator Ponderado de Acidentes Típico.

Localização da PN		FPA_T
Áreas Urbanas	Vias expressas	20
	Vias Arteriais	17
	Vias Coletoras	14
	Vias Locais	10
Áreas Rurais	Vias de Classe 0	15
	Vias de Classe I	13
	Vias de Classe II	10
	Vias de Classe III	7
	Vias de Classe IV	5

Fonte: DENATRAN, 1979.

Através da comparação do FPA calculado para 5 anos com o FPA típico (FPA_T) para cruzamentos semelhantes, pode-se concluir se a PN tem um FPA elevado, e conseqüentemente, condições mais perigosas do que as condições típicas esperadas para o cruzamento, e requer intervenções imediatas para melhorias (CARMO; CAMPOS, 2009).

2.2.2.2 Grau de importância

O Grau de Importância, cujo procedimento para determinação foi formalizado pela NB 666 ou NBR 7.613 da (1989 apud CARMO, CAMPOS E GUIMARÃES, 2007, p.3) - atualmente substituída pela versão atual, vigente (ABNT, 2011), é um indicador que relaciona o fluxo de veículos rodoviários e a quantidade de trens que

passam por um cruzamento por um dia com um fator representativo das condições operacionais da PN:

$$Gi = f \cdot T \cdot V \quad (2)$$

Onde:

f = fator representativo das condições de visibilidade, características de localização e composição de trânsito da PN;

T = quantidade de veículos ferroviários que cruzam a PN, em ambos os sentidos, por dia;

V = volume de veículos rodoviários que cruzam a PN, em ambos os sentidos, por dia.

A determinação do fator f é feita com base em um levantamento de campo, utilizando a tabela 5. Nesta tabela, deve-se assinalar um valor (coluna 2) para cada característica (coluna 1), multiplica-se este valor pelo peso de importância (coluna 3) e encontra-se então, o valor final (coluna 4) para cada característica. Somando-se todas as parcelas do valor final e dividindo-se o total por 100, encontra-se f , um coeficiente que varia entre 1 e 2.

Entende-se por trânsito não habitual a presença de turistas de fim de semana e feriados, festas locais que atraem muitos visitantes, épocas de colheitas (safra), que por não saberem da existência do cruzamento, afetam a segurança do mesmo.

Tabela 5 – Cálculo de f .

Característica da travessia	Valor	Peso de importância	Valor final (2ª x 3ª)
(1ª coluna)	(2ª coluna)	(3ª coluna)	(4ª coluna)
Visibilidade	Acima de 300 m	2	10
	(150 a 300) m	3	
	Abaixo de 150 m	4	
Rampa máxima de aproximação de via pública	Abaixo de 3%	2	7
	(3 a 5) %	3	
	Acima de 5 %	4	
VMP do trem mais rápido	Abaixo de 40 km/h	2	7
	(40 a 80) km/h	3	
	Acima de 80 km/h	4	
Número de vias férreas	Via simples	2	6

Característica da travessia	Valor	Peso de importância	Valor final (2ª x 3ª)
(1ª coluna)	(2ª coluna)	(3ª coluna)	(4ª coluna)
	Via dupla	3	
	Via tripla ou mais	4	
VMA na via pública	Abaixo de 50 km/h	2	
	(50 a 80) km/h	3	5
	Acima de 80 km/h	4	
Trânsito de ônibus	Até 5 %	2	
	(5 a 20) %	3	5
	Acima de 20 %	4	
Trânsito de caminhões	Até 5 %	2	
	(5 a 20) %	3	4
	Acima de 20 %	4	
Trânsito não habitual	Até 5 %	2	
	(5 a 20) %	3	4
	Acima de 20 %	4	
Trânsito de pedestres	Até 5 %	2	
	(5 a 20) %	3	2
	Acima de 20 %	4	
Total			

Fonte: ABNT, 2011.

2.2.2.3 Momento de circulação

De acordo com a NBR 7.613 (ABNT, 2011), o Momento de Circulação é calculado com a equação 3:

$$MC = (V_D * T_D + 1,4 * V_N * T_N) * L \quad (3)$$

Onde:

- MC = Momento de Circulação;
- V_D = Volume de veículos rodoviários durante o dia;
- V_N = Volume de veículos rodoviários durante a noite;
- T_D = Quantidade de trens durante o dia;
- T_N = Quantidade de trens durante a noite;

- L = Fator de ajustamento para a quantidade de vias férreas, igual a:
 - 1,0 para via singela;
 - 1,3 para via dupla;
 - 1,5 para via tripla ou mais.

2.2.2.4 Índice de criticidade

O IC deve ser calculado pela equação 4:

$$IC = f_c * (V_D * T_D + 1,4 * V_N * T_N) \quad (4)$$

Onde:

- IC = Índice de Criticidade;
- f_c = fator representativo das condições de visibilidade, localização e trânsito da PN;
- V_D = Volume de veículos rodoviários durante o dia;
- V_N = Volume de veículos rodoviários durante a noite;
- T_D = quantidade de veículos ferroviários que cruzam a PN, em ambos os sentidos, durante o dia;
- T_N = quantidade de veículos ferroviários que cruzam a PN, em ambos os sentidos, durante a noite;

Para o cálculo de f_c , deve ser adotada a seguinte tabela.

Tabela 6 – Cálculo de f_c .

Característica da travessia	Valor	Peso de importância	Valor final (2ª x 3ª)
(1ª coluna)	(2ª coluna)	(3ª coluna)	(4ª coluna)
Visibilidade	Acima de 300 m	2	10
	(150 a 300) m	3	
	Abaixo de 150 m	4	
Rampa máxima de aproximação de via pública	Abaixo de 3%	2	7
	(3 a 5) %	3	

Característica da travessia	Valor	Peso de importância	Valor final (2ª x 3ª)
(1ª coluna)	(2ª coluna)	(3ª coluna)	(4ª coluna)
VMP do trem mais rápido	Acima de 5 %	4	7
	Abaixo de 40 km/h	2	
	(40 a 80) km/h	3	
	Acima de 80 km/h	4	
Número de vias férreas	Via simples	2	6
	Via dupla	3	
	Via tripla ou mais	4	
VMA na via pública	Abaixo de 50 km/h	2	5
	(50 a 80) km/h	3	
	Acima de 80 km/h	4	
Trânsito de pedestres	Até 5 %	2	2
	(5 a 20) %	3	
	Acima de 20 %	4	
Número de faixas rodoviárias	Uma faixa	2	5
	Duas faixas	3	
	Três ou mais faixas	4	
Condições do pavimento	Regular	2	5
	Irregular	3	
	Inexistente	4	
Iluminação	Eficiente	2	3
	Insuficiente	3	
	Inexistente	4	
Total			

Fonte: ABNT, 2011.

O f_c , que varia de 1 a 2, é calculado somando-se todas as parcelas do valor final (4ª coluna) e dividindo o resultado por 100.

2.2.3 Demais instrumentos de avaliação

2.2.3.1 Requisitos de projeto para novas travessias rodoviárias

Além dos indicadores apresentados, é válido mencionar que, embora especifique requisitos aplicáveis, a princípio, à elaboração de projeto para novas

travessias rodoviárias (e não obrigatoriamente para avaliação de PNs existentes), a NBR 15.680 (ABNT, 2009) contém subitens relevantes sobre geometria, sinalizações rodoviárias/ ferroviárias complementares (adicionais às estabelecidas na NBR 7.613) e tempos/ distâncias calculadas de segurança (ex. DVP). Tais subitens são passíveis de serem aproveitados numa avaliação detalhada, com caráter de auditoria, de uma passagem em nível crítica.

2.2.3.2 Indicador de Nível de Segurança

O indicador de nível de segurança foi proposto por Carmo e Campos (2009) e tem como objetivo definir uma prioridade de intervenção entre as PN existentes em uma ferrovia. Para tanto, considera o IC, que estabelece uma prioridade de intervenção em função das características físicas e operacionais da PN, e o FPA, que prioriza a atuação em função do risco de acidente em cada PN. O indicador de nível de segurança é calculado a partir da equação 5:

$$INS_i = \frac{IC_i}{10000} + 1,5FPA_5 \quad (5)$$

Neste indicador transforma-se a unidade do IC dentro de um valor relativo ao FPA e, em função dos custos de acidentes e consequências dos mesmos, atribui-se ao Fator Ponderado de Acidentes (FPA) um peso 50% maior.

O Nível de Segurança, conforme se pode observar, permite estabelecer uma ordem de prioridade de intervenção contemplando dois indicadores importantes de análise física e operacional de uma PN. Estabelecer uma prioridade de intervenção é importante na medida em que não se tem recursos suficientes para atuar em todas as PN ao mesmo tempo (CARMO; CAMPOS, 2009).

2.3 ALTERNATIVAS DE PROTEÇÃO

2.3.1 Equipamentos de proteção (sinalização rodoviária)

2.3.1.1 A partir do resultado do Gi

Sobre melhorias de sinalização rodoviária é válido recorrer, primeiramente, às definições sobre o indicador utilizado há décadas pelo setor metroferroviário e que atualmente encontra-se sem função no conjunto de normas técnicas vigentes sobre a temática, o Grau de importância (Gi).

Já foi apresentado anteriormente que este era o primeiro indicador de risco de acidentes de uma travessia que considerava aspectos do tráfego e da travessia. Sua metodologia de cálculo consta na NBR 7.613 vigente (ABNT, 2011), porém não há, no conjunto de normas vigente, padrão para aproveitamento de seu resultados.

Sendo assim, recorreu-se ao passado do transporte ferroviário no país, em que, de acordo com o valor de Gi encontrado, pode-se efetuar a escolha preliminar de um tipo de proteção a ser utilizada, conforme a tabela a seguir.

Tabela 7 – Proteção recomendada de acordo com o Grau de importância.

Gi	Proteção recomendada
≤ 20.000	SOS
≥ 20.000	SMG – SML SAG - SAL

Fonte: Procedimento N-DSE.017 (RFFSA, 1986).

A proteção recomendada no passado, de acordo com o Procedimento N-DSE.018 – Passagem de Nível – Cadastro da RFFSA (1986 apud CARMO, CAMPOS E GUIMARÃES, 2007, p.5):

- SOS – Sem aviso de aproximação de trem;
- SMG – Sinalização manual com guarda-cancela;
- SML – Sinalização manual, sem guarda cancela;
- SAG – Sinalização automática com guarda-cancela;

- SAL – Sinalização automática sem guarda-cancela.

Em suma, para um grau de importância igual ou superior a 20.000, sabe-se que a PN requer maior atenção, com necessidade de proposta de sinalização ativa. Vale ressaltar que, embora a bibliografia da RFFSA seja um tanto antiga, sua terminologia ainda consta na NBR 12.731:1992 - *Via-férrea - Travessia rodoviária de pedestre e de animal – Classificação*, em vigor (ABNT, 1992).

2.3.1.2 A partir dos resultados de MC ou IC

A mais recente NBR 7.613 (ABNT, 2011), por sua vez, propõe no seu item 7, o tipo de melhoria (sinalização rodoviária) a ser adotado em cada passagem de nível de acordo com o valor do Momento de Circulação ou com o valor do Índice de Criticidade, a depender do nível de detalhamento pretendido da avaliação. No caso de adoção do IC, utilizam-se os mesmos valores para MC, apresentados nas tabelas a seguir para área rural e urbana, respectivamente.

Tabela 8 - Tabela 3 na NBR 7.613 (área rural).

Energia elétrica	MC x 10 ³	Classe da rodovia				
		CLASSE 0	CLASSE I	CLASSE II	CLASSE III	CLASSE IV
Sem energia elétrica	0 - 5	Para este tipo de via não é permitido PN. Caso isto aconteça, é necessário protegê-los com cancela até que a PN possa ser fechada com a construção de um travessia em desnível	1b	1b	1a	1a
	5 - 25		2b	2b	2a	2a
	25 - 50		2c	2c	2a	2a
	50		2d	2d	2c	2b
Com energia elétrica	0 - 5		1b	1b	1a	1a
	5 - 25		3b ou 4	3b ou 4	2a	2a
	25 - 50		3c	3b ou 4	3b	3b
	50		5	5	3e	3e

Fonte: ABNT, 2011.

Tabela 9 - Tabela 4 na NBR 7.613 (área urbana).

Energia elétrica	MC x 10 ³	Necessidade do pedestre	CLASSE DA VIA			
			Vias expressas	Vias arteriais	Vias coletoras	Vias locais
Sem energia elétrica	0 - 10	Alto ou baixo	Para este tipo de via não é permitido PN. Caso isto aconteça, é necessário protegê-los com cancela até que a PN possa ser fechada com a construção de um travessia em desnível	1b	1b	1a
	10 - 50			2c	1b	1a
	50 - 100			2c	2c	2a
	>100			2d	2c	2b
Com energia elétrica	0-10	Baixo		1b	1b	1a
		Alto		3a	3a	3a
	10-50	Baixo		3b	3b	3c
		Alto		4	4	3c
	50-100	Baixo		4	4	3c
		Alto		4	4	3d
	>100	Baixo		5	5	3e
		Alto		5	5	3f

Fonte: ABNT, 2011.

Os tipos de melhoria (sinalização rodoviária) preconizados por esta norma são apresentados na NBR 15.942 (ABNT, 2011), que estabelece a classificação e os requisitos para equipamento de proteção para travessia rodoviária por via férrea. De maneira geral, a proteção da passagem em nível é classificada em passiva ou ativa, conforme descrito a seguir.

2.3.1.3 Proteção passiva

A proteção passiva, conforme NBR 15.942 (ABNT, 2011), é dos seguintes tipos:

- Tipo 0 – proteção de PN de propriedade particular (e não pública);
- Tipo 1a – proteção simples;
- Tipo 1b – proteção simples com sinalização de advertência.

A figura a seguir ilustra os referidos equipamentos.

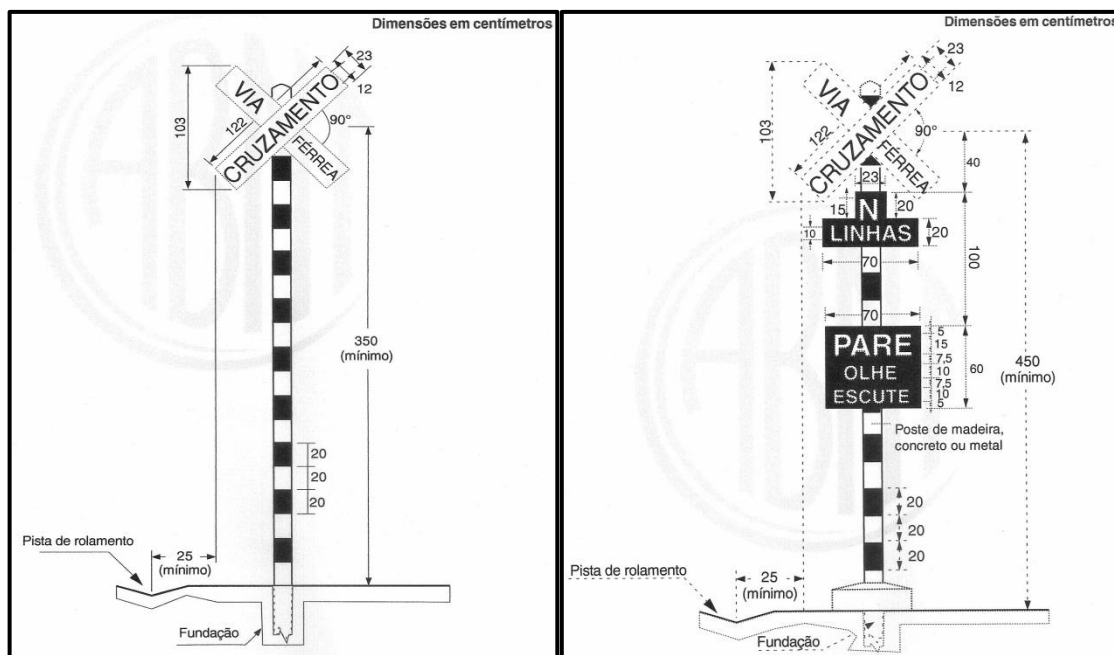


Figura 5 – Equipamentos de proteção tipo 0 (esquerda) e tipo 1 (direita).

Fonte: ABNT, 2011.

2.3.1.4 Proteção ativa

2.3.1.4.1 Operação manual sem energia elétrica

Os equipamentos de proteção ativa manual sem energia elétrica são (ABNT, 2011):

- Tipo 2a – balizador manual;
- Tipo 2b – cancela manual;
- Tipo 2c – balizador manual com sinalizador de advertência;
- Tipo 2d – cancela manual com sinalização de advertência.

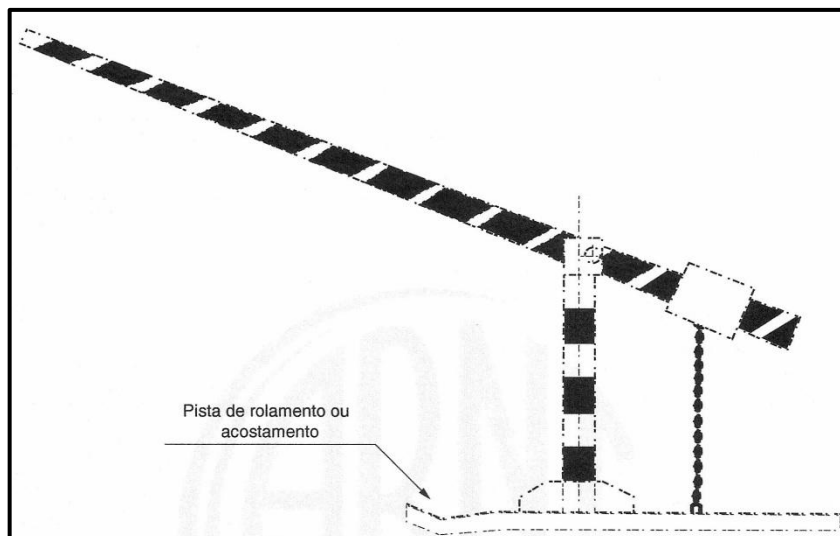


Figura 6 – Equipamento de proteção tipo 2.

Fonte: ABNT, 2011.

2.3.1.4.2 Operação manual com energia elétrica

Os equipamentos de proteção ativa manual com energia elétrica são (ABNT, 2011):

- Tipo 3a – campainha com controle manual;
- Tipo 3b – sinal luminoso com controle manual;
- Tipo 3c – campainha e sinal luminoso com controle manual;
- Tipo 3d – campainha e cancela manual;
- Tipo 3e – sinal luminoso e cancela manual;
- Tipo 3f – campainha, sinal luminoso e cancela manual.

A figura a seguir ilustra alguns dos referidos equipamentos.

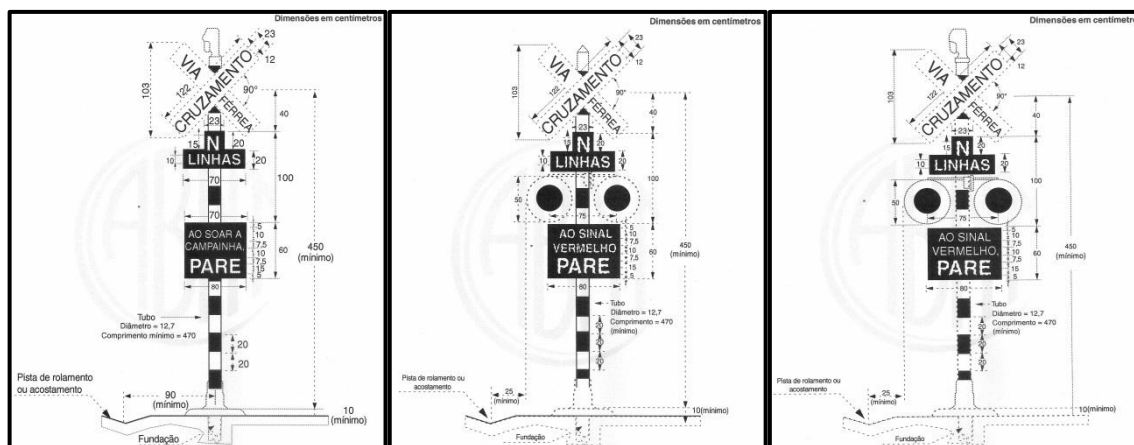


Figura 7 – Equipamentos de proteção tipo 3a (esquerda), 3b (centro) e tipo 3c (direita).

Fonte: ABNT, 2011.

2.3.1.4.3 Operação automática

A operação automática é dos seguintes tipos:

- Tipo 4 – campainha e sinal luminoso com controle automático;
- Tipo 5 – cancela automática;

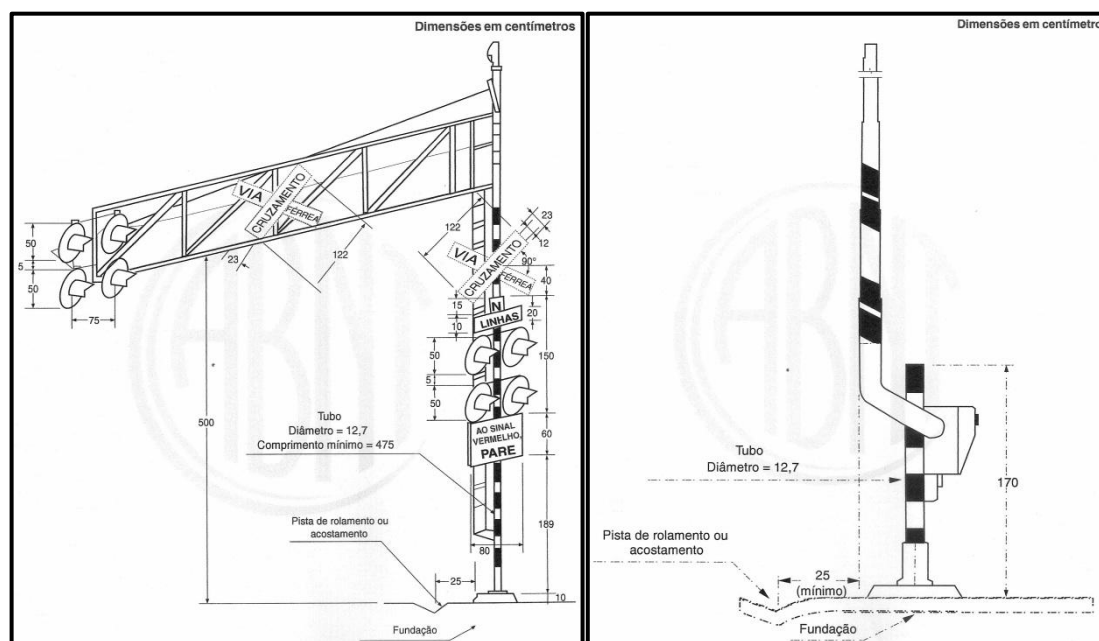


Figura 8 – Equipamento de proteção tipo 4 (esquerda) e tipo 5 (direita).

Fonte: ABNT, 2011.

Dentre todas as disponíveis, a medida de proteção “tipo 5” é tecnologia que, a princípio, seria a mais adequado para solução em PNs críticas, não fosse o fato de tais cancelas estarem muito sujeitas a vandalismo nos equipamentos, furtos de baterias e demais materiais que possam ter algum valor econômico (fios, metais, etc).

Assim, falhas nos equipamentos são muito frequentes e acarretam aumento do risco de acidente, uma vez que os motoristas e pedestres, ao cruzarem a ferrovia, estarão confiantes no fato de que, se houver trem se aproximando, a cancela irá baixar e assim alertar para a passagem da locomotiva.

Alguns municípios do país já foram proativos em implantar sinalização rodoviária ativa (com cancela automática) em interseções com ferrovias, como é o caso de Curitiba, no Paraná. Segundo o órgão de planejamento de trânsito URBS (urbanização de Curitiba), porém:

“As 32 cancelas implantadas foram vandalizadas, com roubo das hastes de alumínio, e de equipamentos em geral (componentes eletrônicos, baterias automotivas especialmente)”⁶

⁶ Palestra sobre a "Sinalização e Segurança no Transporte Ferroviário: A experiência de Curitiba" proferida por Rogério Falcão, Chefe de Setor do Controle de Tráfego em Área da URBS de Curitiba (PR), no 2º Seminário de Sinalização e Segurança no Transporte Ferroviário em 14 de agosto de 2007.

2.3.2 Soluções técnicas de engenharia (alterações no sistema viário)

Por fim, a solução definitiva para eliminação da ocorrência de acidentes envolvendo composições ferroviárias e demais veículos ou pedestres numa passagem em nível é a eliminação da mesma, mediante alterações estruturais em algum dos modais, ferroviário ou rodoviário.

A implantação destas soluções, porém, geralmente representam a necessidade de um investimento notadamente mais elevado, além da interação entre diversos agentes, e, portanto, geralmente são precedidas de um EVTEA.

Tendo em vista que a quase totalidade da malha ferroviária no país é dedicada ao transporte ferroviário de cargas, as obras que em geral são mais adequadas à segregação dos modais e eliminação de passagens em nível são a construção de viadutos rodoviários ou de contornos ferroviários.

Como exemplo, pode-se citar o viaduto rodoviário da rua Professor Cleto, sobre a via férrea no município de Paranaguá/PR (DNIT, 2014). Além disso, de acordo com o Ministério do Planejamento (BRASIL, 2014), situação de 31 de agosto de 2013, encontram-se em obras o contorno e pátio ferroviário de Araraquara/SP, o contorno ferroviário de Joinville/SC e o contorno ferroviário de São Francisco do Sul/SC, que totalizam orçamento previsto de R\$ 130.460.000,00 para o período 2011- 2014 e mais R\$ 10.100.000,00 previsto após 2014 para continuidade das obras em Joinville.

Assim como essas obras, várias outras já são sinalizadas como necessárias há anos, como é o caso do contorno ferroviário de Curitiba, com extensão prevista de 50 km e investimento mínimo de R\$ 259.760.000,00 (CNT, 2013). Sobre esta obra, é válido salientar que a contratação de empresa especializada para elaboração do EVTEA encontra-se em processo de concorrência em acordo com o edital 0679/13-09 (DNIT, 2014).

2.3.3 Responsabilidades pela implantação e/ou manutenção de alternativas de proteção

Tendo em vista que o serviço público de transporte ferroviário de carga se dá sob regime de concessão pelo Governo Federal à iniciativa privada, o mesmo é sujeito às disposições do Decreto Federal nº 1.832/1996, que aprova o Regulamento dos Transportes Ferroviários.

Com relação a travessias de linhas férreas e garantia de acessibilidade, a principal ferramenta que estabelece obrigações e define responsabilidades é o Artigo 10 do anexo do referido decreto, que trata-se do próprio regulamento:

Art. 10. A Administração Ferroviária não poderá impedir a travessia de suas linhas por outras vias, anterior ou posteriormente estabelecidas, devendo os pontos de cruzamento ser fixados pela Administração Ferroviária, tendo em vista a segurança do tráfego e observadas as normas e a legislação vigentes.

§ 3º A Administração Ferroviária não poderá deixar isoladas, sem possibilidade de acesso, partes do terreno atravessado por suas linhas.

§ 4º O responsável pela execução da via mais recente assumirá todos os encargos decorrentes da construção e manutenção das obras e instalações necessárias ao cruzamento, bem como pela segurança da circulação no local.

Com isso, fica estabelecido que a Administração Ferroviária, que são as próprias concessionárias, não tem autonomia para o fechamento indiscriminado de passagens em nível, deixando isoladas, sem possibilidade de acesso, partes do terreno interceptado.

Entende-se, também, que é de responsabilidade da concessionária estabelecer eventuais pontos de cruzamento demandados por terceiros, visando à segurança do tráfego e observadas as normas e a legislação vigentes.

Por fim, mediante interpretação do § 4º do artigo 10, entende-se que, exceto em vias férreas mais recentes ou recém construídas, na grande maioria dos casos, os encargos associados à manutenção da passagem em nível ou em obras para melhoria é dos municípios, que podem e devem recorrer ao DNIT para estudos/projetos e implantação de obras de segregação de grande porte. É válido salientar, porém, que em grande parte dos casos mais críticos há intenção também da concessionária em melhorar/ solucionar a solução, para melhoria no desempenho operacional e aumento da confiabilidade do modal ferroviário, o que justifica e fortalece o estabelecimento de PPPs, às quais esta pesquisa seria bastante útil.

3 METODOLOGIA

Como parte fundamental dos esforços em busca do objetivo desta monografia, é conduzida uma pesquisa relacionada a risco de acidente ferroviário e à aplicação da metodologia de avaliação de passagem em nível (usualmente utilizada) na malha ferroviária existente nos estados do Paraná e Santa Catarina (com exceção do trecho Guarapuava – Cascavel).

A pesquisa consiste de duas etapas: de análise do histórico de acidentes ferroviários em PNs registrados nestes dois estados para identificar, através de critérios pré-estabelecidos, aquelas com maior risco potencial de acidentes; e de avaliação de uma passagem em nível (estudo de caso), definida dentre estas de maior risco identificadas, através do cálculo de indicadores usualmente utilizados para tal análise e verificação da proposta de melhoria sugerida pela norma técnica.

A seguir são apresentados, então, detalhes metodológicos adotados em cada uma das etapas para obtenção dos resultados.

3.1 LEVANTAMENTO DAS PNS COM MAIOR POTENCIAL DE RISCO DE ACIDENTES

3.1.1 Características da malha ferroviária

A denominada malha ferroviária sul, concedida pelo Governo Federal à iniciativa privada através de leilão no fim de 1996, atende aos Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e o sul de São Paulo, interligando-se à ALL - Malha Oeste, ALL – Malha Paulista e Ferroeste. Atualmente, a extensão desta malha no Brasil (ilustrada através da figura 9) é de 7.293 km em bitola métrica e 11 km em bitola mista. Destes 7.304 km, 2.039 situam-se no estado do Paraná e 1.201 no estado de Santa Catarina, totalizando 3.240 km de extensão na área de abrangência deste levantamento.

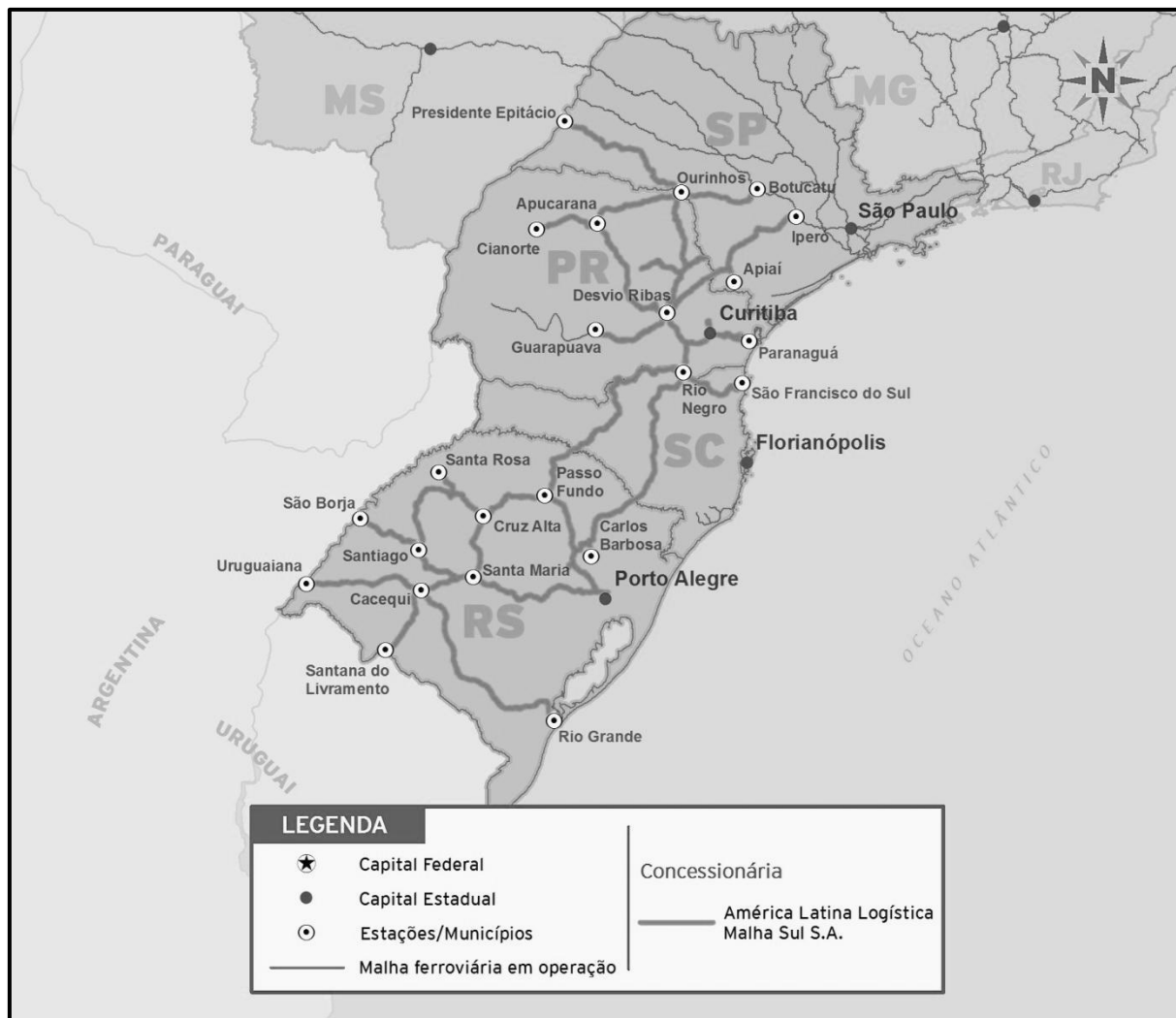


Figura 9 – Mapa da ALL Malha Sul.

Fonte: CNT, 2011.

3.1.2 Materiais

Para o levantamento de acidentes ferroviários em passagens em nível nos estados do Paraná e Santa Catarina, recorre-se a três conjuntos de informações da malha ferroviária: banco de dados de passagens em nível cadastradas; banco de dados brutos de registro de acidentes ferroviários; e conjunto de dados geoespaciais de referência que contém a quilometragem da malha ferroviária.

3.1.2.1 Banco de dados de passagens em nível

O aproveitamento do banco de dados de passagens em nível cadastradas pela concessionária para a elaboração dessa pesquisa se deu em virtude da necessidade de uma referência locacional consolidada das interseções rodoferroviárias existentes. No banco de dados utilizado constam 1869 passagens em nível nos estados do Paraná e Santa Catarina, sendo as principais informações associadas a cada uma delas:

- UP;
- Trecho;
- Km (quilometragem da malha ferroviária, com precisão de metros);
- Nº da PN;
- Classificação (A, B, C);
- Distância da PN anterior (metros);
- Distância da PN posterior (metros);
- Rua da PN;
- Bairro;
- Município;
- UF;
- Zona (rural ou urbana);

Dentre estas, foram úteis à primeira etapa da pesquisa a quilometragem, o nº da PN (que possui no nome o código do trecho) e o município, sobretudo em virtude de características do conteúdo de dados brutos de acidentes ferroviários utilizados, conforme será mais bem discutido no subitem a seguir.

3.1.2.2 Banco de dados brutos de registros de acidentes ferroviários

A exploração de um banco de dados de registro de acidentes ferroviários numa malha específica se deu, neste trabalho, para identificar aquelas com maior risco potencial, sem conhecimento prévio de detalhes da malha. O banco

disponibilizado trata-se de uma compilação de registros de todos os tipos de acidentes ferroviários, não apenas em PNs, e em todos os trechos da malha sul, incluindo trechos nos estados do Rio Grande do Sul e São Paulo.

O banco de dados possui registros de 2008 até meados de 2013, detalhados por um conjunto de informações associadas a cada um dos acidentes, dentre as quais pode-se citar como principais:

- UP e/ou trecho;
- Data do acidente;
- Hora;
- Posição quilométrica (imprecisa, possivelmente registrada pelo maquinista/condutor de maneira expedita);
- Tipologia do acidente;
- Estação à vante;
- Estação à ré;
- Tempo de interrupção (da via férrea);
- Observação (livre, discursiva) e/ou descrição (listagem fixa de fatores pré-estabelecidos).

Dentre todas estas informações, apenas não são utilizados neste estudo a estação à vante e à ré, bem como o tempo de interrupção. O fato da posição quilométrica neste banco de dados ser imprecisa foi o principal motivo de ter de se recorrer, também à listagem de PNs cadastradas, bem como ao conjunto de dados geoespaciais de referência da malha. Sem uma base comum, não há como estabelecer um somatório cumulativo de acidentes numa PN específica e, portanto, a avaliação seria impossível.

Este é um dos motivos pelos quais refere-se ao banco de dados como sendo de registros brutos, não consistidos. Outro fato é o de haver lacunas neste conjunto de registros utilizados nesta pesquisa, além de uma das informações mais relevantes, sobre as consequências do acidente (danos materiais, feridos ou mortos), constar de maneira descritiva e sem padronização no campo “observação”.

3.1.2.3 Conjunto de dados geoespaciais de referência da malha

Por fim, conforme comentado, para identificação das PNs com maior potencial de risco com base no histórico de acidentes, tendo em vista que a quilometragem do banco de dados de registros de acidentes é imprecisa, fez-se necessária a utilização de um conjunto de dados geoespaciais de referência de quilometragem da malha.

Sua utilização serve para inspeção visual expedita, a partir de um arquivo com extensão *kmz* e do software de visualização *Google Earth*, da quilometragem informada no registro de acidente e confrontada com a quilometragem da PN mais próxima cadastrada no banco de dados.

3.1.3 Métodos

Tendo em vista as características descritas dos materiais utilizados na pesquisa, inicialmente procedeu-se uma extração dos resultados referentes aos estados do Paraná e Santa Catarina, seguido de um trabalho de consistência do banco de dados de registros de acidentes, com base em premissas, que pode ser resumido à seguinte listagem de atividades:

- 1) Restrição dos registros àqueles de ocorrência no período de 2008 a 2012, totalizando 05 anos completos de histórico;
- 2) Exclusão de registros de acidentes ferroviários referentes a colisões, esbarros e descarrilamentos (conforme informação constante no campo “tipologia”), sendo aproveitados apenas registros de abalroamentos e atropelamentos;
- 3) Leitura e interpretação do conteúdo do campo “observações” de cada um dos registros de acidentes para classificação quanto às consequências⁷ (danos materiais, feridos ou mortos);
- 4) Confronto da posição quilométrica informada no registro do acidente com a posição das PNs cadastradas (acrescido de inspeção visual expedita

⁷ Acidentes cujos registros não apresentaram informações sobre as consequências foram considerados, arbitrariamente, como sendo promotores de apenas danos materiais.

- com uso do software *Google Earth*), retificação da quilometragem do registro e/ou exclusão, quando se trata de atropelamento fora de PN;
- 5) Organização dos registros em forma de tabela dinâmica, cômputo dos números de acidentes por PN, por consequência, no período de cinco anos;
 - 6) Cálculo do FPA_5 , com utilização da Eq. 1;
 - 7) Listagem das PNs com FPA_5 resultante igual ou superior a 20, que podem ser encaradas como aquelas com condições mais perigosas do que as condições típicas esperadas para o cruzamento, independente da localização da PN/ tipo da via, e requer intervenções imediatas para melhorias;
 - 8) Definição, dentre as PNs listadas, de uma crítica, urbana, adequada à avaliação através de indicadores usualmente utilizados.

3.2 AVALIAÇÃO DE UMA PN ATRAVÉS DE INDICADORES ATUALMENTE UTILIZADOS

3.2.1 Materiais

Definida a PN a ser objeto de avaliação através de indicadores usualmente utilizados para tal - G_i , MC e IC cujos procedimentos para obtenção atualmente constam na NBR 7.613 (ABNT, 2011), faz-se necessário o conhecimento de informações de informações sobre todos os parâmetros necessários aos cálculos do f e f_c (visibilidade, rampa, VMA, nº de vias férreas e faixas rodoviárias, pavimento, iluminação, dentre outros), e também de informações sobre o volume do tráfego ferroviário e rodoviário (com detalhamento classificatório), em ambos os sentidos, por dia.

Para a obtenção destes materiais necessários, tendo em vista que tais informações não são usualmente levantadas pela concessionária e/ou por departamentos de trânsito ou de planejamento de municípios com PNs, fez-se necessária, então, pesquisa de campo conforme métodos a serem descritos na próxima seção.

A única exceção foi o tráfego ferroviário, obtido da concessionária para o ano de 2013 referente ao trecho ou subtrecho em que a PN se insere. Tal informação, por se tratar de um dado operacional consolidado, é precisa e bastante adequada à avaliação.

O referido histórico apresenta registros de cada passagem de composição ferroviária num dado trecho, com codificação da mesma, número da ordem de serviço, data/horário de passagem na estação (ou pátio ferroviário) de origem e de destino, além da duração total do percurso.

Para o objetivo deste estudo, aproveita-se apenas o quantitativo global de passagens no trecho a fim de se obter um valor médio diário acrescido de uma discussão sucinta sobre a observação de ocorrência de sazonalidade ou não. Não são filtradas composições ferroviárias (ação possível, através da codificação), uma vez que há no banco de dados de registro de acidentes ocorrências com envolvimento de todos os veículos ferroviários, incluindo os chamados autos de linha e demais veículos de serviço da via permanente.

3.2.2 Métodos

3.2.2.1 Inspeção de condições de visibilidade e localização da PN

A inspeção *in situ* de condições de visibilidade e localização da PN compreende os seguintes parâmetros:

- Visibilidade
- Rampa máxima de aproximação de via pública
- Número de vias férreas
- VMA na via pública
- Número de faixas rodoviárias
- Condição do pavimento
- Iluminação;
- Tipo de via e nível de serviço (classificação constante no sistema viário municipal e/ou interpretativa, com classes do DNER);

- Ângulo de interseção entre as via férrea e a rodovia.

3.2.2.2 Obtenção de dados do trânsito rodoviário na PN

O volume e a composição do tráfego são algumas das variáveis necessárias para a escolha do tipo de melhoria adequada ao cruzamento rodoferroviário. Na passagem em nível objeto deste estudo, como estas informações não são dispostas, fez-se necessária a obtenção dos mesmos por uma equipe de campo.

Em suma, realizou-se uma contagem volumétrica manual classificatória, durante 12h contínuas (das 07:00 às 19:00), numa terça-feira (04/02/2014) escolhida em busca de proximidade das condições representativas do ano, sem proximidade de feriados e evitadas épocas do ano com alterações no tráfego (tais como natal, carnaval e férias escolares, que já haviam terminado).



Figura 10 – Registros fotográficos da contagem volumétrica manual realizada em 04/02/2014.

Fonte: O autor.

Para operacionalização da contagem, utilizou-se uma planilha de campo que segmentou as 12 horas em intervalos de 15 minutos, com lacunas para registro das seguintes categorias, para cada um dos sentidos (de fluxo da PN):

- Automóvel;
- Ônibus;
- Caminhão;
- Moto;

- Bicicleta;
- Pedestre.

Tais registros vão além das necessidades para obtenção dos indicadores, porém julga-se relevante este nível de detalhamento para discussões adicionais futuras. Para aplicação da norma, apenas, são agrupados neste estudo os quantitativos referentes às categorias *automóvel* e *moto* como *carros de passeio* e o quantitativo referente a ciclistas (*bicicleta*) agrupado a *pedestre*.

Desta forma temos:

$$P_{CP} = \frac{V_{CP}}{V_{12}} \quad (6)$$

$$P_O = \frac{V_O}{V_{12}} \quad (7)$$

$$P_C = \frac{V_C}{V_{12}} \quad (8)$$

Onde:

- P_{CP} = porcentagem de carros de passeio;
- P_O = porcentagem de ônibus;
- P_C = porcentagem de caminhões;
- V_{CP} = volume de carros de passeio contados nas 12 horas;
- V_O = volume de ônibus contados nas 12 horas;
- V_C = volume de caminhões contados nas 12 horas.
- V_{12} = volume de veículos contados nas 12 horas

A norma NBR 7.613 e o Manual de Cruzamentos Rodoferroviários recomendam que se trabalhe com um Tráfego Médio Diário Anual (TDMA), que representa um dia médio do ano, e não com o volume de tráfego de um dia atípico, que represente um período de maior carregamento.

Desta maneira, a norma propõe que sejam determinadas as porcentagens representativas de cada uma das categorias de veículos e que o volume total de tráfego seja ajustado para as 24 horas do dia, através de um Fator de Expansão (F_E). Adicionalmente, o tráfego deve ser ajustado também para as condições de

tráfego de um dia representativo do ano, através do Fator de Correção Diário (F_D) e do Fator de Correção Mensal (F_M).

Normalmente estes fatores devem ser determinados através de dados coletados em postos fixos de contagem nas rodovias. Como não existem postos de contagem próximos ao local e não existem outros dados confiáveis de rodovias semelhantes, recorre-se, então, à metodologia de estimativa constante nos Anexos A e B da NBR 7.613, com base nos resultados da contagem volumétrica.

Para áreas rurais e urbanas, a NBR 7.613 (ABNT, 2011) afirma que, geralmente, cerca de 70% a 80% das viagens diárias ocorrem no período de 12 horas compreendido entre 7:00 às 19:00, o que resulta em um F_E (de majoração) entre 1,25 e 1,43. Os fatores de correção F_D e F_M atuam no resultado para ajuste do valor obtido em função do dia de contagem (ex. sábado numa área urbana ou durante a semana numa região de lazer) e para representar sazonalidades em função de demanda de safra agrícola ou turística. Para este estudo, que avalia uma PN urbana, será adotado um F_E de 1,43 (consideração de que 70% do tráfego ocorre entre 07:00 e 19:00) e F_D e F_M iguais a 1.

Para o cálculo do TDMA:

$$TMDA = V_{12} * F_E * F_D * F_M \quad (9)$$

A determinação do Momento de Circulação, do Grau de Importância e do Índice de Criticidade dependem dos valores de tráfego para os períodos diurno e noturno. Para que essa conversão seja feita, são utilizados os fatores de conversão f_d e f_n . Como não há dados de contagem 24 horas que possam servir de comparativo, serão usados os fatores sugeridos pela NBR 7.613, sendo $f_d = 0,8$ (80% do tráfego durante o dia) e $f_n = 0,2$ (20% do tráfego à noite). Os volumes de tráfego misto, tanto durante o dia V'_D , como durante a noite V'_N , devem ser calculados como parcelas do tráfego médio diário anual ($TMDA$), da forma que se segue:

$$V'_D = TMDA * f_D = TDMA * 0,80 \quad (10)$$

$$V'_N = TMDA * f_N = TDMA * 0,20 \quad (11)$$

Estes volumes mistos devem, finalmente, ser convertidos em volumes equivalentes em carros de passeio, V_D e V_N , através de fatores de equivalência de caminhão ($E_{caminhão}$) e ônibus ($E_{ônibus}$).

$$V_D = \left(\frac{P_{CP}}{100} * V'_D\right) * E_{carro\ de\ passeio} + \left(\frac{P_O}{100} * V'_D\right) * E_{ônibus} + \left(\frac{P_C}{100} * V'_D\right) * E_{caminhão} \quad (12)$$

$$V_N = \left(\frac{P_{CP}}{100} * V'_N\right) * E_{carro\ de\ passeio} + \left(\frac{P_O}{100} * V'_N\right) * E_{ônibus} + \left(\frac{P_C}{100} * V'_N\right) * E_{caminhão} \quad (13)$$

Esses fatores são determinados de acordo com as equações abaixo e fatores fixados em função da capacidade para cada categoria ($E_{capacidade}$), estabelecidas pelas tabelas B.1 a B.9 do Anexo B da NBR 7.613 (ABNT, 2011).

$$E_{caminhão} = E_{capacidade-caminhão} * E_{segurança-caminhão} \quad (14)$$

$$E_{ônibus} = E_{capacidade-ônibus} * E_{segurança-ônibus} \quad (15)$$

$$E_{carro\ de\ passeio} = 1 \quad (16)$$

Onde:

$E_{capacidade-caminhão}$ = conforme Anexo B da NBR 7.613;

$E_{segurança-caminhão}$ = 2;

$E_{capacidade-ônibus}$ = conforme Anexo B da NBR 7.613;

$E_{segurança-ônibus}$ = 10.

3.2.2.3 Cálculo dos indicadores

De posse dos materiais necessários à análise, é procedida a seguinte listagem de atividades:

- 1) Cálculo do Gi, através da equação 2;
- 2) Cálculo do MC, através da equação 3;
- 3) Cálculo do IC, através da equação 4;

- 4) Comparação dos valores dos indicadores com a proposta de alternativa de proteção (equipamento de proteção) mais adequado;
- 5) Contextualização dos resultados, com discussão de potencialidades de avaliações complementares.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 PNS COM MAIOR RISCO POTENCIAL DE ACIDENTES FERROVIÁRIOS

A partir do aproveitamento do material disponibilizado mediante aplicação de métodos anteriormente descritos, chegou-se a um total de 254 acidentes ferroviários em 145 diferentes passagens em nível (predominantemente dentre aquelas 1869 cadastradas, mas também em algumas poucas irregulares) nos 3.240 quilômetros de extensão da malha ferroviária pesquisada, ao longo do período de 2008 a 2012.

Vale salientar, porém, que este resultado reflete a exploração de um banco de dados brutos mediante premissas estabelecidas especificamente para o alcance dos objetivos desta monografia, não devendo serem encarados como estatísticas de acidentes precisas e consolidadas relacionados à malha em questão.

Utilizando-se como critério de priorização o FPA₅, foram identificadas quatro passagens em nível com maior risco potencial de acidentes ferroviários, com valor calculado deste indicador igual ou superior a 20.

Tabela 10 – PNs com maior risco potencial de acidentes ferroviários, com base no FPA₅.

Km	Município	Trecho	Acidentes ferroviários (2008-2012)				FPA ₅
			Total	Por consequências			
				Material(is)	Ferido(s)	Morte(s)	
37,970	Morretes/PR	Iguaçu - Paranaguá	10	4	4	2	37,0
98,950	Pinhais/PR	Iguaçu – Paranaguá	13	8	4	1	31,5
101,970	Pinhais/PR	Iguaçu – Paranaguá	18	14	4	0	28,0
105,450	Curitiba/PR	Iguaçu - Paranaguá	8	2	6	0	23,0

Fonte: O autor.

4.1.1 km 37,970

A passagem em nível do km 37,970 situa-se já na porção de planície litorânea do trecho entre o pátio Iguazu (Curitiba/PR) e o município de Paranaguá/PR e diz respeito à travessia rodoviária, pela linha férrea, da Rodovia Deputado Miguel Bufara (PR-408), principal via de acesso, com duas faixas/sentidos, aos municípios de Morretes e Antonina a partir da Rodovia BR-277. Sua localização pode ser visualizada a partir da figura abaixo, que ilustra também (através de pontos vermelhos) os reduzidos limites de visibilidade dos motoristas, inferior a 100 metros (em virtude da vegetação).



Figura 11 – Vista aérea da PN do km 37,970, com destaque à referência do km 38 (LSQ-38000) do conjunto de dados geoespaciais utilizado.

Fonte: Adaptado de Google Earth (Acesso em 08/02/2014).

Adicionalmente, para uma avaliação expedita da PN, utilizou-se de um recurso comercial de imageamento, o *Street View*, elaborado e acessível para livre visualização pela empresa Google.

A inspeção do local, a partir de registros fotográficos datados de agosto de 2011 (figura 12), revelam que no local há sinalização rodoviária horizontal com redutor de velocidade, além de sinalização passiva do tipo 1, acrescida de braço aéreo com placa (indicação “PARE/ TREM”) e de placa de legislação com o Artigo

212 do CTB, que dispõe de deixar de parar o veículo antes de transpor linha férrea é infração gravíssima, sujeita a multa. Além disso, a VMA rodoviária de 60 km/h é restrita a 40 km/h nas imediações da PN.



Figura 12 – Vistas da PN do km 37,970 para Morretes (esquerda) e para a BR-277 (direita).

Fonte: Adaptado de Google Earth (Acesso em 08/02/2014).

Por fim, a observação mais relevante possível a partir de dados secundários, é a de que a PN possui iluminação a partir de apenas um poste do sistema público, situado à esquerda da PR-408 sentido Morretes. Este fato, acrescido de nove dos dez acidentes registrados no período terem ocorrido após as 20:00, sugere que a combinação entre baixa visibilidade e falta de iluminação pode ser um relevante fator contribuinte (porém não único) para a ocorrência de acidentes no local.

4.1.2 km 98,950

A passagem em nível do km 98,950 situa-se no município de Pinhais/PR, e trata-se, mais especificamente, da travessia da via férrea pela Avenida João Leopoldo Jacomel (PR-415), relevante via de ligação entre os municípios de Piraquara, Pinhais e Curitiba. Por este motivo, é classificada pela Lei municipal nº 1235/2011 como via metropolitana deste município, que são vias voltadas a estabelecer os principais acessos ao Município, bem como as ligações deste ao núcleo central e à região metropolitana.

Trata-se de uma rodovia com quatro faixas (duas por sentido) na interseção rodoferroviária, VMA rodoviária variável entre 40 e 50 km/h, sendo restrita a 20 km/h nas imediações da PN, e visibilidade superior a 300 metros em ambos os sentidos.



Figura 13 – Vista aérea da PN do km 98,950, com destaque à referência do km 99 (LUZ-99000) do conjunto de dados geoespaciais utilizado.

Fonte: Adaptado de Google Earth (Acesso em 08/02/2014).

Registros fotográficos datados de junho de 2011 (figura 14), revelam que no local há sinalização rodoviária horizontal com redutor de velocidade, sinalização passiva do tipo 1, acrescida de braço aéreo com placa (indicação “TREM”) e de placa de legislação com o Artigo 212 do CTB (apenas no sentido Piraquara).

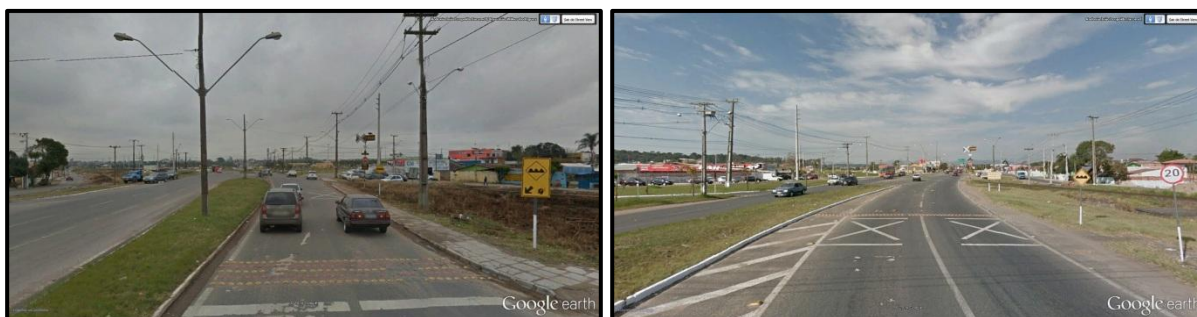


Figura 14 – Vistas da PN do km 98,950 para Curitiba (esquerda) e para Piraquara (direita).

Fonte: Adaptado de Google Earth (Acesso em 08/02/2014).

Por fim, observa-se que, diferentemente da PN de Morretes, em Pinhais há grande quantidade de postes de iluminação pública, fato que, associado a um histórico de ocorrência de acidentes com horários bem distribuídos ao longo do dia (sem um padrão) não conduzem à mesma interpretação de que condições de visibilidade/

iluminação possam caracterizar-se como fatores contribuintes para a ocorrência de acidentes no local. Por outro lado, a proximidade da PN com uma grande interseção de vias rodoviárias, situada imediatamente antes da mesma (sentido Piraquara), possa ser um fator associado ao risco.

4.1.3 km 101,970

A PN do km 101,970 (figura 15) serve à travessia, pela via férrea, da Avenida Camilo di Lellis (duas faixas/ sentidos) num relevante entroncamento com a Avenida Ayrton Senna da Silva, de interligação com a Avenida Presidente Affonso Camargo (Curitiba/PR) ou com a Avenida Iraí (Pinhais/PR).



Figura 15 – Vista aérea da PN do km 101,970, com destaque à referência do km 102 (LUZ-102000) do conjunto de dados geoespaciais utilizado.

Fonte: Adaptado de Google Earth (Acesso em 08/02/2014).

Difere notadamente das demais críticas apresentadas anteriormente em virtude das características geométricas do entorno, que restringem quase completamente a visibilidade de trens provenientes de leste por motoristas que trafegam de sul para norte. Tal fato muito provavelmente está associado ao dessa PN ser a com maior número de acidentes, mesmo se tratando de um local em que

composições trafegam a velocidades bastante reduzidas, por estar próximo do início do pátio Pinhais (indicação LNH-102203,1375).

Com base em registros fotográficos de junho de 2011 (figura 16), verifica-se que possui sinalização horizontal com redutor de velocidade a motoristas provenientes das Avenidas Presidente Affonso Camargo e Iraí, com sinalização tipo 1 e braço aéreo (indicação “TREM”) apenas aos provenientes desta última (e não aos demais sentidos) e placa com o artigo 212 do CTB sentido sul.



Figura 16 – Vistas da PN do km 101,970 sentido norte (esquerda) e para Avenida Iraí (direita).

Fonte: Adaptado de Google Earth (Acesso em 08/02/2014).

Com base na disposição dos postes a iluminação, pode-se afirmar que a iluminação deva ser, no máximo, classificada como regular e suficiente, embora os horários do histórico de registros de acidentes não aponte ser um fator contribuinte mais pronunciado.

Por fim, é válido destacar que no local há sinalização semafórica rodoviária que muito provavelmente não está vinculada ao tráfego ferroviário, de passagens em geral facultativas (e não de horários regulares). O funcionamento destes semáforos, que serve à organização do tráfego rodoviário local, pode, eventualmente, apresentar-se como um fator contribuinte, além da falta de visibilidade já discutida.

4.1.4 km 105,450

Por fim, dentre as PNs críticas que apresentaram FPA_5 superior a 20, cabe também a apresentação da PN do km 105,450, divisora entre a Avenida Jornalista

Aderbal Gaertner Stresser e a Rua Rutildo Pulido no bairro Cajuru, Curitiba/PR, havendo duas faixas e sentidos na interseção.



Com base nos registros fotográficos acessados (de junho de 2011), a PN possui sinalização horizontal com redutores de velocidade, sinalização tipo 1 ao motorista que trafega rumo a oeste e placa de legislação (artigo 212 do CTB) àquele que se dirige a leste. Além disso possui postes de iluminação nos dois lados, que devem ser capazes de proporcionar uma iluminação adequada, porém possui visibilidade bastante comprometida por elementos da paisagem (ex. arbustos) e uma rampa um tanto pronunciada, que muito provavelmente configuram-se como fatores contribuintes à ocorrência de acidentes.



Figura 17 – Vistas da PN do km 105,450 sentido leste (esquerda) e sentido oeste (direita).

Fonte: Adaptado de Google Earth (Acesso em 08/02/2014).

4.1.5 Definição de PN para avaliação com indicadores

Após o estudo de cada uma das PNs que apresentaram resultado de FPA₅ igual ou superior a 20 com dados secundários, optou-se pela avaliação da PN do km 98,950, da Avenida João Leopoldo Jacomel, por ser relevante no contexto da região metropolitana de Curitiba, apresentar o segundo FPA₅ mais elevado e por não apresentar fatores contribuintes aparentes mais pronunciados (tais como iluminação, visibilidade, rampa, etc.).

4.2 AVALIAÇÃO DA PN DO KM 98,950

Após a seleção da PN do km 98,950 como estudo de caso, procedeu-se à obtenção dos materiais necessários para sua avaliação com base em indicadores usualmente utilizados através dos métodos já descritos anteriormente.

4.2.1 Trânsito ferroviário na PN

O estudo do trânsito ferroviário na PN, conforme descrito na metodologia, se dá com base no histórico de todo o ano de 2013, a fim de assegurar resultados de indicadores representativos e atuais. A tabela a seguir apresenta, então, resultados estatísticos do histórico de tráfego de composições no trecho em que se insere a PN em 2013.

Tabela 11 – Trânsito ferroviário na PN do km 98,950 com base no histórico de 2013.

Trecho	Tráfego efetivo em 2013 – Trens/dia							
	Total (trens)	% Diurno	Máximo	Mínimo	Médio	Mediana	Percentil 90%	Percentil 10%
Iguaçu - Paranaguá	8066	71,4	29	5	22	22	26	18

Fonte: O autor.

Para os cálculos dos indicadores, adotou-se então, de maneira conservadora, o percentil 90, de 26 trens/dia, sendo 19 durante o período diurno (T_D) e 7 durante o período noturno (T_N). Além disso, ainda com relação ao tráfego ferroviário no local, é válido mencionar que a VMP do trem mais rápido no trecho é de até 43 km/h, enquanto a do mais lento, carregado de combustíveis, é de até 33 km/h, apenas.

4.2.2 Condições de visibilidade e localização da PN

Conforme discutido anteriormente, as condições de visibilidade e localização da PN são necessárias à determinação dos parâmetros f e f_c que servem para cálculo do Gi e do IC, respectivamente. Seu conhecimento se deu mediante inspeção em campo, constando na tabela a seguir a compilação das condições observadas.

Tabela 12 – Condições de visibilidade e localização da PN do km 98,950.

Característica da travessia	Valor
Visibilidade	Acima de 300 m
Rampa máxima de aproximação de via pública	Abaixo de 3 %
Número de vias férreas	Via simples
VMA na via pública	20 km/h ⁽¹⁾
Número de faixas rodoviárias	Três ou mais faixas
Condições do pavimento	Regular
Iluminação	Eficiente
Tipo de via	Via arterial secundária ⁽²⁾
Nível de serviço	Nível de serviço D ⁽²⁾
Ângulo de interseção	Maior que 90°

Fonte: O autor.

⁽¹⁾ VMA na PN, com valores variando entre 40 e 60 km/h a menos de 500 metros de distância; ⁽²⁾ classificação interpretativa, com base no glossário do DNER (1997).

Adicionalmente são também apresentados registros fotográficos ilustrativos de algumas das condições apresentadas, bem como de demais detalhes relevantes à avaliação.



Figura 18 – Vista da PN pelo trilho, sentido Paranaguá, com detalhes do equipamento de proteção (à esquerda) e detalhes da iluminação eficiente e pavimento regular (à direita).

Fonte: O autor.

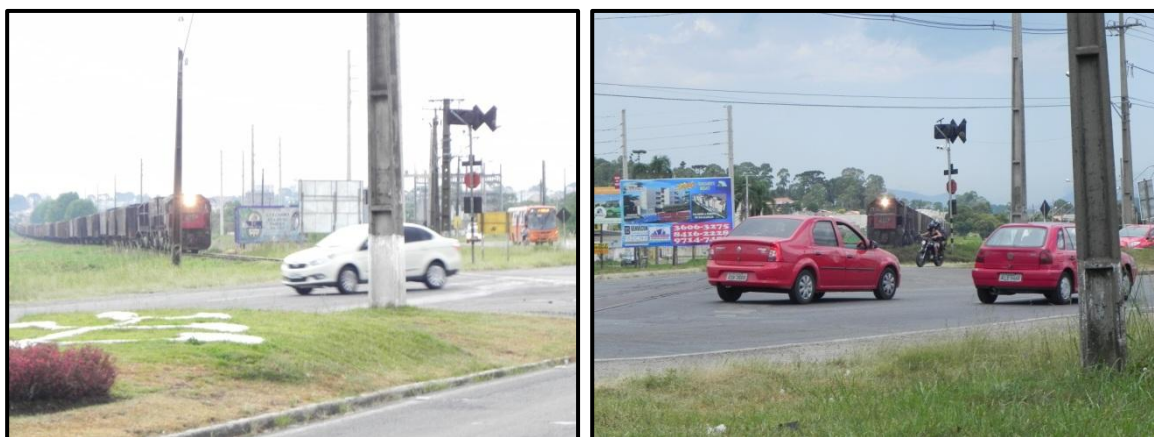


Figura 19 – Flagrantes de imprudência de motoristas.

Fonte: O autor.



Figura 20 – Detalhes de utilização da PN por veículos longos.

Fonte: O autor.



Figura 21 – Detalhes da sinalização horizontal, de redutores de velocidade e dos canteiros centrais existentes, sentido Piraquara (à esquerda) e sentido Curitiba (à direita).

Fonte: O autor.

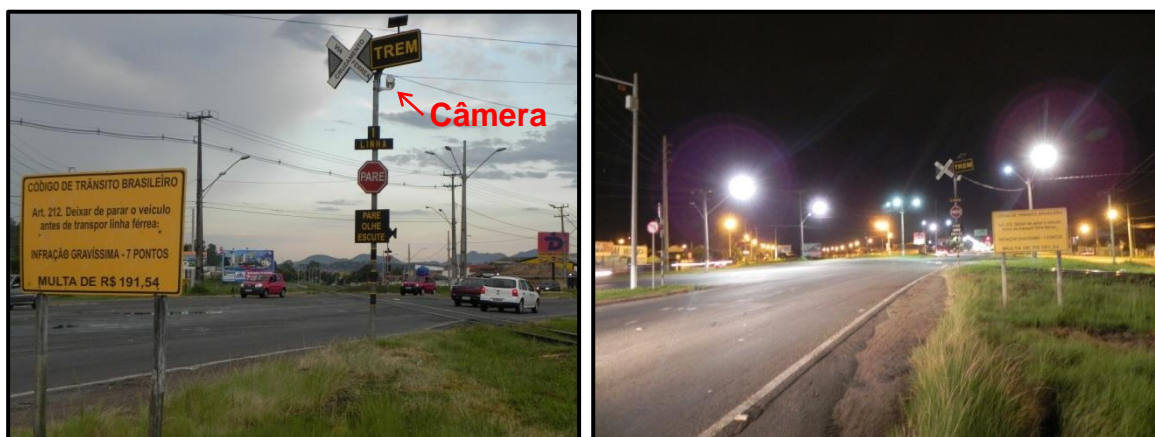


Figura 22 – Detalhes do equipamento de proteção durante o período diurno, com destaque à existência de uma câmera (à esquerda), e durante o período noturno (à direita).

Fonte: O autor.

4.2.3 Trânsito rodoviário na PN

Em virtude da indisponibilidade de dados, o estudo do trânsito rodoviário na PN se deu através da obtenção de dados primária com contagem volumétrica classificatória durante um período de 12 horas e posterior tratamento de dados com métodos constantes na NBR 7.613 (ABNT, 2011) e em seus anexos.

A tabela a seguir apresenta os resultados da contagem volumétrica classificatória para os dois fluxos da PN da Avenida João Leopoldo Jacomel.

Tabela 13 – Resultados da contagem volumétrica na PN do km 98,950.

km 98+950 04/02/2014		Fluxo 01 - Sentido Curitiba Fluxo 02 - Sentido Piraquara										
CATEGORIA	Automóvel		Ônibus		Caminhão		Moto		Bicicleta		Pedestre	
	01	02	01	02	01	02	01	02	01	02	01	02
07:00 - 07:15	315	128	18	12	5	7	66	26	17	8	5	3
07:15 - 07:30	340	151	10	10	2	6	105	14	26	11	6	1
07:30 - 07:45	370	297	14	11	6	9	114	38	18	4	9	10
07:45 - 08:00	335	310	13	14	18	8	118	39	15	11	7	6
08:00 - 08:15	291	275	14	9	11	14	65	13	10	2	4	2
08:15 - 08:30	230	177	9	8	22	8	55	25	4	4	5	4
08:30 - 08:45	259	193	8	13	9	14	47	26	10	4	4	5
08:45 - 09:00	187	183	3	6	27	12	34	20	7	5	8	2
09:00 - 09:15	233	170	7	5	15	20	22	22	13	8	4	6
09:15 - 09:30	210	158	4	7	21	23	36	25	8	5	1	6
09:30 - 09:45	220	189	5	8	19	9	28	20	4	5	9	6
09:45 - 10:00	188	158	2	5	21	19	28	26	9	2	3	2
10:00 - 10:15	190	183	8	3	8	21	27	17	8	6	6	6
10:15 - 10:30	211	149	2	6	13	18	33	30	9	10	6	6
10:30 - 10:45	175	175	8	6	8	28	24	18	15	4	5	6
10:45 - 11:00	141	187	6	4	10	17	35	33	5	4	2	2
11:00 - 11:15	176	192	5	4	15	17	18	41	8	6	10	1
11:15 - 11:30	140	150	4	2	16	8	28	23	3	6	4	1
11:30 - 11:45	342	275	7	8	15	19	31	37	7	11	11	2
11:45 - 12:00	216	187	4	6	17	21	26	38	5	2	5	4
12:00 - 12:15	192	226	9	3	11	17	35	44	7	8	4	0
12:15 - 12:30	178	209	6	7	18	12	25	39	4	3	5	2
12:30 - 12:45	181	222	5	5	10	13	33	23	7	6	1	2
12:45 - 13:00	190	185	6	8	23	16	36	28	9	5	3	4
13:00 - 13:15	187	193	7	6	11	7	44	45	10	4	8	5
13:15 - 13:30	175	205	4	5	13	17	26	22	6	3	7	0
13:30 - 13:45	217	204	6	6	16	20	40	26	10	7	2	1
13:45 - 14:00	211	220	6	4	11	19	40	33	4	3	3	0
14:00 - 14:15	210	179	7	6	15	14	43	32	2	4	5	2
14:15 - 14:30	218	183	4	2	22	21	29	28	4	0	2	2
14:30 - 14:45	196	217	8	10	13	9	19	43	4	0	3	2
14:45 - 15:00	150	209	3	1	15	16	35	42	8	6	8	0
15:00 - 15:15	199	230	8	9	19	24	31	32	7	3	4	5
15:15 - 15:30	207	233	6	9	19	10	32	31	6	12	5	4
15:30 - 15:45	224	240	8	5	18	17	22	32	11	7	10	2
15:45 - 16:00	261	187	6	5	23	24	27	32	3	11	5	3
16:00 - 16:15	247	241	9	4	12	18	36	53	12	5	2	5
16:15 - 16:30	218	232	7	10	20	13	25	19	2	8	9	2
16:30 - 16:45	239	269	8	4	20	15	26	42	5	14	2	6
16:45 - 17:00	240	241	12	7	13	15	23	40	5	13	1	5
17:00 - 17:15	259	174	6	5	8	10	38	15	5	1	3	0
17:15 - 17:30	262	305	12	9	17	14	27	169	4	8	9	2
17:30 - 17:45	248	245	7	8	6	12	31	63	3	6	1	1
17:45 - 18:00	274	333	13	12	13	10	34	127	7	19	4	3
18:00 - 18:15	268	296	8	11	7	10	44	105	4	20	7	4
18:15 - 18:30	254	369	10	10	14	17	45	94	6	20	3	6

km 98+950 04/02/2014		Fluxo 01 - Sentido Curitiba Fluxo 02 - Sentido Piraquara										
CATEGORIA	Automóvel		Ônibus		Caminhão		Moto		Bicicleta		Pedestre	
	01	02	01	02	01	02	01	02	01	02	01	02
Faixa horária												
18:30 - 18:45	260	309	8	11	8	21	42	57	5	14	8	4
18:45 - 19:00	241	233	12	7	6	6	29	56	6	9	17	8
Média horária	915	873	30	28	57	60	155	159	31	28	21	13
TOTAL	10975	10476	362	336	679	715	1857	1903	367	337	255	161
Média horária (02 fluxos)	1788		58		116		313		59		35	
TOTAL (02 fluxos)	21451		698		1394		3760		704		416	

Fonte: O autor.

A partir desses dados, com o agrupamento dos números de automóvel e de moto como referentes a *carros de passeio*, e com o quantitativo referente a ciclistas (bicicleta) agrupado a *pedestre*, tem-se os seguintes resultados:

- $V_{CP} = 25.211$ veículos;
- $V_o = 698$ veículos;
- $V_c = 1.394$ veículos;
- $V_{12} = 27.303$ veículos;
- $P_{CP} = 92,34\%$;
- P_o ou trânsito de ônibus = 2,56%;
- P_c ou trânsito de caminhões = 5,10%;
- $TDMA = 39.043$ veículos;
- $V'_D = 31.235$ veículos;
- $V'_N = 7.808$ veículos;
- $E_{caminhão}^8 = 4$;
- $E_{ônibus}^9 = 16$;
- $V_D = 48.008$ veículos;
- $V_N = 12.000$ veículos.

Além disso, com base nos resultados e em observações em campo, pode-se afirmar que o trânsito de pedestres e o trânsito não habitual são de até 5%.

⁸ O $E_{caminhão}$ foi calculado com a utilização da tabela B.5 no Anexo B da NBR 7.613 (ABNT, 2011) para rampa 0-1 %, nível de serviço D e 5% de caminhões;

⁹ O $E_{ônibus}$ foi calculado com a utilização da tabela B.6 da mesma norma para rampa 0-4 % e nível de serviço D.

4.2.4 Indicadores usualmente utilizados para avaliações de PNs

De posse do conjunto de resultados até o momento apresentados, foram calculados, então, os indicadores G_i , MC e IC , bem como o INS proposto por Carmo e Campos (2009). Para tanto, constam nas tabelas a seguir o f e o f_c da PN.

Tabela 14 – Fator representativo das condições de visibilidade (f) da PN do km 98,950.

Característica da travessia	Valor		Peso de importância	Valor final (2ª x 3ª)
(1ª coluna)	(2ª coluna)		(3ª coluna)	(4ª coluna)
Visibilidade	Acima de 300 m	2	10	20
Rampa máxima de aproximação de via pública	Abaixo de 3%	2	7	14
VMP do trem mais rápido	(40 a 80) km/h	3	7	21
Número de vias férreas	Via simples	2	6	12
VMA na via pública	Abaixo de 50 km/h	2	5	10
Trânsito de ônibus	Até 5 %	2	5	10
Trânsito de caminhões	Até 5 %	2	4	8
Trânsito não habitual	Até 5 %	2	4	8
Trânsito de pedestres	Até 5 %	2	2	4
Total				107
Fator representativo das condições de visibilidade (f)				1,07

Fonte: O autor.

Tabela 15 – Fator representativo das condições físicas (f_c) da PN do km 98,950.

Característica da travessia	Valor		Peso de importância	Valor final (2ª x 3ª)
(1ª coluna)	(2ª coluna)		(3ª coluna)	(4ª coluna)
Visibilidade	Acima de 300 m	2	10	20
Rampa máxima de aproximação de via pública	Abaixo de 3%	2	7	14
VMP do trem mais rápido	(40 a 80) km/h	3	7	21
Número de vias férreas	Via simples	2	6	12
VMA na via pública	Abaixo de 50 km/h	2	5	10
Trânsito de pedestres	Até 5 %	2	2	4
Faixas rodoviárias	Três ou mais faixas	4	5	20
Condições do pavimento	Regular	2	5	10
Iluminação	Eficiente	2	3	6
Total				117
Fator representativo das condições físicas da PN (f_c)				1,17

Fonte: O autor.

O resultado do cálculo dos indicadores para avaliação da passagem em nível da Avenida João Leopoldo Jacomel, no município de Pinhais/PR é, então, apresentado através da tabela abaixo.

Tabela 16 – Resultado do cálculo de indicadores para avaliação da PN do km 98,950.

Indicador	Referência	Valor calculado⁽¹⁾
Grau de Importância (Gi)		1.669.422,56
Momento de Circulação (MC)	NBR 7.613	1.029.752
Índice de Criticidade (IC)		1.204.809,84
Indicador de Nível de Segurança (INS)	Carmo e Campos (2009)	167,73

Fonte: O autor.

⁽¹⁾ Valores calculados com T_D , T_N , V_D e V_N .

4.2.5 Proposta de equipamento de proteção adequado

Conforme já discutido, o Grau de Importância é um indicador cujo procedimento para determinação continua constando atualmente na NBR 7.613 vigente (ABNT, 2011), mas que não mais possui relação evidenciada entre seu valor e o tipo de melhoria a ser adotada numa PN. Dessa maneira, recorre-se, então, às antigas disposições da RFFSA (1986 apud CARMO, CAMPOS E GUIMARÃES, 2007, p.5) que, em suma, determinavam que para um Grau de Importância igual ou superior a 20.000 o tipo de melhoria a ser adotado seria um equipamento de proteção ativa.

O resultado obtido para a PN do km 98,950, de $1.669,42 \times 10^3$, é notadamente superior ao valor em questão, assim como os valores dos indicadores Momento de Circulação e Índice de criticidade, de $1.029,75 \times 10^3$ e de $1.204,81 \times 10^3$ respectivamente, são expressivamente mais elevados que o limite inferior da classe de resultados mais críticos estabelecido na Tabela 4 da NBR 7.613 (ABNT, 2011). Conforme discutido anteriormente, esta tabela estabelece o tipo de melhoria (sinalização rodoviária) a ser adotado em cada passagem de nível a depender do MC e/ou do IC.

De acordo com esta Tabela 4, para passagens em nível com MC e/ou IC superior a 100×10^3 , é estabelecido que deve ser adotada sinalização rodoviária tipo

5 (cancela automática, exemplificada com a figura 23) para vias arteriais, como interpretou-se tratar a Avenida João Leopoldo Jacomel, em acordo com as definições do DNER (1997), em detrimento de sua classificação como “via metropolitana” no sistema viário municipal (não aplicável à avaliação). Por fim, com relação ao INS, cabe apenas salientar que é um indicador proposto para priorização dentre mais de uma PN avaliada e figura aqui apenas para trabalhos futuros.



Figura 23 – Detalhes de cancelas automáticas com sinalização audiovisual.

Fonte: Acervo do autor.

Seu projeto (de instalação do equipamento de proteção) deve considerar as disposições constantes na NBR 12.180:2009 – *Via Férrea – Travessia Rodoviária – Passagem em nível pública – Equipamento de proteção elétrico* (ABNT, 2009), bem como a interação com os canteiros centrais existentes (incluindo possíveis adequações), a fim de assegurar a efetividade do equipamento de proteção.

4.3 Resumo dos resultados e discussões

Tendo em vista o montante de mais de doze mil passagens em nível existentes no país, dentre as quais foram verificadas mais de 1800 cadastradas na malha ferroviária em estudo, a intenção da primeira etapa da pesquisa foi de resgatar uma metodologia para definição de priorização de atuação em passagens em nível com base no histórico de acidente. Para tanto, foi utilizado o FPA₅, indicador cujo procedimento para determinação constava em norma técnica brasileira cancelada em 2012, sob alegação pela ABNT de que não é mais utilizada pelo setor.

O resultado da pesquisa revelou quatro passagens em nível mais críticas em acordo com os critérios estabelecidas, sendo todas situadas no trecho entre o pátio Iguaçu, importante concentrador de cargas provenientes do interior do estado do Paraná e também de Santa Catarina, e o porto de Paranaguá. Por este motivo, trata-se do trecho com o maior tráfego de trens na malha estudada e, não por acaso, no mesmo localizam-se as quatro PNs identificadas, dentre as quais três na região metropolitana de Curitiba e uma no litoral, principal acesso a Morretes e Antonina.

A avaliação expedita de cada uma delas revelou que, em geral, apresentam deficiências mais ou menos evidentes passíveis de serem consideradas como fatores contribuintes para a ocorrência de acidentes. O exemplo mais claro constatado foi a deficiência de visibilidade e iluminação da PN do km 37,970, em Morretes, que são parâmetros considerados no cálculo de indicadores em avaliações, especialmente do Índice de Criticidade.

De posse do banco de dados de acidentes, porém, a simples análise dos horários de ocorrência ratificou que 90 % dos acidentes registrados no período entre 2008 e 2012 ocorreu após o anoitecer, período em que a carência de visibilidade e iluminação elevam ainda mais o risco de ocorrência de acidentes. Isso fundamenta, sem a necessidade de estudos dispendiosos como a pesquisa de tráfego, que investimentos na melhoria da visibilidade e iluminação, mesmo que em caráter provisório (até que uma obra de segregação seja implantada), certamente reduziriam o risco de ocorrência de acidentes.

Feita esta avaliação com dados secundários, sem conhecimento prévio detalhes recentes associados a segurança em PNs nesta malha, foi definida como

objeto de estudo de caso a PN do km 98,950, que menos apresentava aspectos deficientes de suas condições físicas.

Para sua avaliação com base nos indicadores G_i , MC e IC, primeiramente foram obtidos dados representativos do trânsito ferroviário no local, que apresentou tráfego diário variando entre 5 e 29 trens em 2013, com média de 22 e percentil 90, conservador e adotado nos cálculos, de 26, sendo aproximadamente 72% no período diurno.

Foram inspecionados em campo demais parâmetros necessários, que ratificaram as boas condições físicas da PN, exceto pela existência de faixas múltiplas rodoviárias no local, parâmetro útil ao cálculo do f_c que subsidia a determinação do IC. Por fim, foi realizada contagem volumétrica para obtenção de informações do trânsito rodoviário. Em 12 horas de pesquisa, foram registrados mais de 27 mil veículos, majorados para um TDMA de quase 40 mil veículos e convertidos em cerca de 60 mil veículos, em equivalentes de carros de passeio.

Tal resultado, por si só, já é bastante revelador de que o expressivo volume de tráfego certamente é um dos principais fatores contribuintes para a ocorrência de acidentes ferroviários no local. Com este montante de veículos, o risco de acidente em virtude de demais fatores, tais como imprudência ou trânsito não habitual, é potencializado. Além disso, em virtude das características geométricas da via frente ao tráfego que vêm comportando, o nível de serviço já se encontra baixo (caracterizado como "D"), aproximando-se do trânsito instável, sendo possível manter velocidades de operação consideravelmente afetadas pelas mudanças das condições de operação. Este fato, quando associado à imprudência ou ao trânsito não habitual eleva ainda mais o risco.

Os valores calculados dos indicadores ratificaram esta condição crítica, existente em virtude do elevado tráfego ferroviário e do elevadíssimo tráfego rodoviário. Indicadores cujos valores esperados são da ordem de milhares de unidades resultaram em milhões de unidades. Com isto, com base apenas nas alternativas de proposta de melhoria (sinalização rodoviária) constantes na NBR 7.613 (ABNT, 2011), fica estabelecida como aquela a ser adotada a cancela automática, embora no contexto geral fique bastante evidente a necessidade de uma obra de segregação, pontual (viaduto rodoviário) ou regional como o contorno ferroviário leste de Curitiba, cujo EVTEA encontra-se em processo de contratação e, desta forma, a execução da obra certamente tardará anos.

5 CONCLUSÕES

Os resultados revelam que a utilização do fator ponderado de acidentes para priorização de PNs críticas, cujo procedimento para determinação constava em norma brasileira que foi cancelada (sem substituta), continua sendo importante ferramenta para planejamento.

Exemplificando tal situação, sem conhecimento prévio de detalhes da operação nesta malha de 3.240 quilômetros de extensão, foram identificadas quatro passagens em nível consideradas críticas, conforme critérios aqui estabelecidos, situadas todas num mesmo trecho ferroviário, de elevado tráfego de trens, e com evidentes deficiências em determinados parâmetros de sua condição física que certamente devem representar fator contribuinte para a ocorrência de acidentes.

Através de uma caracterização expedita das mesmas com associação breve e simplificada de algumas possíveis causas/ fatores contribuintes para os acidentes registrados, foram identificadas oportunidades de melhoria antes mesmo das PNs serem efetivamente inspecionadas e/ou terem trânsitos ferroviário e rodoviário pesquisados, atividades necessárias às obtenções dos indicadores de avaliação usualmente utilizados.

O exemplo mais relevante desta identificação foi a de deficiência nas condições de visibilidade e iluminação na PN do km 37,970, certamente um dos fatores contribuintes (embora não único) para a ocorrência de 90% dos acidentes registrados após o entardecer. Neste caso um investimento para melhoria das condições de iluminação (como instalação de mais postes de iluminação pública, em ambos os lados da rodovia) e de visibilidade (poda/ ou supressão da vegetação na faixa de domínio, em prol da segurança) certamente se refletiriam na redução do risco de ocorrência de acidentes no local.

Feito isto, buscou-se explorar a fundo os indicadores mediante avaliação da PN do km 98,950, situada à Avenida João Leopoldo Jacomel, que apresentou o segundo maior valor de FPA_5 e aparentou menos deficiências com relação a parâmetros de sua condição física. A avaliação *in situ* apontou como possíveis fatores contribuintes para a ocorrência de acidentes a existência de faixas múltiplas no local, de o ângulo de interseção entre as vias ser maior que 90° e também o próprio volume de tráfego elevado das vias, com suas consequências associadas

(maior índice de imprudência, trânsito não habitual e baixo nível de serviço). A determinação dos indicadores usualmente utilizados para avaliação ratifica essa teoria, com valores da ordem de milhões de unidades, frente a valores da ordem de apenas milhares de unidades tabulados para determinação de tipos de melhoria na NBR 7.613.

Diante destes resultados, recomenda-se a continuação desta pesquisa, com refinamento dos dados (causas/ fatores contribuintes), em busca de maior detalhamento/ qualidade junto à UP e/ou através de boletins de ocorrência registrados junto a departamentos de trânsito. Tem sido cada vez mais frequente a instalação de câmeras pelas concessionárias em PNs críticas, cujo produto pode subsidiar também o estudo detalhado dos quase acidentes.

Os resultados de tal levantamento podem embasar uma listagem de todos os fatores contribuintes possíveis para acidentes ferroviários em PNs, produto útil a uma nova padronização de registros por concessionárias para início de bancos de dados mais consolidados para planejamentos futuros com estratégia metodológica que passe a contemplar também análises de causa e efeito, por exemplo, associadas à utilização dos indicadores atualmente existentes. Outra sugestão é a aplicação da avaliação para verificar requisitos de projeto da NBR 15.680 (ABNT, 2009) e/ou com métodos internacionais nestas ou em outras PNs, a fim de propiciar a comparação de diferentes panoramas e necessidades, bem como a proposta embasada de soluções efetivas.

REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 15.942**. Via férrea – Travessia rodoviária – Passagem de nível pública – Equipamentos de proteção – Classificação e requisitos. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **NBR 7.613**. Via férrea — Travessia rodoviária - Momento de circulação, grau de importância e índice de criticidade. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **NBR 15.680**. Via férrea — Travessia rodoviária – Passagem em nível pública – Requisitos de projeto. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR 12.180**. Via férrea – Travessia rodoviária – Passagem em nível pública – Equipamento de proteção elétrico. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR 12.731**. Via férrea – Travessia rodoviária e de pedestre e de animal. Rio de Janeiro, 1992.

_____. **NB-666/ NBR 7.613**. Via Férrea – Travessia rodoviária – Momento de circulação. Rio de Janeiro, 1989.

_____. **NB-1239/ NBR 11.440**. Determinação do fator ponderado de acidentes de travessia rodoviária em passagem de nível através de via férrea - Procedimento. Rio de Janeiro, 1989.

_____. **NB-1238/ NBR 10.938**. Determinação do grau de importância de travessia rodoviária através de via férrea - Procedimento. Rio de Janeiro, 1989.

ANTT. **Relatório Anual 2011**. Brasília, 2012.

BRASIL. **PAC 2 – Ferrovias**. Ministério do Planejamento, 31/08/2013. Disponível em: <http://www.pac.gov.br/transportes/ferrovias/br/40>. Acesso em 09/02/2014.

BRASIL. Presidência da República. **Balanço de Governo 2003- 2010**. Brasília, 2010.

BRINA, Helvécio Lapertosa. **Estradas de ferro. v.1 – Via permanente**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1979.

CARMO, Renata C., CAMPOS Vânia B.G. Indicador de Nível de Segurança para Passagens em Nível, In: XXIII ANPET Congresso de Pesquisa e Ensino. **Anais...** Vitória, 2009.

CARMO, Renata C., CAMPOS Vânia B.G., GUIMARÃES Jorge Eduardo. Procedimento para Avaliação da Segurança de Passagens de Nível, In: XXI ANPET Congresso de Pesquisa e Ensino. **Anais...** Rio de Janeiro, 2007.

CHAGAS, Denise Martins. **Estudo sobre fatores contribuintes de acidentes de trânsito urbano**. 2011. 114 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

CNT. **Pesquisa CNT de Ferrovias 2009**. Brasília, 2009.

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

_____. **O sistema ferroviário brasileiro (Transporte e economia)**. Brasília, 2013.

DENATRAN. **Manual de Cruzamentos Rodoferroviários**. 2ª edição, Brasília, 1987.

DINIZ, Ivaldo Frois. **Contribuição da ferrovia para a urbanização [manuscrito]: 1908-1950. Alguns apontamentos sobre o Norte de Minas**. 2012. 113 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Social) – Universidade Estadual Montes Claros, Montes Claros, 2012.

DME/ ESALQ/ USP. **Qualidade Total – Diagrama de Ishikawa**. Disponível em: <http://www.esalq.usp.br/qualidade/ishikawa/pag1.htm>. Acesso em 06/02/2014.

DNER. **Glossário de termos técnicos rodoviários**. Rio de Janeiro, 1997.

DNIT. **DNIT inaugura viaduto em Paranaguá**. Assessoria de imprensa – DNIT/PR, 18/11/2013. Disponível em: <http://www.dnit.gov.br/noticias/dnit-inaugura-viaduto-em-paranagua> 12/02/2014. Acesso em 08/02/2014.

_____. **Edital 0679/13-09**. Disponível em: <http://www1.dnit.gov.br/editais/consulta/resumo.asp?NUMIDEital=4421>. Acesso em 07/02/2014.

_____. **Ferrovias – Histórico**. Disponível em: <http://www.dnit.gov.br/ferrovias/historico> 06/02/2014. Acesso em 06/02/2014.

GHIRARDELLO, Nilson. **À beira da linha: formações urbanas da Noroeste Paulista**. São Paulo: Editora UNESP, 2002.

LOPES, Manoela Gomes Reis. **Risco nas passagens de nível ferroviárias: lições do caso do acidente de Americana-SP**. 2012. Dissertação (Mestrado em Saúde Ambiental) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

MONASTIRSKY, Leonel Brizolla. **Ferrovia: Patrimônio Cultural. Estudo sobre a ferrovia brasileira a partir da região dos Campos Gerais (PR)**. 2006. 190 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

PIRES, Douglas S. **Identificação dos acidentes no modal ferroviário de cargas num ramal de santa catarina – Uma abordagem logística**. 2003. Dissertação

(Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

RFFSA. **Passagem de nível – Concessão, Projeto, Manutenção**, N-DSE-017. Rio de Janeiro, 1986.

USDT, **Guidance on Traffic Control Devices at Highway-rail Grade Crossings**. Washington, 2002.

_____, **Railroad-Highway Grade Crossing Handbook**. 2nd edition, Washington, 1986.