

INDICADOR DE NÍVEL DE SEGURANÇA PARA PASSAGENS DE NÍVEL

Renata Cristina do Carmo

MRS Logística – Av. Brasil, 2001 – Centro, 36060-010, Juiz de Fora – MG, Brasil

renatamrs@yahoo.com.br / rcc@mrs.com.br

Vânia Barcellos Gouvêa Campos

IME - Praça General Tibúrcio – Praia Vermelha, 22290-270, Rio de Janeiro – RJ, Brasil

vania@eb.com.br

Resumo

Passagens de nível rodoviárias são cruzamentos entre o modal rodoviário e o ferroviário, sendo pontos de alto risco de acidentes. Melhorias físicas devem ser feitas para proporcionar condições mais seguras nestes pontos. Neste trabalho, baseado em um indicador bastante utilizado, o Fator Ponderado de Acidentes (FPA), relacionado com o número de acidentes ocorridos na PN, e em um Índice de Criticidade recentemente desenvolvido e relacionado com as características físicas e operacionais da PN, propõe-se um indicador de Nível de Segurança (NS) para passagens de nível. Este indicador tem como objetivo mensurar o grau de risco das PN, priorizar a manutenção em função da criticidade e assegurar que o risco será corretamente tratado.

Abstract

Grade crossings are crossings of road and railroad. The choice of the improvement to be implemented in each situation depends on the conditions of the place, based in parameters that influence the security of each passage. In this work based on a widely used indicator, the Weighted Factor of Accidents (WFA), related to the number of accidents in the grade crossing, and on a Critical Index (CI) recently developed and related to the physical and operational characteristics of the PN, it is proposed a Safety Level (SL) for grade crossings. This indicator aims to measure the degree of risk of a crossing, prioritize the maintenance according to the criticality and that the risk will be properly treated.

1. INTRODUÇÃO

A busca de uma maior segurança em ferrovias está relacionada com a melhoria das condições físicas e operacionais das passagens de nível rodoviárias. Estas compreendem o cruzamento de dois importantes modais de transporte, o rodoviário e o ferroviário, e representam, por diferentes fatores, pontos com grandes riscos de acidentes, dependendo do volume de movimentação em ambos os sistemas e da sua localização.

Os fatores que contribuem para ocorrências de acidentes em passagens de nível podem ser de natureza física, 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.

Melhorias físicas devem ser feitas para proporcionar condições mais seguras nas Passagens de Nível, porém no Brasil existe um grande número destes cruzamentos e nem sempre é possível ter recursos suficientes para o tratamento de todos em um mesmo período. Faz-se necessário, assim, estabelecer uma prioridade de atuação que deve estar relacionada com o risco de acidente e com as condições físicas das mesmas. Assim, neste trabalho, com base num indicador bastante utilizado, o Fator Ponderado de Acidentes (FPA), relacionado com o número de acidentes ocorridos na PN, e num Índice de Criticidade, recentemente desenvolvido e relacionado com as características físicas e operacionais da PN, propõe-se um procedimento de análise do nível de

segurança de PN que inclui a proposta de um indicador de Nível de Segurança (INS). Este indicador tem como objetivo mensurar o grau de risco das PNs, priorizar a manutenção em função da criticidade e assegurar que o risco será corretamente tratado.

A proposta do indicador de Nível de Segurança visa, assim, uma redução do número de acidentes e, conseqüentemente, uma redução de custos. Esta redução de custos virá não somente com a diminuição de acidentes, mas também com a escolha mais adequada da sinalização.

Desta forma, na segunda seção deste artigo apresenta-se uma descrição dos indicadores mencionados anteriormente (IC e FPA), na terceira seção apresenta-se o Índice de Nível Segurança (INS) proposto. Um procedimento de análise é apresentado na quarta seção, incluindo estes indicadores e uma aplicação do mesmo na quinta seção.

2. INDICADORES DE ANÁLISE DE PASSAGENS DE NÍVEL

Carmo *et al.* (2007) propuseram o Índice de Criticidade (IC) que utiliza os princípios básicos de dois indicadores conhecidos: o grau de importância (Gi), especificado pela norma brasileira NB 1238 (1989), e o Momento de Circulação definido pela NB 666 (1989).

O Índice de Criticidade (IC) é um indicador definido a partir de uma análise de parâmetros de risco e daqueles que compõem os indicadores Grau de Importância e Momento de Circulação com o objetivo de melhor definir a proteção indicada com base nas condições reais do cruzamento. Assim, a proposta do Índice de Criticidade (IC) foi utilizar os pontos destes dois indicadores com algumas mudanças, principalmente quanto a inclusão de parâmetros não considerados. A equação 1 define o IC :

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

Onde:

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

O fator f representa as condições físicas da PN conforme utilizado no Grau de Importância excluindo alguns parâmetros e incluindo outros conforme se pode observar na tabela 1. O seu valor é definido dividindo-se o somatório da coluna “valor final” por 100.

Outro indicador importante é o Fator Ponderado de Acidentes (FPA) definido pela NB 1239, utilizado para o cálculo da potencialidade de risco de uma PN, função dos acidentes nela verificados. Para o cálculo do mesmo a expressão:

$$FPA_5 = 9,5M + 3,5F + D \quad (2)$$

Onde:

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

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

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

Tabela 1 - Formulário para cálculo do fator f com novos parâmetros e pesos avaliados.

Característica da travessia		Valor	Peso de Importância	Valor final (2x3)
1		2	3	4
01	Visibilidade	acima de 300m	2 <input type="text"/>	10
02		(150 a 300)m	3 <input type="text"/>	
03		abaixo de 150m	4 <input type="text"/>	
04	Rampa máx. de aproximação via pública	abaixo de 3%	2 <input type="text"/>	7
05		(3 a 5)%	3 <input type="text"/>	
06		acima de 5%	4 <input type="text"/>	
07	VMA do trem mais rápido	abaixo de 40km/h	2 <input type="text"/>	7
08		(40 a 80)km/h	3 <input type="text"/>	
09		acima de 80km/h	4 <input type="text"/>	
10	Nº de vias férreas	via simples	2 <input type="text"/>	6
11		via dupla	3 <input type="text"/>	
12		via tripla ou mais	4 <input type="text"/>	
13	VMA na via pública	abaixo de 50km/h	2 <input type="text"/>	5
14		(50 a 80)km/h	3 <input type="text"/>	
15		acima de 80km/h	4 <input type="text"/>	
25	Trânsito de pedestres	até 5%	2 <input type="text"/>	2
26		(5 a 20)%	3 <input type="text"/>	
27		acima de 20%	4 <input type="text"/>	
28	Número de Faixas Rodoviárias	1 faixa	2 <input type="text"/>	5
29		2 faixas	3 <input type="text"/>	
30		3 ou mais faixas	4 <input type="text"/>	
31	Condições do Pavimento	Regular	2 <input type="text"/>	4
32		Irregular	3 <input type="text"/>	
33		Inexistente	4 <input type="text"/>	
34	Iluminação	Eficiente	2 <input type="text"/>	4
35		Insuficiente	3 <input type="text"/>	
36		Inexistente	4 <input type="text"/>	
37	Total			

De acordo com o Manual de Cruzamentos Rodo ferroviários (1979), 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.

Os valores do Fator Ponderado de Acidentes esperados para as condições típicas podem ser determinados através da análise dos acidentes ocorridos em um cruzamento com características semelhantes ao cruzamento em estudo. Onde tal análise não for possível, valores generalizados de Fator Ponderado de Acidentes (FPA_T), para 5 anos, em condições típicas, são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Valores de Fator Ponderado de Acidentes Típico

		FPA _T	
Cruzamento Localizados em:	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: Adaptado do Manual de Cruzamentos Rodoferroviários

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.

3. NÍVEL DE SEGURANÇA

A proposta de um indicador de segurança tem como objetivo definir uma prioridade de intervenção entre as PN existentes em uma ferrovia. Para tanto, considerou-se a importância de dois indicadores: IC e FPA (Fator Ponderado de Acidentes). Com o primeiro indicador (IC), conforme mencionado, pode-se estabelecer uma prioridade de intervenção em função das características físicas e operacionais da PN visando aumentar a segurança. Com o segundo, pode-se estabelecer uma prioridade de atuação em função do risco de acidente em cada PN. Assim, propõe-se um indicador denominado Nível de Segurança (INS), conforme apresentado na equação 3:

$$INS_i = IC_i / 10000 + 1,5FPA_i \quad (3)$$

Neste indicador transforma-se a unidade do IC dentro de um valor relativo ao FPA e, em função dos custos de acidentes e conseqüências 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.

4. PROCEDIMENTO DE ANÁLISE

Para utilização do Nível de Segurança (NS) no processo de decisão propõe-se um procedimento básico de análise. O fluxograma apresentado na Figura 1 ilustra o “passo a passo” do procedimento proposto para a aplicação do método e tomada de decisão quanto ao tipo de proteção para cada passagem de nível.

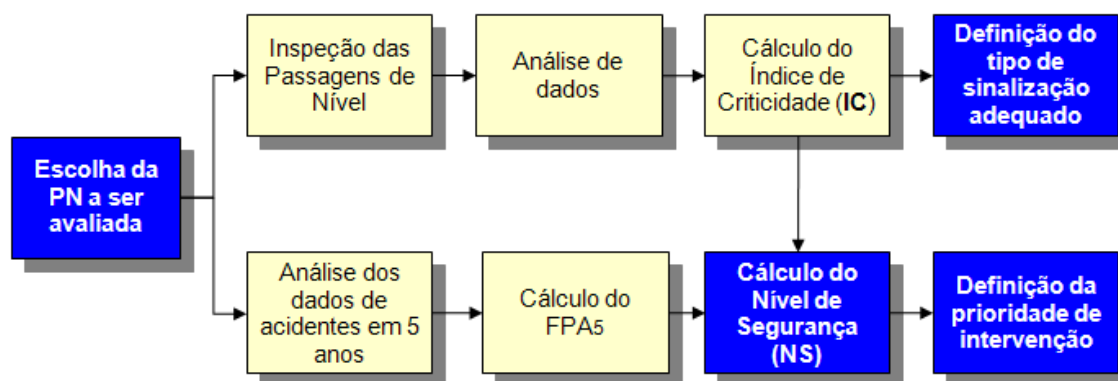


Figura 1 - Estrutura do Procedimento de Análise da PN

Todas as passagens de nível do trecho em estudo têm que ser avaliadas para aplicação do Índice de Criticidade (IC). Parte-se então, de uma avaliação física de cada passagem de nível. Com base nesta inspeção, obtêm-se todos os dados relativos aos fluxos de veículos e de trens que passam pelo cruzamento rodo-ferroviário, além dos parâmetros físicos que são considerados para o cálculo do fator *f*.

Estes dados são avaliados e a partir deles, calcula-se o Índice de Criticidade (IC). Com o resultado obtido, utilizam-se as Tabelas 3 e 4, para escolher o tipo de sinalização específico para a passagem de nível avaliada.

Tabela 3– Melhorias em PN (área rural) de acordo com o valor IC

	IC / (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-la com cancela até que a PN possa ser separada com 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: Adaptado do Manual de Cruzamentos Rodoferroviários

Tabela 4– Melhorias em PN (área urbana) de acordo com IC

	IC / (10³)	Necessidade do Pedestre	Classificação da Via			
			Vias Expressas	Vias Arteriais	Vias Coletoras	Vias Locais
Sem energia elétrica	0 - 10		Para este tipo de via não é permitido PN. Caso isto aconteça, é necessário protegê-la com cancela até que a PN possa ser separada com 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	2c
		Alto		4	4	3c
	50 - 100	Baixo	4	4	3c	
		Alto	4	4	3d	
	> 100	Baixo	5	5	3e	
		Alto	5	5	3f	

Fonte: Adaptado do Manual de Cruzamentos Rodoferroviários

O Fator Ponderado de Acidentes (FPA₅) também deve ser calculado para todas as passagens de nível do trecho.

Com o resultado do Índice de Criticidade e do Fator Ponderado de Acidentes, pode-se calcular o Nível de Segurança (NS) das passagens de nível analisadas. O resultado encontrado para NS deve ser utilizado para hierarquizar as PN em ordem decrescente, ou seja, a PN que tiver o NS mais alto deverá ser considerada a mais crítica e, desta forma, as PN serão priorizadas para receber intervenções. O método é mais objetivo, pois considera todos os fatores relacionados à segurança em cruzamentos rodo-ferroviários.

5 EXEMPLO DE APLICAÇÃO

O método proposto foi aplicado em 10 passagens de nível de um trecho. Os resultados encontrados estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Avaliação de PN de acordo com o Nível de Segurança

PN	IC	FPA 5	NS	Recomendação	Prioridade
01	459.964,68	5,50	468,21	Tipo 5	1 ^a
02	331.946,72	22,00	364,95	Tipo 5	3 ^a
03	189.501,39	14,00	210,50	Tipo 3f	4 ^a
04	148.079,56	7,00	158,58	Tipo 3f	5 ^a
05	86.000,24	1,00	87,50	Tipo 3d	8 ^a
06	56.724,30	11,00	73,22	Tipo 4	9 ^a
07	52.754,56	2,00	55,75	Tipo 4	10 ^a
08	427.913,02	22,00	460,91	Tipo 5	2 ^a
09	151.177,92	3,50	156,43	Tipo 3f	6 ^a
10	81.761,80	22,00	114,76	Tipo 4	7 ^a

Pode-se observar que após o cálculo do Nível de Segurança as PN com o Índice de Criticidade mais elevado foram priorizadas em relação às outras. Em PN com o valor de IC semelhante, o Fator Ponderado de Acidentes foi decisivo para a priorização, como se pode ver no caso das PN 05 e 10.

A avaliação de passagens de nível através do Indicador de Nível de Segurança permite a priorizar os serviços que devem ser realizados, o que faz com que a manutenção possa ser programada em função da criticidade de cada local.

6 CONCLUSÕES

Para reduzir o número de ocorrências e aumentar o nível de segurança oferecido aos usuários dos cruzamentos rodo-ferroviários, é necessário efetuar melhorias físicas na área da passagem de nível, como a adequação da sinalização. Para isso, utiliza-se um Índice para avaliação das características físicas da área com intuito de determinar o tipo de melhoria a ser implantada em cada PN. Com o Índice de Criticidade (IC) é possível definir que melhoria deve ser realizada, pois, este indicador potencializa os pontos positivos dos principais indicadores encontrados em normas técnicas da ABNT assim como considera todos os aspectos físicos relacionados à segurança de uma passagem de nível. Através do IC determina-se o tipo de sinalização mais apropriado para cada PN.

A associação do indicador do FPA₅ e do IC, conforme proposta neste trabalho, possibilitou a criação o INS, a partir do qual, as passagens de nível podem ser priorizadas para a manutenção. Com o valor de INS as PN podem ser ordenadas em ordem decrescente e as intervenções poderão ser programadas em função da criticidade e risco de cada uma.

O uso do INS possibilita identificar de forma mais objetiva o problema que deve ser tratado nas passagens de nível, buscando uma redução do número de acidentes e, conseqüentemente, uma redução de custos. Esta redução de custos virá não somente com a diminuição de acidentes, mas também com a escolha mais adequada da sinalização.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NB 1238, (1989) **Determinação do grau de importância da travessia rodoviária através de via férrea**, Norma Brasileira.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NB-1239, (1989) **Determinação do fator ponderado de acidentes de travessia rodoviária em passagem de nível através de via férrea**, Norma Brasileira.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NB-666, (1989) **Via férrea – Travessia rodoviária – Momento de Circulação**, Norma Brasileira.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NB-114, (1979) **Passagem de Nível Pública**, Norma Brasileira.

Carmo, R. C., Campos V.B.G., Guimarães J.E.(2007) **Procedimento para Avaliação da Segurança de Passagens de Nível**, Anais do XXI ANPET- Congresso de Ensino e Pesquisa . Rio de Janeiro, RJ.

Colleman III, Fred; Eck, Ronald W.; Russel, Eugene R., **Railroad-Highway Grade Crossings A Look Forward**.

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

Rede Ferroviária Federal S.A., (1986) **Passagem de Nível – Concessão, Projeto, Manutenção, N-DSE-017**, Rio de Janeiro, RJ.

Rede Ferroviária Federal S.A., (1986) **Passagem de Nível – Cadastro, N-DSE-018**, Rio de Janeiro, RJ.

Revista Ferroviária, Ano 67, (2006) **“Brasil tem 2.503 passagens em nível críticas”**, páginas 18 e 19, Abril.

Revista Ferroviária, Ano 70, (2009) **“Melhor Operadora de Carga”**, página 22, Abril.

U.S. Department of Transportation (USDOT), (2002), **Guidance on Traffic Control Devices at Highway-rail Grade Crossings**, November.

U.S. Department of Transportation (USDOT), (1986), **Railroad-Highway Grade Crossing Handbook**, 2nd edition, September.