



**Yanquiel Sanchez Dieguez**

**Aspectos de segurança a considerar na  
instalação e operação do sistema VLT no  
Rio de Janeiro a partir de Experiências  
Internacionais**

**Dissertação de Mestrado**

Dissertação apresentada como requisito parcial para  
obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-  
Graduação em Engenharia de Produção do  
Departamento de Engenharia Industrial da PUC-Rio.

Orientador: Prof. José Eugênio Leal

Rio de Janeiro  
Março de 2016



**Yanquiel Sanchez Dieguez**

**Aspectos de segurança a considerar na instalação e operação do sistema VLT no Rio de Janeiro a partir de Experiências Internacionais**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção do Departamento de Engenharia Industrial da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

**Prof. José Eugênio Leal**

Orientador

Departamento de Engenharia Industrial – PUC-  
Rio

**Prof. Ronaldo Balassiano**

Universidade Federal do Rio de Janeiro

**Orivalde Soares da Silva Júnior**

Pós-Doutorado Departamento de Engenharia Industrial – PUC-  
Rio

**Prof. Marcio da Silveira Carvalho**

Coordenador Setorial Pós-graduação do Centro Técnico Científico - PUC-  
Rio

Rio de Janeiro, 8 de Março de 2016

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização do autor e do orientador.

## Yanquiel Sanchez Dieguez

Graduou-se em Engenharia Industrial pelo Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría –ISPJAE. Possui experiência Profissional na área de logística, transporte e gestão integrada de recursos humanos.

### Ficha Catalográfica

Sanchez Dieguez, Yanquiel

Aspectos de segurança a considerar na instalação e operação do sistema VLT no Rio de Janeiro a partir de experiências internacionais / Yanquiel Sanchez Dieguez ; orientador: José Eugênio Leal. – 2016.  
87 f. : il. (color.) ; 30 cm

Dissertação (mestrado)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Industrial, 2016.  
Inclui bibliografia

1. Engenharia Industrial – Teses. 2. Veículo Leve sobre Trilho. 3. Segurança. 4. Sinalização. 5. Passagens de nível. 6. Passagens de pedestres. 7. Tratamentos. I. Leal, José Eugênio. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Industrial. III. Título.

CDD: 658.5

## Agradecimentos

Agradeço a meus pais Juan e Dália pelo apoio incondicional em todo momento, pelos valores transmitidos e sobre tudo por confiar em mi.

À Indy por sua eterna companhia, por apoiar-me e compartilhar meus logros, por sua paciência e amor.

Aos meus segundos pais Nitza e José Manuel por receber-me na sua família com muito amor e carinho.

À Kusy pela sua ajuda, dedicação e paciência e por estar sempre presente para nós.

Ao meu amigo Noel pela ajuda e por estar sempre perto e desposto a ajudar em cada obstáculo do caminho.

Ao meu orientador e professor José Eugênio pelos conhecimentos transmitidos e pela orientação no desenvolvimento desta dissertação.

Aos professores do Departamento de Engenharia Industrial da PUC pelos ensinamentos transmitidos no mestrado.

Aos novos amigos cubanos e brasileiros, conhecidos no Brasil, com os quais compartilhei momentos inesquecíveis.

A PUC e CAPES por permitir que eu pudesse me dedicar exclusivamente ao mestrado e pelo apoio financeiro.

Aos membros da Banca Examinadora, por seus apontes e recomendações.

A todos os que de uma forma ou outra contribuíram para que eu pudesse concluir com êxito esta etapa da minha vida.

Agradeço a Deus por me permitir cumprir um novo logro em minha vida.

## Resumo

Dieguez, Yanquiel Sanchez; Leal, José Eugênio. **Aspectos de segurança a considerar na instalação e operação do sistema VLT no Rio de Janeiro a partir de Experiências Internacionais.** Rio de Janeiro, 2016. 87 p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

O desenvolvimento dos sistemas de Veículos Leves sobre Trilho (VLT) no mundo tem seu início aproximadamente na metade do século passado e surgiu principalmente como resposta ao congestionamento nas grandes cidades, devido ao aumento do número de veículos particulares, principalmente nos Estados Unidos e na Europa. Seu maior desenvolvimento teve lugar a partir dos anos 80 com a implementação de diversos sistemas de VLT em vários países, como nos Estados Unidos com 43 agências, na França, com 18 agências e na Espanha, com 23 agências. A operação dos sistemas de VLT em zonas altamente povoadas desempenha um papel importante na prestação de serviços, sendo seu principal objetivo transportar grandes volumes de passageiros desde várias origens até seus destinos de forma eficiente, confortável e segura. A operação dos VLT especialmente aqueles com forma de circulação semi-exclusiva como no caso do sistema de VLT do Rio de Janeiro, traz consigo vários riscos de segurança que devem ser analisados com o fim de minimizar acidentes que possam colocar em risco vidas humanas. Considerando a falta de experiência na cidade na avaliação e mitigação destes riscos, esta dissertação tem como objetivo descrever os problemas de segurança mais comuns presentes na operação dos VLT, assim como as possíveis soluções para a mitigação destes problemas. Busca-se também relacionar alguns destes tratamentos com o projeto existente, a partir das experiências internacionais descritas na literatura.

## Palavras-chave

Veículo Leve sobre Trilho; Segurança; Sinalização; Passagens de nível; Passagens de pedestres; Tratamentos.

## Abstract

Dieguez, Yanquiel Sanchez; Leal, José Eugênio (Advisor). **Safety aspects to consider in the installing and operation the VLT system in Rio de Janeiro from International Experiences.** Rio de Janeiro, 2016. 87p. MSc. Dissertation - Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The development of the Light Vehicle Systems on Rail (VLT) in the world has its beginning at around the middle of the last century and it emerged in response to congestion in large cities due to the increase of the number of private vehicles, mainly in the United States and Europe. Its further development took place since the 80 decade with the implementation of several tramway systems in several countries, such as: the United States with 43 agencies, France with 18 agencies and Spain with 23 agencies. The operation of the tramway systems in highly populated areas plays an important role in services delivery, and its main objective is to carry large volumes of passengers from several origins to the respective destinations efficiently, comfortably and safely. The operation of the VLT, especially those with the form of semi-exclusive movement as in the case of the VLT system of Rio de Janeiro, brings several security risks which must be analyzed in order to minimize accidents that may put human lives at risk. Taking into account the lack of experience of the city of Rio de Janeiro about the evaluation and mitigation of these risks, this dissertation aims to describe the security problems more common present in the operation of the VLT, as well as possible solutions for the mitigation of such problems. Also, we aims to associate some of these existing treatments with the current project based on the international experiences reported in the literature.

## Keyword

Light Rail Transit; security; signaling; grade crossings; pedestrian crossings; treatments.

## Sumário

<b>1. Introdução</b> .....	<b>11</b>
1.1. Definição do Problema de Pesquisa .....	12
1.2. Objetivos e delimitação da pesquisa.....	13
1.3. Estrutura da Dissertação .....	14
<b>2. Metodologia</b> .....	<b>15</b>
2.1. Classificação da documentação selecionada.....	18
<b>3. Descrição do sistema de Veículo Leve sobre Trilho (VLT)</b> .....	<b>19</b>
3.1. Formas de circulação do VLT .....	20
3.2. Estações, cruzamentos rodoviários e passagens de pedestres.....	21
3.2.1. Estações em áreas de atividades de pedestres.....	21
3.2.2. Cruzamentos Rodovia/Ferrovia.....	22
3.2.3. Passagens de pedestres.....	22
3.3. Características de pedestres .....	24
3.4. Obstáculos fixos .....	27
3.5. Sistema de VLT em implementação no Rio de Janeiro.....	27
<b>4. Problemas de segurança e tratamentos indicados</b> .....	<b>29</b>
4.1. Problemas de segurança na operação do VLT .....	29
4.1.1. Problemas de segurança na interação VLT/veículo a motor.....	33
4.1.2. Problemas de segurança na interação VLT/pedestres .....	36
4.2. Problemas de segurança na operação dos sistemas de BRT .....	37
4.3. Tratamentos e medidas de segurança.....	39
4.3.1. Seleção das soluções de mitigação .....	57
4.3.2. Recomendações gerais para garantir a segurança .....	58
4.4. Análise de riscos de segurança .....	60
4.5. Registro de acidente.....	62
<b>5. Proposta de melhorias a considerar</b> .....	<b>64</b>
<b>6. Conclusões e recomendações</b> .....	<b>78</b>
<b>7. Referências bibliográficas</b> .....	<b>80</b>
<b>8. Anexos</b> .....	<b>83</b>
8.1. Anexo-Lista de controle na análise de risco nas passagens de pedestres (parte 1 de 3).....	83
8.2. Anexo-Lista de controle na análise de risco nas passagens de pedestres (parte 2 de 3).....	84
8.3. Anexo-Lista de controle na análise de risco nas passagens de pedestres (parte 3 de 3).....	85
8.4. Anexo- Fluxograma para passagens de pedestres na área urbana .....	86
8.5. Anexo- Fluxograma para passagens de pedestres na área Rural.....	87

## Lista de figuras

Figura 2-1 Resultados da busca nas bases de dados selecionadas. ....	16
Figura 2-2 Resultados da seleção de documentos em cada passo.....	17
Figura 2-3 Distribuição das publicações por ano.....	18
Figura 3-1 Exemplo de passagem de nível pedestres/trilhos, paralela e adjacente a um cruzamento de veículo a motor.....	23
Figura 3-2 Exemplo de passagem de nível pedestres/trilhos nas estações, adjacente a um cruzamento de veículo a motor.....	23
Figura 3-3 Exemplos de passagem de nível pedestres/trilhos nas estações em Portland (esquerda) e Boston (direita) respectivamente.....	24
Figura 3-4 Exemplo de passagem de nível pedestres/trilho, não adjacente a cruzamento de veículos a motor ou estação.....	24
Figura 3-5 Rede de trilhos do sistema de VLT Carioca.....	28
Figura 3-6 Trecho L100 da rede de trilhos do sistema VLT Carioca.....	28
Figura 4-1 Taxa de acidentes / bilhão de passageiros-quilômetro.....	38
Figura 4-2 Portão de quatro quadrantes.....	42
Figura 4-3 Pilaretes.....	43
Figura 4-4 Delineadores ou Meio-fio de altura mediana.....	43
Figura 4-5 Delineadores/barreiras retráteis.....	44
Figura 4-6 Sinais ativos de aviso de aproximação do VLT.....	44
Figura 4-7 Sinais ativos de proibição de conversão.....	45
Figura 4-8 Sinais de controle de uso pista pendurados em cabos aéreos sobre a via.....	45
Figura 4-9 Uso e colocação de sinais estáticos.....	46
Figura 4-10 Sinal de alerta de aproximação de um segundo trem.....	46
Figura 4-11 Sinais com setas indicando o percurso.....	47
Figura 4-12 Luzes na estrada.....	47
Figura 4-13 Contraste diferente da estrada e a faixa do VLT.....	48
Figura 4-14 : Sinais de prioridade de circulação.....	48
Figura 4-15 Aviso sonoro manual ou automático desde o VLT.....	49
Figura 4-16 Sistema de iluminação automática marcado no pavimento.....	49
Figura 4-17 Sinais ativos para pedestres.....	50
Figura 4-18 Sinais reflexivos de simbologia e informação antecipada.....	50
Figura 4-19 Portões automáticos para pedestres.....	51
Figura 4-20 Cercas e barreiras para pedestres.....	51
Figura 4-21 Cruzamentos offset (denominado comumente tipo Z).....	52
Figura 4-22 Portões para pedestres.....	52
Figura 4-23 Marcações no pavimento, texturização e listrado.....	53



Figura 4-24 Guia tátil sonora.....	53
Figura 4-25 Canalização.....	54
Figura 4-26 Iluminação especial em trechos.....	54
Figura 4-27 Refúgios para pedestres.....	55
Figura 5-1 Cruzamento 02 do trecho L100.....	65
Figura 5-2 Travessia escalonada.....	66
Figura 5-3 Sinal indicando ao usuário olhar para ambos os lados.....	66
Figura 5-4 Cruzamento 03 do trecho L100.....	66
Figura 5-5 Cruzamento 04 do trecho L100.....	67
Figura 5-6 Cruzamento 05 do trecho L100.....	68
Figura 5-7 Cruzamento 06 do trecho L100.....	69
Figura 5-8 Transformação de uma conversão à esquerda em outro tipo de movimento.....	69
Figura 5-9 Presença do VLT e possível passagem de pedestres.....	70
Figura 5-10 Cruzamentos 07 e 36 do trecho L100.....	70
Figura 5-11 Possível passagem de pedestres.....	71
Figura 5-12 Cruzamento 08 do trecho L100.....	71
Figura 5-13 Cruzamento 09 do trecho L100.....	72
Figura 5-14 Refúgio para pedestres a ser canalizado.....	73
Figura 5-15 Cruzamento 10 do trecho L100.....	73
Figura 5-16 Área para possível cruzamento de pedestres.....	74
Figura 5-17 Cruzamento 34 do trecho L100.....	74
Figura 5-18 Cruzamento 35 do trecho L100.....	75
Figura 5-19 Cruzamento 37 do trecho L100.....	75
Figura 5-20 Cruzamento 38 do trecho L100.....	76
Figura 5-21 Cruzamento 39 do trecho L100.....	77
Figura 5-22 Cruzamento 40 do trecho L100.....	77

## Lista de tabelas

Tabela 3-1 Formas de circulação do VLT. ....	21
Tabela 3-2 Características e comportamentos de grupos especiais de pedestres.....	26
Tabela 4-1 Categorização de incidentes graves de segurança. ....	31
Tabela 4-2 Principais causas que mais contribuíram nas colisões reportadas. ....	32
Tabela 4-3 Cenários de colisões mais comuns e suas possíveis causas.....	34
Tabela 4-4 Distribuição dos tipos de acidentes nos corredores BRT. ....	38
Tabela 4-5 Distribuição dos tipos de acidentes nos corredores BRT, segundo gravidade. ....	39
Tabela 4-6 Problemas de segurança e possíveis soluções.....	55

## 1. Introdução

O sistema de veículos leves sobre trilho (VLT) também chamados de bondes modernos é considerado, por muitos, como uma variante de trem urbano de passageiros de média capacidade se comparado com o metrô e o ônibus. Seu nome se origina da tradução literal do inglês *Light Rail Vehicle (LRV)* e seu surgimento têm início na metade do século XX. Na atualidade ainda é difícil distinguir entre um sistema de VLT e um sistema de bonde, o qual se caracteriza principalmente por circular nos trilhos no meio das ruas. O VLT, por sua parte, se caracteriza por ter uma forma de circulação segregada podendo apresentar alguns trechos do percurso no meio da rua e desta forma compartilhar o espaço com outros meios de transporte como é o caso do sistema de VLT a ser implementado no Rio de Janeiro.

Entre as vantagens que apresenta o VLT pode-se observar que a construção de sistemas de VLT é considerada mais econômica do que a construção de trens suburbanos ou metrô e devido a sua tração elétrica emitem menos poluição e produzem menos impacto sonoro do que o ônibus convencional. Além disso, apresentam boa capacidade de operação nas curvas fechadas devido à sua baixa velocidade de circulação, permitindo-lhe uma maior adaptabilidade nas regiões urbanas. No entanto a sua operação em áreas compartilhadas representa uma de suas desvantagens já que os trilhos requerem maior manutenção e as probabilidades de colisão com veículos a motor, bicicletas e pedestres aumentam.

No Brasil, como em outros países, o transporte público representa a forma mais adequada para dar solução ao transporte nas grandes cidades. Entretanto, é preciso selecionar aqueles meios que agreguem valor ao usuário do veículo privado e o motive a preferir o serviço público. O investimento em aspectos como conforto, segurança e pontualidade é altamente percebido pelos usuários o que pode levar a uma mudança na sua preferência na forma de se transportar.

A escolha do modo de transporte que represente as melhores soluções assim como o planejamento e operação destes têm sido um dos grandes problemas que enfrentam os governos e constitui-se em um dos fatores chaves para garantir a mobilidade urbana de forma adequada nas cidades.

Existe uma tendência mundial de instalação dos sistemas de VLT nos centros urbanos e o Brasil não é exceção. Existem vários projetos em implementação de VLT no país, uns de eles é o projeto Porto Maravilha no Rio de Janeiro o qual abrange a instalação de um sistema de VLT na área central da cidade. Este novo sistema de transporte representa uma solução que deve garantir um transporte público renovador, eficiente, confortável e de alta segurança para os passageiros e usuários da via em geral.

A implantação e operação destes sistemas de transporte público envolvem aspectos de segurança que devem ser analisados e tratados cuidadosamente. Esta análise pode ser estruturada em duas fases gerais: uma que descreva as possíveis causas que podem afetar a segurança nas operações dos sistemas VLT e outra fase que relacione os possíveis tratamentos a serem desenvolvidos com o objetivo de mitigar estes riscos.

### **1.1. Definição do Problema de Pesquisa**

O projeto Porto Maravilha conforme criado pela Lei Complementar nº 101, de 2009, abrange entre suas designações a incorporação de um sistema de veículo leve sobre trilhos (VLT) na cidade Rio de Janeiro. Este novo meio de transporte com capacidade de transportação de 300 mil passageiros por dia se caracteriza por ser confortável e apresentar altos níveis de segurança para os usuários. Sua operação alude ao conceito de transporte público integrado, ao permitir a conexão com estações de metrô, trens, barcas, BRT e redes de ônibus urbanos. De forma geral interligará a área central da cidade com o aeroporto Santos Dumont (CCR, 2013).

Com o objetivo de desenvolver este projeto é necessário fazer diferentes estudos prévios que permitam a implantação e operação de forma eficiente e eficaz deste novo meio de transporte na cidade, em especial aquelas pesquisas que abrangem as medidas de segurança a considerar durante a implantação e operação de um sistema de VLT. Partindo do fato de que, no Rio de Janeiro, este meio de transporte é novo, surgem muitas perguntas e dúvidas que devem ser analisadas. Algumas destas perguntas podem coincidir com as citadas por Korve et al., (1996):

- Onde podem ocorrer os conflitos entre o VLT e veículos à motor, pedestres e ciclistas?
- Quais podem ser as causas subjacentes à esses conflitos, e como eles podem ser corrigidos?
- Quais são os impactos de segurança associados às estações com plataformas altas ou baixas?
- O desenho geométrico, controle de tráfego operacional e a aplicação de atividades educacionais são necessários para resolver problemas recorrentes? Por exemplo, quais são as vantagens e desvantagens do uso de sinais próprios do VLT *versus* sinais de monitoramento convencional?
- Quais são os impactos de segurança dos VLT que operam no tráfego misto, em corredores de trânsito exclusivo, em faixas centrais, ou em direitos de passagem segregado?
- Como outras agências de trânsito no mundo tratam suas preocupações de segurança, e como podem as experiências mais bem sucedidas ser aplicadas neste caso?
- Que métodos de avaliação são adequados e quais medidas de eficácia devem ser consideradas e qualificadas?

A inexistência deste sistema de transporte na cidade e a análise destas perguntas conduzem à necessidade de fazer uma revisão da literatura focada nos principais problemas assim como as possíveis soluções declaradas no âmbito internacional. Este conhecimento pode ajudar a diminuir os custos econômicos e a evitar perdas de vidas humanas, além de permitir tomar ações preventivas.

## **1.2. Objetivos e delimitação da pesquisa**

A pesquisa tem como objetivo geral relacionar os diferentes problemas de segurança que podem estar presente na operação do sistema de Veículos Leves sobre Trilho (VLT) no Rio de Janeiro e relacionar algumas das possíveis soluções para estes problemas a partir das experiências internacionais descritas na literatura. Este objetivo é complementado por vários objetivos específicos relatados a seguir:

1. Apresentar uma revisão da literatura sobre os principais aspectos de segurança a levar em conta na implantação do sistema VLT.

2. Descrever os principais problemas de segurança detectados no decorrer dos anos por agências internacionais que operam sistemas de VLT radicadas principalmente nos Estados Unidos e na Europa.
3. Destacar as possíveis soluções propostas para os principais problemas de segurança detectados na literatura.
4. Propor as melhorias a considerar na implementação dos cruzamentos descritos nos dossiês técnicos apresentados pela concessionária.
5. Apresentar os resultados obtidos e propor recomendações para futuros estudos.

### **1.3. Estrutura da Dissertação**

A dissertação está estruturada em seis capítulos. O primeiro capítulo apresenta a introdução com uma abordagem contextual sobre o tema, a motivação, a problemática e os objetivos da pesquisa.

O capítulo 2 descreve a metodologia adotada para desenvolver a revisão da literatura.

O capítulo 3 apresenta uma descrição dos sistemas de Veículo Leve sobre Trilhos (VLT) assim como outros conceitos relacionados.

O Capítulo 4 apresenta os resultados obtidos da revisão bibliográfica considerando os principais problemas de segurança e suas possíveis soluções.

O capítulo 5 descreve as propostas a considerar na implementação dos cruzamentos descritos nos dossiês técnicos apresentados pela concessionária, tomados como estudo de caso.

O capítulo 6 apresenta as conclusões e recomendações para pesquisas futuras. Finalmente é relacionada toda a bibliografia utilizada no desenvolvimento da pesquisa e a seguir são apresentados os anexos.

## 2. Metodologia

A dissertação está organizada em duas etapas, na primeira é feita uma revisão sistemática da literatura sobre os principais problemas de segurança a considerar na instalação do sistema de VLT na área central da cidade de Rio de Janeiro e suas possíveis soluções. Na segunda etapa são apresentadas as propostas a ter em consideração na implementação do sistema VLT de Rio de Janeiro, com base nos resultados e recomendações obtidas através da pesquisa.

Segundo Cooper (2009), a revisão sistemática da bibliografia visa responder a pergunta de pesquisa formulada, através de métodos específicos que permitam selecionar, analisar e resumir trabalhos anteriores relacionados com o tema de pesquisa. Segundo este autor se recomenda após da formulação do problema, realizar uma busca nas bases de dados selecionadas, coletar os dados de interesse, avaliar a qualidade dos estudos, analisar e sintetizar os resultados obtidos, interpretá-los e apresentar os resultados finais.

Tendo como base a formulação do problema apresentado no capítulo anterior se iniciou a seleção e busca nas bases de dados. Neste sentido, foi adaptada a metodologia proposta por Thomé et. al., (2014), a qual abrange seis passos: (1) Seleção das bases de dados eletrônicas, (2) seleção das palavras chaves, (3) formulação dos critérios de exclusão de artigos, (4) revisão manual dos resumos, (5) revisão do texto completo dos artigos selecionados e (6) revisão das referências apresentada pelos artigos selecionados.

Para a busca dos documentos foram selecionadas quatro bases de dados que reagrupam os principais periódicos científicos da área de engenharia e transporte: *Science Direct*, *Scopus*, *Web of Science* e *Google Scholar*. A pesquisa nessas bases de dados permitiu obter artigos de revistas científicas relacionadas com os problemas de segurança nos sistemas de VLT.

A busca foi feita através dos títulos, resumos e palavras chaves. Foi limitada para documentos com data de publicação posterior a 1995 e escritos nos idiomas Inglês, Português, Francês e Espanhol.

As palavras chaves foram definidas levando em conta a correspondência com o tema da pesquisa: “*Light Rail Transit; Security; Signalling; Grade crossings; Pedestrian crossings; Treatments*”.

Foram adotados diferentes critérios de busca: *(Light Rail Transit) AND (Pedestrian crossings)*, *(Light Rail Transit) AND (Security)*, *(Light Rail Transit) AND (Signaling)*, *(Light Rail Transit) AND (Grade crossings)*.

A pesquisa nas bases de dados identificou um total de 47 documentos considerando as quatro bases de dados, conforme mostrado na figura 2.1.

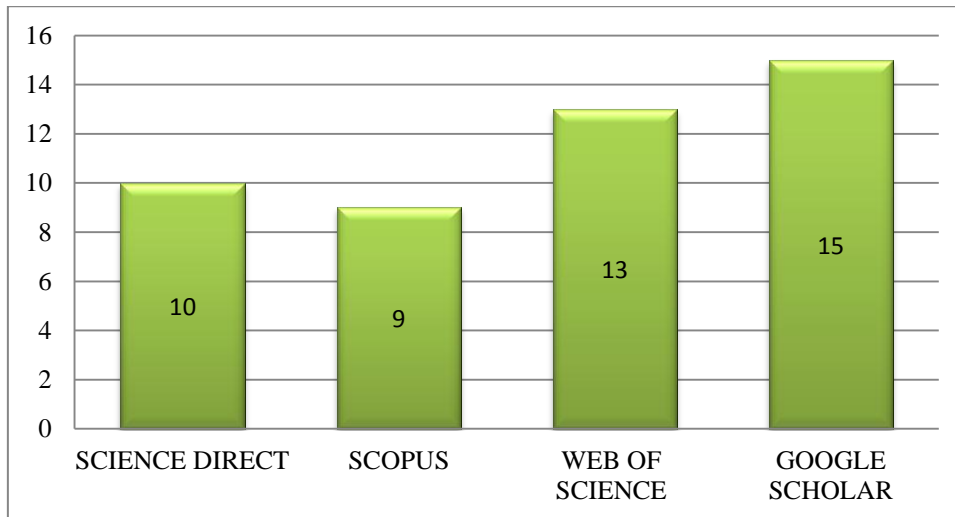


Figura 2-1 Resultados da busca nas bases de dados selecionadas. Fonte: Elaboração própria.

Os critérios de exclusão de documentos foram definidos de modo a facilitar sua classificação: (1) documentos que não abordam o VLT como meio de transporte sustentável, (2) documentos que não relacionam o VLT com os sinais de trânsito, (3) documentos que não relacionam o VLT com os usuários da via (Ciclistas, pedestres, veículos a motor), (4) documentos que apenas relacionam o VLT com estudos de desenhos, (5) documentos que apenas relacionam o VLT com problemas de software, (6) documentos baseados só no critério do autor ou não apresentam referências comprováveis. Além destes critérios de exclusão a busca mostrou documentos não desejados os quais não se relacionam com os problemas de segurança na instalação e operação do sistema de VLT. Estes documentos também foram excluídos.

Do total de 47 documentos obtidos, foram excluídos 6 que se encontravam duplicados. Nos demais foi feita a revisão manual dos resumos considerando os critérios de exclusão, resultando em 32, o número de documentos selecionados para a leitura do texto completo.

A leitura completa dos 32 documentos permitiu descartar outros 10 artigos que cumpriam com os critérios de exclusão, resultando em 22 documentos



selecionados para o desenvolvimento da pesquisa. Com a revisão das referências apresentadas por estes 22 artigos foi possível agregar mais 10 documentos relacionados com o tema de pesquisa e que não resultaram das buscas iniciais nas bases de dados. Na figura 2.2 são mostrados os resultados obtidos em cada passo.

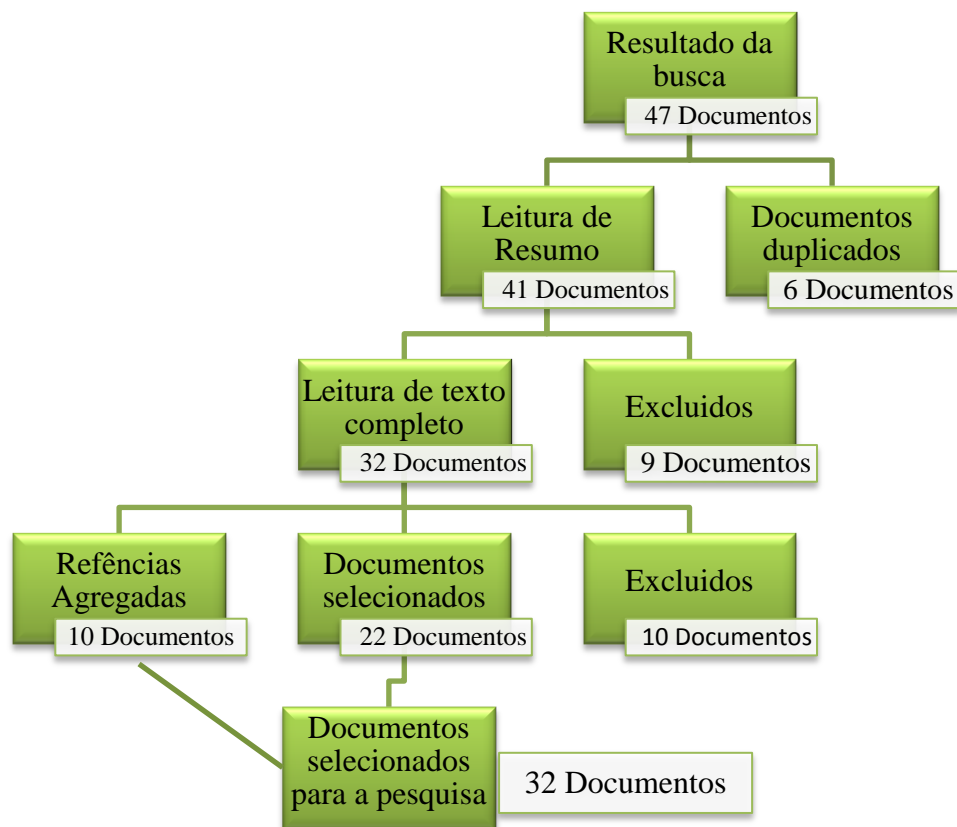


Figura 2-2 Resultados da seleção de documentos em cada passo. Fonte: Elaboração própria.

Considerando as recomendações feitas por Cooper (2009), foi desenvolvida uma análise rigorosa que permitiu selecionar e sintetizar toda a informação de interesse exposta nos artigos e conseqüentemente apresentar os resultados.

A pesquisa, na sua segunda etapa, passa a ser mais aplicada quanto a seus fins e para isso foi feito um resumo que abrange os principais problemas de segurança obtidos na primeira etapa, assim como a descrição dos possíveis tratamentos a implementar. Estes resultados são avaliados com o objetivo de sugerir melhorias nos tratamentos planejados pela Concessionária na instalação do sistema de VLT no Rio de Janeiro. Para isso foi feita uma análise detalhada dos dossiês técnicos do sistema de VLT que abrange os cruzamentos, a sinalização semafórica e o delineamento do VLT no trecho denominado L100.

## 2.1. Classificação da documentação selecionada

A documentação selecionada para o desenvolvimento da pesquisa foi relacionada por ano e mostrada na figura 2.3, esta distribuição permite conhecer o grau crescente de publicações a partir de 2006 até 2015, com exceção dos anos 2011 e 2013 nos quais foi obtido só um artigo em cada ano. Destaca-se o ano 2009 como o de maior publicação de artigos referidos à segurança na operação de sistemas de VLT com um total de cinco. Esta análise confirma que o tema da segurança na operação dos sistemas de VLT ainda precisa de maior investigação e documentação das diferentes questões de segurança com o objetivo de ajudar na análise e dar respostas aos problemas que possam ser apresentados por estes sistemas.

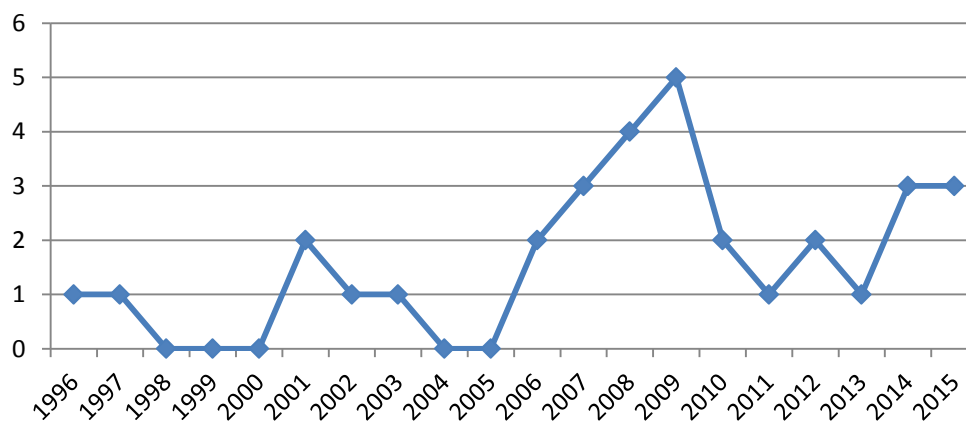


Figura 2-3 Distribuição das publicações por ano. Fonte: Elaboração própria.

### 3. Descrição do sistema de Veículo Leve sobre Trilho (VLT)

O sistema de Veículo Leve sobre Trilhos (VLT) é considerado um modal ferroviário destinado ao transporte público. Este se caracteriza especialmente por poder circular nas imediações das ruas com direitos de passagem compartilhados com outros veículos a motor, ciclistas e pedestres. Representa um meio de transporte menos custoso do que o metrô e com maior conforto, segurança e capacidade de transporte que o ônibus. Sua operação na cidade proporciona uma imagem renovadora e sustentável graças ao seu desenho e ao uso de energia elétrica para sua movimentação. A seguir se apresentam várias definições, encontradas na literatura, sobre o VLT.

O VLT é conhecido por diferentes nomes segundo o idioma e o país. Por exemplo, na França é conhecido como *Tramway*, na Espanha como *Tranvía* e na Inglaterra e nos Estados Unidos como *Light Rapid Transit (LRT)* ou *Light Rail Transit (LRT)*. Deste último se deriva a tradução para o português como Veículo leve sobre Trilho (VLT), nome pelo qual é conhecido no Brasil.

A primeira definição de VLT foi adotada em 1989 e foi definida no Glossário de *Transportation Research Board* como: Sistema ferroviário elétrico que opera em áreas metropolitanas, qualificado por operar carros individuais ou em comboios curtos, em passagens exclusivas através de estruturas aéreas, ao nível do chão, em áreas subterrâneas ou nas ruas, capaz de embarcar e desembarcar passageiros na pista ou plataformas no nível do veículo.

O VLT é um tipo de serviço ferroviário que pode ser oferecido por veículos individuais ou em comboios curtos, podendo circular por vias segregadas ou no tráfego misto (misturado com veículos a motor, ciclistas e pedestres). Os sistemas de VLT na maioria dos casos usam energia elétrica e o embarque/desembarque dos passageiros ocorre nas estações ou paradas usando plataformas de altas ou baixas com relação ao nível da via, para acessar ao veículo (Fitzpatrick et al., 2015).

Os VLTs são veículos ferroviários, em geral elétricos, que operam principalmente em vias urbanas. Geralmente são articulados e em comboios compostos desde um até quatro carros. Quando eles são misturados com o tráfego geral, sua velocidade de funcionamento pode estar sujeita à atrasos de

congestionamento. Para melhorar seu funcionamento, em muitas ocasiões são reservadas pistas segregadas, com áreas de paradas protegidas e sinais de prioridades especiais. Sua alta segurança e atraente imagem representam sua maior vantagem sobre os ônibus. Devido a seu elevado nível de serviço, menor impacto ambiental e menor investimento que o trem e o metrô, o VLT está sendo implementado em muitas cidades do mundo (Vuchic, 2002).

Segundo Alouche (2008), o VLT é um sistema de transporte público de média capacidade comparado com o ônibus e o metrô. Circula tanto em vias segregadas como em vias não segregadas e pode apresentar diferentes características como: veículos com degraus ou pisos parcialmente rebaixados e/ou veículos que apresentam pisos totalmente rebaixados operando em faixas segregadas ou compartilhadas com automóveis, pedestres e ciclistas. Caracteriza-se por seu alto contraste positivo com o entorno, sua alta segurança na sua operação, rapidez, conforto e não emissão de poluentes em nível local por ser de tração elétrica.

### **3.1. Formas de circulação do VLT**

A forma como o VLT opera representa um fator importante a considerar nos tratamentos e medidas aplicadas para garantir a segurança, assim como na implementação de passagens de pedestres através dos trilhos ferroviários. Alguns tipos de formas de circulação fornecem maiores oportunidades para conflitos operacionais entre o VLT e outros usuários (veículos a motor, pedestres e ciclistas).

Korve et al., (2001), fazem uma classificação das formas de circulação do VLT em diferentes categorias segundo a semelhança nas condições de conflito entre o VLT e os usuários da via. As formas de circulação podem ser classificadas com base no controle de acesso como:

- Forma de circulação exclusiva: aquela circulação que está totalmente separada tanto de outros veículos a motor quanto das passagens de bicicletas e pedestres. Tem como objetivo eliminar os passagens de nível e os conflitos operacionais aumentando a segurança e a velocidades de circulação.

- Forma de circulação semi-exclusiva: aquela que está separada da circulação de outros veículos a motor, ciclistas e pedestres, exceto em locais onde estão autorizados os cruzamentos de nível e passagens de pedestres.
- Forma de circulação não-exclusiva: esta forma de circulação permite a operação do VLT a baixa velocidade no tráfego misto com outros veículos a motor, ciclistas e pedestres, aumentando a possibilidades de conflito.

Na Tabela 3.1 são apresentadas as diferentes formas de circulação nas quais pode operar o VLT, relatados por Korve et al., (1996).

Tabela 3-1 Formas de circulação do VLT.

<b>Classe</b>	<b>Categoria</b>	<b>Descrição de controle de acesso</b>
Exclusivo	Tipo a	Totalmente separados por grau ou grau sem cruzamentos.
Semi-exclusivo	Tipo b.1	Faixa separada.
	Tipo b.2	Faixa compartilhada, protegida por meio-fio e cercas (ou outras barreiras substanciais).
	Tipo b.3	Faixa compartilhada, protegida por meio-fio.
	Tipo b.4	Faixa compartilhada protegida por meio-fios, linhas e/ou pistas designadas.
	Tipo b.5	VLT/ calçada adjacente a uma estrada paralela.
Não-exclusivo	Tipo c.1	Operação no tráfego misto.
	Tipo c.2	Operação em calçada.

Fonte: Adaptado de Korve et al., (1996).

### **3.2. Estações, cruzamentos rodoviários e passagens de pedestres**

#### **3.2.1. Estações em áreas de atividades de pedestres**

As estações ou paradas dos VLT geralmente são localizadas perto das áreas de maior concentração de pessoas (residências, empresas) ou perto de outros grandes centros de atividade dentro da região urbana. O sucesso do sistema de VLT de atrair um grande número de passageiros é altamente dependente da capacidade de acesso que tem os passageiros às estações de forma fácil e segura. A implementação de tratamentos eficientes para travessias de pedestres nas áreas próximas às estações é de grande importância para o sucesso da operação dos VLT (Fitzpatrick et al., 2015).

Segundo Vardon (2014), as estações podem ser fechadas com pontos de acesso controlados como no caso de estações localizadas no canteiro central que separa as faixas, (grandes estações) as quais normalmente exigem dos pedestres atravessar as faixas de tráfego para embarcar no VLT, ou aquelas estações sem

controle de acesso localizado no meio-fio na lateral das faixas, que são as mais comuns.

### **3.2.2. Cruzamentos Rodovia/Ferrovia**

As passagens de nível Rodovia/Ferrovia também conhecidas como passo de nível é definido por Metrolink (2009), como as áreas onde o VLT se cruza com outros meios de transporte que incluem os outros veículos a motor, pedestres e ciclistas. Estas passagens são categorizadas como passagem de nível pública aumentando as possibilidades de conflito na tentativa de cruzar as faixas destinadas ao VLT.

Os conflitos nas passagens de nível Rodovia/Ferrovia são aumentados devido à limitação que apresentam as agências de trânsito para controlar os usuários da via e ao uso pouco eficiente de tratamentos e advertências que alertem aos usuários da aproximação do VLT (Metrolink , 2009).

### **3.2.3. Passagens de pedestres**

No guia de desenho de cruzamento de Rodovia/Ferrovia da Autoridade Regional Ferroviária do Sul da Califórnia (SCRRA por suas siglas em inglês), relata-se que as passagens de nível Pedestre/Ferrovia devem apresentar sinais e limites claros para evitar confusões. Estas passagens devem ser caracterizadas por ter uma superfície plana, fácil de percorrer e que não impeçam às pessoas com deficiência de acessar a calçada (Metrolink, 2009). Segundo o autor as passagens de pedestres podem ser classificadas como:

- a) Passagem de nível pedestres/trilhos, paralela e adjacente a um cruzamento de veículo a motor.

A Figura 3.1 mostra um exemplo desta travessia em Dallas. Outro caso pode ser onde o VLT opera em tráfego misto ao longo de uma estrada.



Figura 3-1 Exemplo de passagem de nível pedestres/trilhos, paralela e adjacente a um cruzamento de veículo a motor. Fonte: Fitzpatrick et al., (2015).

- b) Passagem de nível pedestres/trilhos em estações, adjacente a um cruzamento de veículo a motor.

É um caso especial de travessias para pedestres as quais são usadas para fornecer acesso às estações ferroviárias ou de transferências intermodais. A Figura 3.2 mostra um exemplo de Boston.



Figura 3-2 Exemplo de passagem de nível pedestres/trilhos nas estações, adjacente a um cruzamento de veículo a motor. Fonte: Fitzpatrick et al., (2014).

- c) Passagem de nível pedestres/trilhos em estações.

As estações também podem estar localizadas no meio de uma rua, exigindo ao passageiro atravessar uma ou mais faixas da rodovia. A figura 3.3 mostra exemplos de passagens de pedestres em uma estação em Portland e em Boston respectivamente.



Figura 3-3 Exemplos de passagem de nível pedestres/trilhos nas estações em Portland (esquerda) e Boston (direita) respectivamente. Fonte: Fitzpatrick et al., (2015).

- d) Passagem de nível pedestres/trilho, não adjacente a um cruzamento de veículos a motor ou na estação.

Estes tipos de passagens são usados para manter caminhos de pedestres estabelecidos anteriormente e que são interrompidos pela construção de uma nova linha de VLT. A figura 3.4 mostra um exemplo de uma passagem em Baltimore.



Figura 3-4 Exemplo de passagem de nível pedestres/trilho, não adjacente a cruzamento de veículos a motor ou estação. Fonte: Fitzpatrick et al., (2015).

### 3.3. Características de pedestres

É importante destacar que os pedestres possuem diferentes características e comportamentos que podem ser catalogados como únicos e que devem ser consideradas no planejamento e desenho de travessias de pedestres nas imediações da operação do VLT. Segundo Fitzpatrick et. al., (2015), os pedestres podem ser catalogados como:

- *Pedestres lentos*: pessoas que não percorrem longas distâncias em um curto período de tempo e apresentam dificuldade para deslocar-se de forma



relativamente rápida, em resposta a situações de urgência ou emergência (TRB, 2010).

- *Pedestres flexíveis*: pessoas que costumam procurar o caminho mais curto entre uma origem e um destino e não apresentam limitações físicas para atravessar as faixas designadas ao VLT (Nabors, 2008).
- *Pedestres desprotegidos*: ao contrário dos usuários que transitam pela via em veículos a motor, os pedestres têm pouca ou nenhuma proteção nos acidentes. A gravidade do acidente depende da velocidade e forças envolvidas no impacto (Korve Engineering, 2007).
- *Pedestres muito sensíveis ao ambiente em seu redor*: As pessoas são expostas a uma variedade de fontes de desconforto naturais e artificiais (temperatura, luz solar, precipitações, ruídos, cheiros e distrações visuais). Por causa da exposição às condições ambientais, os pedestres podem estar mais dispostos a aceitar riscos pessoais para encurtar a distância de viagem (Korve Engineering, 2007).
- *Pedestres desatentos por dispositivos móveis*: o uso de dispositivos móveis pelos pedestres nas imediações das ruas ou trilhos faz com que os pedestres prestem menor atenção ao tráfego antes e durante a travessia (Hatfield e Murphy, 2007).
- *Pedestres que preferem caminhos diretos*: Devido à sua flexibilidade, os pedestres podem tomar o caminho mais direto para chegar ao seu destino. Eles vão seguir outros pedestres que descobriram a rota mais rápida entre dois pontos (Fitzpatrick et al., 2015).
- *Pedestres que ignoram os sinais de alerta*: Isto pode ser devido à desatenção, falta de consciência situacional, desobediência direta ou a fim de reduzir o atraso (Fitzpatrick et al., 2015).

Além destas características citadas anteriormente, existe um grupo especial de pedestres que possui características únicas, apresentadas na tabela 3.2. Este grupo inclui crianças, idosos, imigrantes recentes e as pessoas com deficiências, as quais podem apresentar diferentes comportamentos que devem ser cuidadosamente considerados no processo de planejamento e operação do VLT, especialmente nos cruzamentos localizados perto de escolas, centros de idosos ou instalações médicas (Fitzpatrick et al., 2015).

Tabela 3-2 Características e comportamentos de grupos especiais de pedestres.

Grupo	Características e comportamentos
Pedestres crianças	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Podem ter dificuldade em escolher onde e decidir quando é seguro atravessar a rua.</li> <li>• Podem ter dificuldade em ver e serem vistos pelos motoristas por causa da visão periférica e menor estatura que os adultos.</li> <li>• Podem ter dificuldade em julgar a velocidade dos veículos que se aproximam.</li> <li>• Podem precisar de mais tempo para atravessar uma rua do que os adultos.</li> <li>• Podem ser menos propensos a olhar para os dois lados antes de atravessar.</li> <li>• Podem ser menos propensos a entender os sinais, incluindo avisos do VLT.</li> <li>• Podem ser atraídos para os trilhos por curiosidade.</li> </ul>
Pedestres idosos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Podem ter reduzidas às habilidades motoras que limitam sua capacidade de andar a determinadas velocidades, virar a cabeça, ou compensar as superfícies irregulares na passagem.</li> <li>• Podem precisar de mais tempo para atravessar uma rua ou trilhos que os adultos mais jovens.</li> <li>• Podem ter dificuldade com a orientação e a compreensão dos sinais de trânsito, e precisar de mais informações sobre como acessar ao trânsito.</li> <li>• Podem precisar de informações fornecidas em um tamanho de fonte maior.</li> <li>• Podem ter dificuldade em julgar a velocidade dos veículos que se aproximam.</li> <li>• Podem ter problemas para ouvir veículos ferroviários, em especial nas zonas de maior barulho.</li> </ul>
<i>Imigrantes recentes</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Podem ter compreensão limitada do idioma, das leis de trânsito e comportamentos típicos nas estradas.</li> <li>• Podem não entender os sinais de trânsito que indicam quando atravessar.</li> <li>• Pode não ter a experiência para saber como interagir com segurança com os motoristas.</li> </ul>
<i>Pessoas portadoras de Deficiência (problemas de visão, audição, cognição, ou caminhar, incluindo aqueles que utilizam cadeiras de rodas,</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Podem ser os mais afetados pelas irregularidades da superfície do pavimento e as mudanças na inclinação da via.</li> <li>• Podem precisar de mais tempo para atravessar uma rua do que as pessoas sem deficiência.</li> <li>• Podem-se beneficiar da informação do sinal de pedestres fornecido em vários formatos (audível, táteis e visuais).</li> <li>• Podem ter problemas para ver (e serem vistos) por condutores de todos os tipos de veículos, devido à posição sentada (pessoas que utilizam cadeiras de rodas).</li> <li>• Os pedestres que são cegos ou que têm baixa visão poderão ter dificuldade em ver ou entender os símbolos e sinais visuais e/ou detectar veículos visualmente nas passagens de</li> </ul>

<i>andadores, muletas ou bastões).</i>	<p>pedestres sem sinalização.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Os pedestres que têm deficiência auditiva podem não ouvir os trens que se aproximam ou outros veículos, e não ouvem os sinais sonoros.</li> <li>• Podem ter as rodas ou as partes dos meios auxiliares de locomoção presos pela abertura da guia nos trilhos.</li> <li>• Os pedestres com deficiências cognitivas podem ter dificuldade em utilizar simultaneamente várias fontes de informação para uma boa tomada de decisão.</li> </ul>
--	---

Fonte: Fitzpatrick K. et al., (2015).

### 3.4. Obstáculos fixos

A localização de obstáculos fixos nas proximidades dos cruzamentos Rodovia/Ferrovia é um tema de importância a considerar na segurança e operações dos sistemas de VLT devido ao alto grau de risco que podem representar para os veículos a motor.

O Guia Técnico proposto por STRMTG (2012), define Obstáculo Fixo como qualquer elemento rígido que apresente uma altura maior que 20 cm com relação à superfície de rolamento dos veículos rodoviários e que apresente um torque de resistência maior que 570 daNm. Existe uma distância mínima entre o obstáculo fixo e o cruzamento a qual devem ser considerada, assim como algumas especificações em relação à velocidade de circulação do VLT nas interseções.

O principal objetivo é manter em cada sentido uma área livre de qualquer obstáculo fixo, para garantir um espaço de segurança. Isto evita que se um VLT choca contra um veículo na interseção, este seja esmagado entre o obstáculo fixo e o VLT. Segundo este guia não existe exemplos conhecidos de tais cenários que destaquem a natureza protetora de um obstáculo fixo, enquanto existe um feedback sobre o agravante que podem representar.

### 3.5. Sistema de VLT em implementação no Rio de Janeiro.

O sistema de VLT Carioca encontra-se na fase de implementação na cidade de Rio de Janeiro como parte do projeto Porto Maravilha conforme criado pela Lei Complementar nº 101, de 2009. Este sistema de VLT operará na área central da cidade e na região portuária, por meio de uma rede de trilhos que abrangem aproximadamente 28 km e 32 paradas conforme se mostra na figura 3.5. Nesta rede operaram 6 linhas e a distância média entre as estações será



## 4. Problemas de segurança e tratamentos indicados

### 4.1. Problemas de segurança na operação do VLT

Korve et al., (1996), abordam algumas experiências na segurança e operação de 10 sistemas de veículos leves sobre trilho (VLT) na sua integração nas ruas dos Estados Unidos e Canadá. Estas experiências são baseadas em entrevistas, observações de campo e análises de acidentes presente em 10 sistemas VLT (*Baltimore, Boston, Buffalo, Calgary, Los Angeles, Portland, Sacramento, San Diego, San Francisco e San Jose*). Os autores enfatizam que as taxas de acidentes aumentam nas mesmas proporções em que aumentam os números de milhas nas rotas que interferem com o tráfego misto.

O estudo desenvolvido nos 10 sistemas de VLT mencionados anteriormente permitiu descrever as causas mais comuns que podem atentar contra a segurança na operação dos sistemas de VLT. Nele também se abordam assuntos que incluem a forma de circulação do VLT, interseções com geometria complexas e o tempo do sinal de trânsito. Os problemas encontrados influenciam na ocorrência de acidentes entre VLT/Outros veículos a motor ou VLT/Pedestres. A seguir são relacionados os problemas encontrados e classificados por ordem decrescente de gravidade segundo Korve et al., (1996).

1. Os pedestres infringem os direitos de passagem do VLT nos lugares onde não existem calçadas.
2. Os pedestres cruzam imprudentemente em faixas do VLT após o recebimento de mensagens pouco claras de como atuar no cruzamento.
3. Filas de pedestres e áreas de segurança inadequadas.
4. Operações do VLT em linhas singelas com tráfego alternado em duas direções ou em contrafluxo.
5. Os motoristas que fazem conversões ilegais à esquerda através dos trilhos do VLT imediatamente após o término de sua fase com permissão para girar à esquerda.
6. Motoristas que violam indicações de vermelho na conversão à esquerda quando a fase de virar à esquerda modificada pela aproximação do VLT.

7. Motoristas que violam sinais vermelhos de trânsito com longas extensões de tempo resultantes do direito de preferência do VLT.
8. Motoristas que não param em uma rua transversal após a indicação de seu sinal verde de tráfego ser adiantada por um VLT que se aproxima.
9. Motoristas que violam sinais ativos e passivos de não conversão à Esquerda/Direita, onde estas operações eram previamente autorizadas antes da construção do VLT.
10. Motoristas que confundem sinais do VLT com sinais de trânsito, especialmente sinais de conversão à esquerda.
11. Motoristas que confundem sinais de comutação do VLT (aspectos de esferas coloridas) com sinais de trânsito.
12. Motoristas dirigindo nas faixas do VLT onde as pistas não são bem delimitadas.
13. Motoristas que violam os sinais de trânsito em ruas transversais, especialmente onde o VLT opera com baixa velocidade.
14. Interseção de geometrias complexas resultando em erros de julgamento por motoristas e pedestres.

Embora esses problemas tenham sido identificados na pesquisa realizada há mais de 12 anos atrás, a maioria deles são desafios que muitas agências de trânsito ainda experimentam (Pecheux e Saporta, 2009).

Outros estudos mais recentes descrevem outras questões de segurança que estão relacionadas com as encontradas em anos anteriores. O estudo feito por Korve et al., (2001) em 11 sistemas de VLT que viajam a velocidades maiores que 55 km/h na categoria semi-exclusivo, localizados nos Estados Unidos e Canadá, permitiu a identificação de alguns problemas de segurança que estão ou podem estar presentes nos sistemas de VLT que operam a menos de 30 km/h, como é o caso do sistema a ser instalado no Rio de Janeiro. Estes problemas são:

- Veículos a motor que operam em uma rua paralela à circulação do VLT e inadvertidamente cruzam a faixa e se interpõem no caminho do VLT que se aproxima (muitas vezes, depois de estar ativado ou fechado o portão automático).
- Veículos a motor e ciclistas que dirigem intencionalmente através dos portões automáticos fechados pela aproximação do VLT.

- Não funcionamento de veículos a motor na hora de ultrapassar faixas do VLT quando estes se aproximam à interseção.
- Não percepção de pedestres e ciclistas na hora de aproximação do VLT.
- Atividades de risco de pedestres e ciclistas (comportamento de risco) nas imediações de faixas e estações do VLT.
- Operações do VLT a maior velocidade, mais frequentes e mais silenciosas ao contrário de outras operações de transporte ao longo do mesmo corredor, resultando em percepções errôneas sobre os perigos.
- Percepção errada nos cruzamentos e estações sobre o serviço expresso do VLT (sem escalas) e serviço regular (todas as paradas) principalmente por pedestres e ciclistas.
- Configurações não padronizadas de cruzamentos ou interseções (interseções enviesadas).

Uma abordagem mais abrangente e quantitativa foi feita pela Administração Federal de Trânsito de Washington (FTA, por suas siglas em inglês) no ano 2006, a partir da análise dos dados de segurança referentes a 43 agências de transporte ferroviário e disponíveis para o período de Janeiro de 2003 até Junho de 2005.

As 43 agências envolvidas relataram 1147 problemas graves de segurança apresentados na tabela 4.1. Nela pode-se observar que a categoria com maior número de incidentes foi Colisão representando 60,68% do total de incidentes encontrados. Nesta epígrafe a palavra intruso refere-se às pessoas que invadem os trilhos do VLT onde não há calçadas ou cruzam os trilhos de forma imprudente.

Tabela 4-1 Categorização de incidentes graves de segurança.

Categoria	2003		2004		2005		Total
	Trens Pesados	Trens Leves	Trens Pesados	Trens Leves	Trens Pesados	Trens Leves	
Descarrilhamento	12	24	10	19	3	8	76
Incêndio	11	2	27	9	3	1	53
Evacuação/Desocupação	11	4	19	3	1	1	39
Colisões	44	249	30	287	22	64	696
•Pedestres / intrusos - Cruzamento de nível	1	9	1	16	0	4	31
•Pedestres / intrusos - Plataformas / Estações	11	2	9	3	5	4	34
•Pedestre / intruso -	0	0	0	7	0	3	10

Interseções								
•Intrusos - Trilhos	28	14	15	8	13	3	81	
•Veículo a motor - Cruzamento de nível	0	176	0	189	1	34	400	
•Veículo a motor - Interseções	0	15	0	30	0	7	52	
•Veículo a motor – Outros	0	6	1	3	0	6	16	
•Objetos	0	6	3	9	0	0	18	
•Outros meios de transporte (não veículos a motor)	4	21	1	22	3	3	54	
Outros	53	11	125	51	35	8	283	
Total	131	290	211	369	64	82	1147	

Fonte: FTA (2006).

Com o objetivo de uma melhor determinação das possíveis causas que provocaram estas colisões, os autores definiram três grupos que abrangem as colisões com veículos a motor, colisões com pedestres e as colisões com intrusos. Estas causas são apresentadas na tabela 4.2.

Tabela 4-2 Principais causas que mais contribuíram nas colisões reportadas.

Tipos de Colisões	Causas que mais contribuíram
Colisões com veículos a motor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Motoristas incapazes de seguir as regras de trânsito.</li> <li>• Motoristas incapazes de respeitar os sinais de advertência.</li> <li>• Motoristas incapazes de parar em um cruzamento ferroviário.</li> <li>• Operações veiculares imprudentes ou descuidadas.</li> <li>• Os motoristas que fazem conversão à esquerda através dos trilhos do VLT imediatamente após o término de sua fase protegida (verde) de girar à esquerda.</li> <li>• Os motoristas que violam as indicações de conversão à esquerda em vermelho quando a fase deste sinal é adiantada pela aproximação do VLT.</li> <li>• Os motoristas que violam os sinais de trânsito em vermelho com extensões de tempo longo pela preferência de circulação do VLT.</li> <li>• Os motoristas que não detêm o veículo em uma rua transversal após a indicação do sinal tráfego em verde ser adiantada pela aproximação do VLT.</li> <li>• Os motoristas que violam os sinais ativos e passivos de não conversão à esquerda/direita, onde estas operações foram previamente autorizadas antes da construção do VLT.</li> <li>• Os motoristas que confundem os sinais do VLT, especialmente sinais de conversão à esquerda, com sinais de trânsito.</li> <li>• Os motoristas que confundem os sinais de comutação do VLT (esferas com aspectos coloridos) com sinais de trânsito.</li> </ul>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Os motoristas que dirigem nos direitos de via do VLT que são delineados por marcas no pavimento.</li> <li>• Os motoristas que violam os sinais de trânsito em ruas transversais, especialmente onde VLT operam em velocidades baixas.</li> <li>• Interseção de geometria complexa resultando em erros de apreciação do motorista.</li> </ul>
Colisões com pedestres	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comportamento descuidado/imprudente sobre ou perto dos trilhos do VLT.</li> <li>• Indivíduos que invadem os trilhos do VLT onde não há calçadas.</li> </ul>
Colisões com intrusos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Indivíduos que cruzam imprudentemente as faixas do VLT.</li> <li>• Erros individuais de julgamento ao analisar se podem cruzar na frente do VLT ou quando deixam de olhar para um segundo Veículo que se aproxima.</li> <li>• Falta de atenção e percepção dos arredores.</li> <li>• Pessoas incapazes de seguir as regras de condutas das agências de trânsito ferroviário nas estações e nos cruzamentos.</li> <li>• Áreas de segurança para passageiros ou filas inadequadas.</li> </ul>

Fonte: FTA (2006).

As agências que operam VLT classificam suas experiências de risco mais graves em cinco grupos principais: (1) colisões com veículos a motor, (2) violação de regras e procedimentos por parte do operador, (3) colisões com pedestres e/ou intrusos, (4) falhas de funcionamento de equipamentos e (5) deslizamentos, tropeções e quedas de pessoas nas estações enquanto ocorre o embarque/desembarque do veículo (FTA, 2006).

Estes grupos mencionados anteriormente se relacionam com as cinco áreas citadas por Cleghorn et. al., (2009), as quais devem ser consideradas na operação do VLT: (1) falta de atenção pelos motoristas, ciclistas e pedestres, (2) confusão dos motoristas, ciclistas e pedestres, (3) falta de separação física adequada entre os motoristas, ciclistas, pedestres e o VLT, (4) comportamentos de risco por motoristas e pedestres e (5) uso indevido ou falta de informação.

#### **4.1.1. Problemas de segurança na interação VLT/veículo a motor**

Muitas agências que operam sistemas de VLT concordam em que a maioria dos acidentes entre o VLT e veículo a motor é causada por motoristas que fazem conversões ilegais ou inapropriadas na frente do VLT ou motoristas que violam os sinais em vermelho. Em muitos locais, embora a segurança tenha sido objeto de uma atenção especial, os motoristas continuam apresentando um comportamento

arriscado ao ignorar os dispositivos de controle de tráfego nos cruzamentos do VLT (Pecheux e Saporta, 2009).

Na tabela 4.3 são apresentados os diferentes cenários de acidentes mais comuns e suas possíveis causas encontradas por Pecheux e Saporta, (2009).

Tabela 4-3 Cenários de colisões mais comuns e suas possíveis causas.

Cenários de acidentes	Possíveis causas
<p>Motorista fazendo conversão à esquerda, violando o sinal de giro à esquerda em vermelho e é atingido por um VLT que se aproxima por trás.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sinais não transmitem aos motoristas porquê eles não estão autorizados a fazer a conversão com o sinal vermelho.</li> <li>• Motoristas iniciam sua conversão à esquerda e o sinal para a rua transversal troca para vermelho (particularmente comum em locais com fases principais de conversão à esquerda).</li> <li>• Motoristas fazem conversões à esquerda ao confundir a indicação de trânsito feita pelo agente de trânsito.</li> <li>• Motoristas com veículos detidos na pista designada para fazer a conversão à esquerda, devido a congestionamento ou pane no veículo.</li> <li>• Motoristas que fazem conversão à esquerda através dos trilhos do VLT imediatamente após o término de seu sinal verde.</li> <li>• Os motoristas confundem os sinais do VLT com sinais de trânsito.</li> <li>• Onde o tempo dos sinais de trânsito é adiantado durante a fase de conversão à esquerda, os motoristas podem assumir incorretamente que o sinal falhou e violar o sinal.</li> </ul>
<p>Motoristas fazendo conversão à esquerda ilegal onde não existe sinal que autorize a operação e é atingido por um VLT que se aproxima por trás.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A existência de poucos locais que autorizem fazer conversão à esquerda pode aumentar a pressão para girar à esquerda nos lugares onde tem condições para serem feitas estas conversões, mesmo sendo proibidos.</li> <li>• Conversões à esquerda que foram previamente autorizadas antes da instalação e operação do sistema de VLT. Proibir permanentemente um movimento de trânsito onde foi permitido anteriormente pode alterar os padrões esperados de viagens.</li> <li>• Os motoristas que estão acostumados a violar os sinais de trânsito com pouca ou nenhuma consequência nos cruzamentos convencionais sinalizados, precisam entender melhor os riscos de violação nos cruzamentos com VLT.</li> <li>• Há muitos sinais na interseção, aumentando o tempo de processamento de informação do motorista e aumentando potencialmente a falta de informação</li> </ul>

	<p>relevante.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dispositivos de controle de tráfego fazem ênfase nos movimentos que são proibidos em vez de fazer o contrário, isso pode confundir os motoristas sobre onde e qual o movimento é realmente permitido.</li> </ul>
<p>Motoristas que infringem os sinais que estão em conflito com a operação do VLT, tanto sinais ativos que proíbem conversões quanto sinais de advertência de aproximação do VLT.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Os sinais podem ser ativados com muita antecedência da chegada do VLT. Se os motoristas percebem que o VLT não vem, mesmo quando os sinais estão ativos, eles podem perder o respeito dos sinais e fazer uma movimentação em conflito com um VLT que se aproxima.</li> <li>• Os sinais podem ser ativados tarde demais para fornecer um aviso prévio suficiente para o motorista reagir.</li> <li>• Os motoristas não entendem porque os sinais estão presentes e/ou porque as conversões são proibidas, permitindo movimentos em momentos de riscos e proibindo-os em outros. Isto causa confusão aos motoristas.</li> </ul>
<p>Motoristas que fazem conversão à esquerda através das pistas não indicadas em vez de utilizar as pistas adjacentes ou compartilhadas com os VLT.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Motoristas confusos para determinar a partir de qual faixa deve iniciar a conversão. A falha em entender o comportamento adequado nesses locais pode levar a conflitos de veículo a motor e VLT.</li> </ul>
<p>Motoristas que invadem ou param nos trilhos e são atingidos por um VLT (vindo de qualquer direção) em um ângulo reto.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ter muitas marcações transversais sobre a estrada nas imediações do cruzamento pode causar confusão sobre onde parar (exemplo, faixa de pedestres, linha de paragem, marcações de estrada de ferro).</li> <li>• Os motoristas podem não perceber os trilhos do VLT que cruzam a estrada na aproximação para o cruzamento.</li> <li>• Os motoristas tentam fazer conversão à esquerda/direita com o sinal vermelho pela aproximação do VLT e param sobre os trilhos na espera por uma brecha no trânsito.</li> </ul>
<p>Motoristas que executam uma indicação do sinal vermelho e colidem com um VLT (vindo de qualquer direção) em um ângulo reto.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Os motoristas desconhecem que o VLT está perto ou qual a sua velocidade e fazem uma tentativa de cruzar através dos trilhos antes da aproximação do VLT.</li> </ul>

Fonte: Pecheux e Saporta, (2009).

Por outra parte Coifman e Bertini, (1997), descrevem alguns destes problemas de segurança que dependem das ações dos motoristas, tais como:

1. Desobediência: uma errada percepção de risco e altas expectativas de cruzamentos convencionais contribuem para a desobediência. Exemplo, os motoristas podem violar nos cruzamentos convencionais os sinais de "não conversão em vermelho" com pouca ou nenhuma consequência. Quando esta expectativa é transferida para uma interseção com o VLT, a mesma ação pode ter consequências mais graves.
2. Falha na percepção: quando os motoristas não observam os dispositivos de controle de tráfego. Exemplo, um motorista que observa o sinal de tráfego adjacente em verde e ao chegar à interseção pode não perceber que o sinal de conversão à esquerda foi adiantado para vermelho pela aproximação do VLT.
3. Má interpretação: Os acidentes por interpretação errada estão relacionados a erros de expectativas e limitações cognitivas dos motoristas, e eles podem ser mais prováveis de ocorrer em cruzamentos complicados que incluem operações do VLT.
4. Violação das expectativas dos condutores: Quando a expectativa do motorista é violada, pode levar a acidentes. É o caso de motoristas se acostumar em interseções que operam de certa maneira, o que pode levá-los a antecipar movimentos.

#### **4.1.2. Problemas de segurança na interação VLT/pedestres**

Uma das principais preocupações em uma colisão VLT/pedestre é a gravidade do acidente o qual pode ocasionar lesões permanentes nas pessoas ou no pior dos casos, pode ser fatal. Em uma análise estatística feita por Korve et. al., (1996), em 10 sistemas que operam VLT, se determinou que os atropelamentos são responsáveis do 10% dos acidentes aproximadamente, dos quais cerca do 50% provocam a morte do pedestre. Outra análise estatística feita por Cleghorn et. al., (2009) em 23 sistemas de VLT concluiu que apesar dos acidentes entre pedestres e VLT representar 22% do total de acidentes, estes acidentes representaram 80% de todas as mortes. O FTA (2009) indicou que as ações de pedestres têm causado 61% das mortes em acidentes que envolvem o VLT.

Segundo Cleghorn et. al., (2009), algumas agências relatam alguns problemas de segurança de pedestres tais como:

- Pedestres que cruzam as ruas sem prestar atenção em lugares não designados para o cruzamento de pedestres (meio da quadra ou em estações).
- Pedestres que infringem as regras nas estações de estádios após eventos.
- Pedestres que violam os sinais e/ou dispositivos de alerta.
- Atropelamentos de pedestres devido a um “segundo trem”.
- Desatenção e/ou distração dos pedestres.

Existem outros autores que tem realizado estudos que envolvem aspectos de segurança na operação dos sistemas de VLT e indicaram problemas que coincidem com a maioria dos problemas relatados anteriormente ou tem utilizado estes problemas como base na sua pesquisa, tais como: Rahimi e Meshkati, (2001); Farrán, (2006); Currie e Reynolds, (2010); Currie et. al., (2011); Meshkati et. al., (2007); Fitzpatrick et. al., (2014) e Vardon, (2014).

#### **4.2. Problemas de segurança na operação dos sistemas de BRT**

No Rio de Janeiro existe em funcionamento uma rede de Transporte Rápido por Ônibus (BRT por suas siglas em inglês). Esta rede está composta pelos corredores TransOeste, TransCarioca e incluirá os corredores TransOlimpica e TransBrasil e abarca mais de 150 km em todos seus trajetos. Estes sistemas de BRT compartilham muitas similitudes operacionais com os sistemas de VLT que operam na forma de circulação semi-exclusiva, por exemplo, com faixas separadas por meio-fio, estações no canteiro central, velocidades de circulação médias e baixas, preferência de circulação. Estas semelhanças estimulam a análise dos problemas de segurança que enfrentam estes sistemas de BRT, assim como das recomendações e das soluções mais bem sucedidas com o objetivo de identificar aquelas que podem estar presente na operação do VLT no Rio de Janeiro.

No ano 2015, EMBARQ Brasil, que forma parte da instituição internacional de pesquisa *World Resources Institute* (WRI por suas siglas em inglês) publicou um estudo feito em várias cidades do mundo onde operam sistemas de BRT. Os resultados desta análise mostram diferentes problemas de segurança que estão ou podem estar presente na operação dos sistemas de VLT, tais como: (1) conversões à esquerda sobre as faixas de ônibus, (2) pedestres atravessando em meio ao

tráfego, (3) veículos não autorizados nas faixas de ônibus, (4) acidentes entre veículos BRT e ciclistas, (5) veículo passando no sinal vermelho, (6) pedestres na faixa de ônibus, (7) pedestres atravessando em meio de quadra, (8) conversão à direita sobre a faixa de ônibus e (9) veículo cruzando no sinal vermelho (EMBARQ, 2015).

No estudo feito por Bastos et. al., (2015), sobre os tipos de acidentes ocorridos nos corredores de BRT TransOeste e TransCarioca destaca-se uma redução da taxa de acidentes desde o início de suas operações até dezembro de 2014 como constatado na figura 4.1.

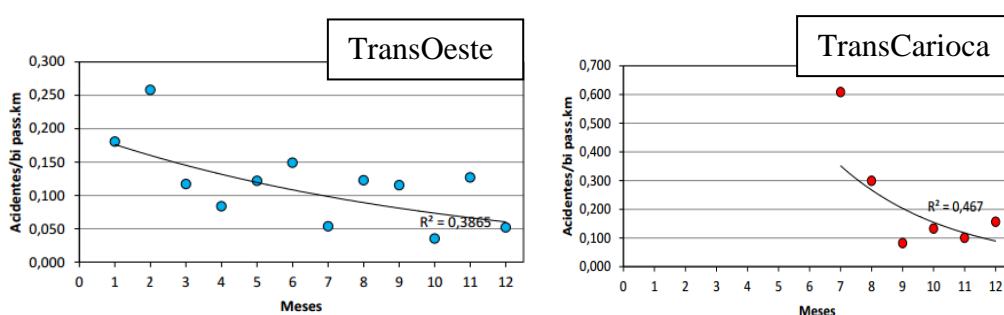


Figura 4-1 Taxa de acidentes / bilhão de passageiros-quilômetro. Fonte: Bastos et. al., (2015).

A análise destes acidentes destaca as colisões transversal ou em ângulo reto como as de maior ocorrência com 61,6%, seguido do atropelamento com grau de ocorrência de 23,3%. Na tabela 4.4 é apresentada a distribuição destes acidentes para cada corredor de BRT.

Tabela 4-4 Distribuição dos tipos de acidentes nos corredores BRT.

Sistema (100% das ocorrências)	Parcela	TransOeste (85% das ocorrências)	Parcela	TransCarioca (15% das ocorrências)	Parcela
Colisão transversal	61,6%	Colisão transversal	59,1%	Colisão transversal	77,1%
Atropelamento	23,3%	Atropelamento	23,8%	Atropelamento	20,0%
Colisão lateral	11,2%	Colisão lateral	12,4%	Colisão lateral	2,9%
Colisão traseira	1,3%	Colisão traseira	1,6%	-	-
Outros	1,3%	Outros	1,6%	-	-
Choque com objeto fixo	0,9%	Choque com objeto fixo	1,0%	-	-
Colisão frontal	0,4%	Colisão frontal	0,5%	-	-

Fonte: Bastos et. al., (2015).

Estes acidentes também podem ser analisados segundo o nível de gravidade presente na colisão como colisão com vítima fatal, colisão com vítima não fatal ou ferida e colisão sem vítima. Neste contexto o atropelamento provoca a maior perda de vidas humanas, representando 84,2 % das fatalidades nos acidentes com vítima, como mostrado na tabela 4.5. Isto mostra a fragilidade dos usuários

envolvidos em acidentes e indica a necessidade de melhoria e a análise contínua dos aspectos de segurança.

Tabela 4-5 Distribuição dos tipos de acidentes nos corredores BRT, segundo gravidade.

Sem vítima (100% das ocorrências)	Parcela	Com vítima não fatal (100% das ocorrências)	Parcela	Com vítima fatal (100% das ocorrências)	Parcela
Colisão transversal	70,6%	Colisão transversal	50,0%	Atropelamento	84,2%
Colisão lateral	15,1%	Atropelamento	41,3%	Colisão transversal	15,8%
Atropelamento	8,7%	Colisão lateral	6,7%	-	-
Colisão traseira	1,6%	Colisão traseira	1,0%	-	-
Outros	1,6%	Outros	1,0%	-	-
Choque com objeto fixo	1,6%	-	-	-	-
Colisão frontal	0,8%	-	-	-	-

Fonte: Bastos et. al., (2015).

Entre os principais fatores que estimulam estes acidentes pode-se citar a falta de visibilidade nas interseções; desrespeito à preferencial de circulação do BRT; desrespeito à sinalização semafórica; desrespeito à proibição de conversão à esquerda em vias de mão dupla; dimensionamento semafórico inadequado; baixa probabilidade de pedestres e ciclistas serem vistos e/ou percebidos; ausência ou tipo de tratamento de travessia inadequado; tempo de fases dos semáforos inadequado nas travessias; falta de segregação ou de forma insuficiente entre o corredor e a faixa de tráfego misto; manobras de risco; ultrapassagens pela direita; não uso da seta direcional; nível de atenção nas manobras de saída e aproximação nas estações, (Bastos et. al., 2015).

Todos os usuários de forma geral estão expostos a certo nível de risco nos passos de nível. Portanto esforços devem-se focar na implementação de medidas mais precisas que garantam a conscientização de riscos mediante um planejamento estratégico para diminuí-los ou eliminá-los e garantir a redução ou abolição do número de acidentes. Para casos como estes são atribuídos tratamentos e medidas como as que serão relatadas adiante.

### 4.3. Tratamentos e medidas de segurança

Os sistemas de VLT na sua operação apresentam certos riscos de segurança que não podem ser mitigados de forma efetiva mediante a utilização dos controles de tráfego convencionais para veículos a motor e pedestres (Irwin, 2003). O uso de tratamentos próprios para VLT são necessários para garantir a redução de risco nas proximidades dos trilhos e estações do VLT.

Na atualidade existem muitas medidas de proteção e tratamentos ativos e passivos que melhoram consideravelmente a segurança de pedestres e veículos a motor sempre que sejam planejados e executados de forma eficiente. Nos Estados Unidos e na Europa existem vários estudos de risco que além de incluir tratamentos ativos e passivos também levam em consideração os fatores humanos e as características de desenho dos dispositivos com o objetivo de reduzir o risco de acidentes entre o VLT e os usuários.

Os tratamentos passivos estão destinados a promover a compreensão e cumprimento das medidas de segurança por parte dos usuários. Estes tratamentos não são ativados pela aproximação do VLT. Exemplo destes tratamentos são as marcações de “PARE AQUI” no pavimento. Estes tratamentos devem permanecer visíveis em todo momento e exibir informações de interesse aos usuários para garantir sua segurança (Meshkati et. al., 2007).

O uso de tratamentos de sinais de controle passivos nas interseções de estradas/trilhos do VLT deve ser limitado aos cruzamentos onde a necessidade e viabilidade é estabelecida por um estudo de engenharia. Segundo Jacobs (2012), estes cruzamentos devem apresentar as seguintes características:

- As estradas que cruzam os trilhos devem ser secundárias (rua pequena com uma faixa em cada sentido, ruas estreitas, ou uma entrada de automóveis), com baixos volumes de tráfego e baixos limites de velocidade.
- A velocidade de operação do VLT não deve exceder as 35 mph.
- A linha de visão do operador do VLT que se aproxima deve ser adequada a uma distância suficiente para que o operador possa acionar o sinal sonoro e deter a marcha caso necessário.
- Os motoristas dos outros veículos devem ter uma distância de visibilidade suficiente de modo a garantir que o veículo atravesse os trilhos antes da chegada do VLT.
- Os trilhos do VLT devem estar localizados de tal forma que os veículos rodoviários provavelmente não parem na faixa enquanto aguardam para entrar em uma rua transversal ou rodovia.
- Os cruzamentos não devem cumprir com as condições necessárias para utilizar sinais ativos.



Os tratamentos ativos de segurança têm como objetivo fornecer aviso de forma audível e/ou visível aos usuários para que estes estejam cientes da aproximação do VLT. Estes tratamentos podem variar tanto em sua forma como em seu uso e sua principal característica é sua ativação de forma automática pela aproximação do VLT (Irwin, 2003). Sua utilização deve estar precedida de um estudo de engenharia (Jacobs, 2012).

Segundo Fitzpatrick et al., (2015), a segurança dos pedestres nas passagens de nível com o VLT é cada dia mais importante. Por isso é necessário utilizar os melhores dispositivos e orientações para garantir travessias de pedestres seguras e eficazes. Estas medidas devem levar em conta que o número de pedestres que usam aparelhos eletrônicos aumenta consideravelmente limitando aos pedestres sua capacidade de ouvir ou perceber os avisos sonoros e/ou visuais.

A seguir são listados os tratamentos ativos e passivos utilizados na operação dos sistemas VLT com o objetivo de mitigar os possíveis problemas de segurança que são descritos em Fitzpatrick et. al., (2015); Pecheux e Saporta, (2009); Cleghorn et. al., (2009); Korve et al., (1996, 2001); Novales et. al., (2014).

- |   |  |
|---|--|
| 1. Portões (Portões de conversão à esquerda, portões de quatro quadrantes). | 10. Sinais com setas indicando o percurso.                   |
| 2. Pilaretes.   | 11. Luzes na via.  |
| 3. Delineadores ou meio fio de altura mediana.                              | 12. Contraste diferente da estrada e da faixa do VLT.        |
| 4. Delineadores/barreiras retráteis.  | 13. Sinais de prioridade de circulação.                      |
| 5. Sinais ativos de aviso de aproximação do VLT.                            | 14. Aviso sonoro manual ou automático, desde o VLT.          |
| 6. Sinais ativos de proibição de conversão.                                 | 15. Sistema de iluminação automática marcado no pavimento.   |
| 7. Sinais de controle de uso da pista, de forma elevadas.                   | 16. Sinais ativos para pedestres.                            |
| 8. Uso e colocação de sinais estáticos.                                     | 17. Sinais reflexivos de simbologia e informação antecipada. |
| 9. Sinal de alerta de aproximação de um segundo trem.                       | 18. Portões automáticos para pedestres.                      |
|   | 19. Cercas e barreiras para pedestres.                       |

20. Cruzamentos Offset (comumente conhecido como tipo Z).
21. Portões para pedestres.
22. Marcações no pavimento, texturização e listrado.
23. Guia tátil sonoro.
24. Canalização.
25. Iluminação de passagens.
26. Refúgios para pedestres.
27. Câmeras montadas no VLT.
28. Motorista do VLT conduzindo de forma defensiva.
29. Fiscalização eletrônica.
30. Circuito Fechado de Televisão.
31. Ações legais.
32. Velocidade de circulação mais baixa.
33. Programas educacionais.

A seguir é apresentada uma breve descrição destes tratamentos e são apresentadas imagens que ilustram sua aplicação, sendo destinadas apenas para fins de referência. Cada tratamento inclui uma descrição geral, a forma de circulação para o qual é recomendado seu uso e as contraindicações encontradas na literatura.

- **Descrição geral:** Refere-se à definição do tratamento, os nomes alternativos, a operação básica e a função.
- **Forma de circulação:** Refere-se à forma de circulação onde é recomendado o uso do tratamento em questão. Estas formas de circulação foram definidas na Tabela 3.1.
- **Contraindicações ao tratamento:** Refere-se às situações em que não é recomendado o uso do tratamento em questão.

#### 1: Portão de quatro quadrantes



#### Descrição Geral:

Consiste em um sistema de barreiras e luzes que são ativadas automaticamente pela aproximação do VLT. Este sistema é uma variante dos portões de dois quadrantes, mais comumente usados. Os portões são instalados em todos os quatro quadrantes da travessia para evitar que os veículos se desviem e entrem no direito de via do VLT.

**Forma de circulação:** b.1, b.2, b.3, b.4

**Contraindicações ao tratamento:** Possibilidade dos veículos ficarem presos sobre os trilhos.

Figura 4-2 Portão de quatro quadrantes. Fonte: Cleghorn et. al., (2009); Pecheux e Saporta (2009).

**2: Pilaretes****Descrição Geral:**

Pilaretes são instalados no início ou final da via que separa os trilhos nas estações para evitar a circulação de outros veículos a motor. Podem ser instalados para separar a travessia de pedestres da faixa rodoviária. Também podem servir para indicar o início ou final da passagem de pedestres para usuários com deficiências visuais. Seu principal objetivo é impedir a circulação de veículos nas áreas designadas.

**Forma de circulação:** Toda b, c

**Contraindicações ao tratamento:** Não registrada

Figura 4-3 Pilaretes. Fonte: Fitzpatrick et al., (2015).

**3: Delineadores ou Meio-fio de altura mediana.****Descrição Geral:**

Meio-fio ou delineadores podem ser utilizados para delimitar as faixas e desestimular as conversões em lugares não permitidos. Este tratamento em ruas estreitas permite a outros veículos motorizados utilizar a faixa do VLT no caso de emergência (exemplo, obstrução da via em uma estrada de uma única faixa).

**Forma de circulação:** b.1, b.2, b.3, b.4

**Contraindicações ao tratamento:** Não registrada.

Figura 4-4 Delineadores ou Meio-fio de altura mediana. Fonte: Cleghorn et. al., (2009); Fitzpatrick et al., (2015).

**4: Delineadores/barreiras retráteis.**

**Forma de circulação:** b.1, b.2, b.3, b.4

**Contraindicações ao tratamento:** Não registrada

**Descrição Geral:**

Os Delineadores retráteis podem ser instalados para bloquear a circulação de veículos a motor em áreas específicas e em horários específicos. Podem ser particularmente úteis quando não há espaço suficiente para a instalação de portões. Também podem ser utilizados nas interseções para evitar que os motoristas ultrapassem os portões automáticos e ocupem o direito de via do VLT.

Figura 4-5 Delineadores/barreiras retráteis. Fonte: Pecheux e Saporta (2009); Cleghorn et. al., (2009).

**5: Sinais ativos de aviso de aproximação do VLT.**

**Forma de circulação:** Todo b e todo c

**Contraindicações ao tratamento:** Não registrada

**Descrição Geral:**

Sinais ativos de aproximação do VLT muitas vezes complementam os sinais de proibição de conversão, geralmente usado nas interseções. Estes sinais ativos alertam os motoristas sobre o risco associado ao violar o sinal de proibição. Estes sinais também podem reforçar outras medidas, como portões, sinalizações estáticas e sinais de prioridade ou proibição.

Figura 4-6 Sinais ativos de aviso de aproximação do VLT. Fonte: Cleghorn et. al., (2009); Pecheux e Saporta (2009).

### 6: Sinais ativos de proibição de conversão.



**Forma de circulação:** Toda b e toda c

**Contraindicações ao tratamento:** Não registrada

### Descrição Geral:

Estes sinais são iluminados para exibir uma mensagem aos motoristas, pedestres e ciclistas. Seu objetivo é indicar a presença de um comboio ou de um segundo comboio se aproximando. Os sinais também podem ser usados para notificar aos usuários a proibição de conversão à esquerda ou direita, devido a aproximação do VLT.

Figura 4-7 Sinais ativos de proibição de conversão. Fonte: Cleghorn et. al., (2009); Pecheux e Saporta (2009).

### 7: Sinais de controle de uso pista pendurados em cabos aéreos sobre a via.



**Forma de circulação:** Toda b

**Contraindicações ao tratamento:** Não registrada

### Descrição Geral:

Estes sinais de controle indicam o uso correto da pista, fornecendo orientações positivas e indicando os movimentos admissíveis de cada pista. Usados principalmente em locais onde os motoristas podem fazer conversões não autorizadas desde pista errada (geralmente no caso de operações de uso misto). Também podem ser usados para fornecer alertas antecipadas para os motoristas.

Figura 4-8 Sinais de controle de uso pista pendurados em cabos aéreos sobre a via. Fonte: Pecheux e Saporta (2009).



## 8: Uso e colocação de sinais estáticos.



## Descrição Geral:

Este tipo de sinais passivos fornece uma mensagem permanente e invariável das ações adequadas que devem seguir os motoristas e/ou pedestres.

**Forma de circulação:** Toda b, c

**Contraindicações ao tratamento:** A informação transmitida deve ser o mais clara possível.

Figura 4-9 Uso e colocação de sinais estáticos. Fonte: Fitzpatrick et al., (2015) ; Cleghorn et. al., (2009).

## 9: Sinal de alerta de aproximação de um segundo trem.



## Descrição Geral:

Os sinais para indicar a presença de um segundo comboio podem ser ativos ou passivos. Seu principal objetivo é fornecer informação aos motoristas, pedestres e ciclistas de advertência específica de que um segundo trem está se aproximando para que eles não comecem a cruzar os trilhos após o primeiro trem passar.

**Forma de circulação:** b.1, b.2, b.3, b.4

**Contraindicações ao tratamento:** Não registrada

Figura 4-10 Sinal de alerta de aproximação de um segundo trem. Fonte: Cleghorn D. et. al., (2009); Fitzpatrick et al., (2015).

**10: Sinais com setas indicando o percurso.****Descrição Geral:**

Os sinais com esta particularidade ajudam a orientar aos usuários na trajetória a seguir em um esforço de fornecer orientação positiva e reduzir a chance de que um motorista gire à esquerda quando esta ação não é permitida.

**Forma de circulação:** b.1, b.2, b.3, b.4

**Contraindicações ao tratamento:** As setas são menos percebidas que as esferas iluminadas.

Figura 4-11 Sinais com setas indicando o percurso. Fonte: Pecheux e Saporta (2009).

**11: Luzes na estrada.****Descrição Geral:**

São definidos como tipos especiais de sinais de trânsito instalados na superfície da estrada para avisar aos motoristas que devem diminuir a velocidades e deter-se no sinal vermelho na interseção devido à aproximação do VLT.



**Forma de circulação:** b.1, b.2, b.3, b.4

**Contraindicações ao tratamento:** Não registrada

Figura 4-12 Luzes na estrada. Fonte: Pecheux e Saporta (2009); Cleghorn et. al., (2009).

### 12: Contraste diferente da estrada e a faixa do VLT.



### Descrição Geral:

Seu principal objetivo é ressaltar a faixa de circulação do VLT, permitindo aos motoristas e pedestres diferenciar com facilidade o direito de passagem do VLT. Utilizado principalmente em calçadas e cruzamentos.



**Forma de circulação:** c.1, c.2, c.3

**Contraindicações ao tratamento:** Em ambiente urbano podem causar barulho.

Figura 4-13 Contraste diferente da estrada e a faixa do VLT. Fonte: Pecheux e Saporta (2009); Novales et. al., (2014); Fitzpatrick et al, (2015).

### 13: Sinais de prioridade de circulação.



### Descrição Geral:

Este sinal modifica o processo de operação do tráfego. O objetivo é proporcionar mais oportunidades de trânsito na operação do sistema, coordenando os sinais de trânsito sem afetar significativamente outro tráfego. Permite ao sistema manter um alto nível de desempenho geral fornecendo tempo adicional de circulação ao VLT sempre que seja possível.

**Forma de circulação:** Toda b e c.1

**Contraindicações ao tratamento:** Possível aumento no tráfego na rua transversal.

Figura 4-14 : Sinais de prioridade de circulação. Fonte: Cleghorn et. al., (2009).



**14: Aviso sonoro manual ou automático desde o VLT.**

**Descrição Geral:**



Eles são usados de forma intermitente e produzem níveis de som acima de 60 dBm. O objetivo é avisar aos motoristas, pedestres e ciclistas que um VLT está se aproximando e reduzir o comportamento de risco ou desatenção dos usuários na via.

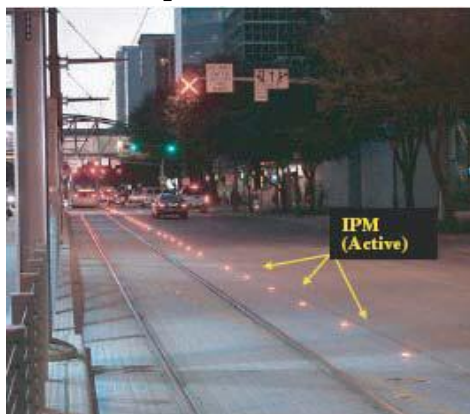
**Forma de circulação:** Toda a, b, c

**Contraindicações ao tratamento:** Seu uso pode ser limitado cerca de algumas áreas como hospitais.

Figura 4-15 Aviso sonoro manual ou automático desde o VLT. Fonte: Cleghorn et. al., (2009).

**15: Sistema de iluminação automática marcado no pavimento.**

**Descrição Geral:**



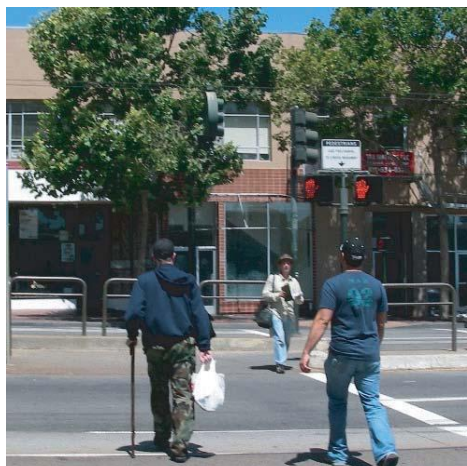
Consiste em uma série de marcadores que estão embutidos na superfície do pavimento e se iluminam em certas condições. Eles podem ser instalados em paralelo à faixa do VLT ou transversalmente. Também pode ser instalado em combinação com outros tratamentos ativos. São indicados para reduzir as violações e falhas que ocorrem quando os veículos dirigem na faixa do VLT no tráfego misto. Quando é ativado indica que a faixa não pode ser usada, devido a aproximação do VLT.



**Forma de circulação:** b.4, c.1

**Contraindicações ao tratamento:** Não registrada

Figura 4-16 Sistema de iluminação automática marcado no pavimento. Fonte: Cleghorn et. al., (2009); Fitzpatrick et al., (2015).

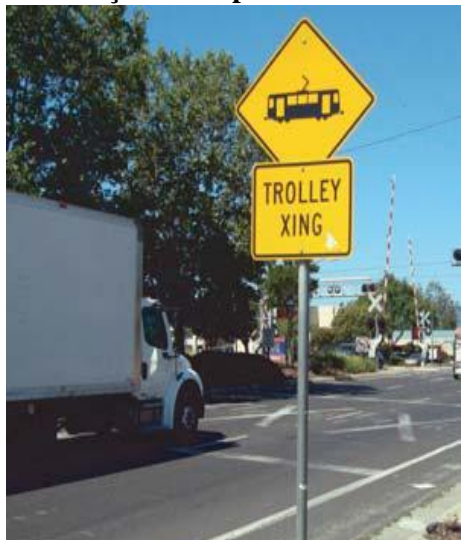
**16: Sinais ativos para pedestres.****Descrição Geral:**

São dispositivos de sinais ativos que informam aos pedestres quando é seguro atravessar a estrada ou trilhos. Os sinais são compostos por um símbolo (Pedestre ou mão) que indica quando é seguro atravessar ou quando a travessia não deve ser iniciada. Sinais de contagem regressiva também podem ser incorporados. Estes sinais de contagem regressiva podem ser ativados por sistemas de detecção de aproximação do VLT. Estes dispositivos podem estar acompanhados de sinais sonoros.

**Forma de circulação:** Toda b, c.1, c.2

**Contraindicações ao tratamento:** Não registrada

Figura 4-17 Sinais ativos para pedestres. Fonte: Cleghorn et. al., (2009); Fitzpatrick et al., (2015).

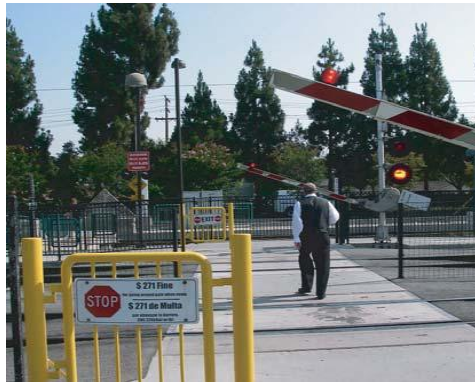
**17: Sinais reflexivos de simbologia e informação antecipada.****Descrição Geral:**

Todos os sinais utilizados na operação dos sistemas de VLT devem ser retro-iluminados ou reflexivos para poder mostrar a informação para os usuários durante o dia e a noite com a mesma eficácia.

**Forma de circulação:** Toda a, b, c

**Contraindicações ao tratamento:** Não registrada

Figura 4-18 Sinais reflexivos de simbologia e informação antecipada. Fonte: Cleghorn et. al., (2009).

**18: Portões automáticos para pedestres.****Descrição Geral:**

Barreiras que bloqueiam o caminho ao pedestre/ciclista quando um comboio se aproxima. O princípio é semelhante à utilização de portões para motoristas e ciclistas. Estes dispositivos automáticos são fornecidos para desestimular pedestres e ciclistas a fazerem movimentos de risco nas imediações do direito de passagem do VLT quanto este está cruzando. Fornecem um tempo adicional a pedestres e ciclistas para verificar se um VLT está se aproximando.

**Forma de circulação:** Toda a, b.1, b.2

**Contraindicações ao tratamento:** Não registrada

Figura 4-19 Portões automáticos para pedestres. Fonte: Cleghorn et. al., (2009); Fitzpatrick et al., (2015).

**19: Cercas e barreiras para pedestres.****Descrição Geral:**

Este tratamento é indicado para canalizar os movimentos de pedestres nas áreas de passagem designadas. O tratamento fornece uma forma de controlar os movimentos de pedestres e limitar o número de pontos de conflito entre pedestres e VLT. O objetivo é desestimular os pedestres a atravessar em locais inapropriados. O tratamento pode definir a forma de circulação do VLT como um espaço especial e podem também servir como uma barreira para os veículos.

**Forma de circulação:** a, Toda b, c.2, c.3

**Contraindicações ao tratamento:** Os pedestres não devem ser retidos nas barreiras e deve ser fornecida uma via de saída.

Figura 4-20 Cercas e barreiras para pedestres. Fonte: Cleghorn et. al., (2009); Pecheux e Saporta (2009); Fitzpatrick et al., (2015); Novales et. al, (2014).



**20: Cruzamentos offset (denominado comumente tipo Z).**



**Descrição Geral:**

Uma passagem para pedestres (offset), comumente referido como uma travessia de pedestres tipos Z pode ser implementada onde há preocupações com a segurança de pedestres, perto de estações ou onde os pedestres devem atravessar os trilhos do VLT. Pode incluir cercas ou barreiras e está destinada a dirigir a caminhada dos pedestres, posicionando-o sempre de frente à direção de aproximação do VLT aumentando a conscientização da presença do VLT.

**Forma de circulação:** Toda b, toda c

**Contraindicações ao tratamento:** Não deve ser usado onde o VLT operar em ambas as direções em uma única faixa.

Figura 4-21 Cruzamentos offset (denominado comumente tipo Z). Fonte: Cleghorn et. al., (2009); Pecheux e Saporta (2009); Fitzpatrick et al., (2015); Novales et. al, (2014).

**21: Portões para pedestres.**



**Descrição Geral:**

São portas que os pedestres e ciclistas devem abrir manualmente para atravessar as pistas. Como outras barreiras são instaladas para desestimular os pedestres e ciclistas que se aproximam aos trilhos do VLT de forma apressada. Assim o usuário tem mais tempo para perceber se há um VLT se aproximando.

**Forma de circulação:** Toda b

**Contraindicações ao tratamento:** Não registrada

Figura 4-22 Portões para pedestres. Fonte: Cleghorn et. al., (2009); Fitzpatrick et al., (2015).

## 22: Marcações no pavimento, texturização e listrado.



## Descrição Geral:

Estes sinais são alterações na aparência ou textura do pavimento para denotar o direito de passagem do VLT. São utilizados para transmitir informações aos usuários. No caso das estações, por exemplo, pode indicar o caminho correto a seguir para os pedestres atravessar as faixas. Os sinais tácteis servem de guia para as pessoas com deficiência visual e delimitam a área segura para esperar.



**Forma de circulação:** Toda b, toda c

**Contraindicações ao tratamento:** A chuva pode dificultar sua visualização.

Figura 4-23 Marcações no pavimento, texturização e listrado. Fonte: Cleghorn et. al., (2009); Fitzpatrick et al., (2015); Novales et. al., (2014).

## 23: Guia tátil sonora.



## Descrição Geral:

São marcas ao longo da estrada que apresentam um relevo para criar uma vibração tátil e audível quando um veículo circula sobre elas. Podem ser instaladas em paralelo a uma faixa de tráfego para alertar os motoristas quando saem de sua pista, ou elas podem ser instaladas de forma transversal à pista para alertar os motoristas de um perigo nas imediações. Quando um VLT está operando em uma rua com tráfego misto, as guias táteis podem delinear a área de tráfego e fornecer um aviso sonoro e tátil.

**Forma de circulação:** Toda c

**Contraindicações ao tratamento:** Em ambiente urbano podem causar barulho.

Figura 4-24 Guia tátil sonora. Fonte: Cleghorn et. al., (2009); Fitzpatrick et al., (2015).

**24: Canalização.****Descrição Geral:**

Os dispositivos de canalização são barreiras longitudinais destinadas a controlar os movimentos dos motoristas nas imediações das operações do VLT. A canalização também é usada para definir e restringir a circulação de veículos a motor em cruzamentos de ruas.

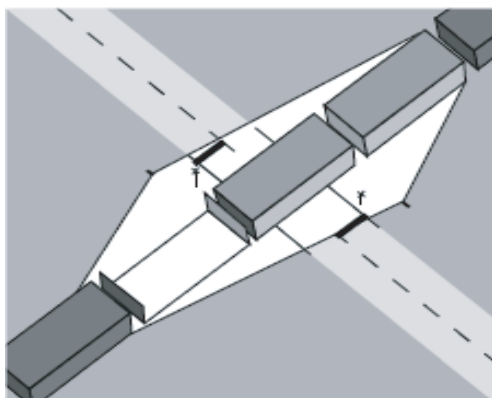
O dispositivo de canais de acesso mais restritivo é a barreira mediana (figura A). Em um cruzamento, uma barreira mediana impede os motoristas que estão se aproximando ao cruzamento com VLT de usar a pista adjacente para atravessar os trilhos quando os portões são ativados.

Tratamentos de canalização também são usados para orientar os pedestres através de locais de passagem adequados nos cruzamentos e reduzir os pontos de conflito (figura B).

**Forma de circulação:** Toda b, toda c

**Contraindicações ao tratamento:** Não registrada

Figura 4-25 Canalização. Fonte: Cleghorn et. al., (2009); Fitzpatrick et al., (2015).

**25: Iluminação especial em trechos.****Descrição Geral:**

Iluminação de travessias refere-se a sistemas de iluminação instalados para aumentar a visibilidade para os motoristas à noite nos cruzamentos de VLT. As luminárias são dirigidas para a direção de aproximação do VLT para aumentar a distinção visual do VLT.

**Forma de circulação:** Toda b, toda c

**Contraindicações ao tratamento:** Não registrada

Figura 4-26 Iluminação especial em trechos. Fonte: Cleghorn et. al., (2009).



**26: Refúgios para pedestres.****Descrição Geral:**

Os refúgios para pedestres entre as pistas e as faixas do VLT permite aos pedestres atravessar a rua em várias fases. São construídos a uma altura maior em relação à superfície da calçada. Esses refúgios implicam uma mudança na trajetória do tráfego rodoviário e obriga a reduzir a velocidade para condutores de veículos rodoviários.

Pilaretes instalados na interface entre as pistas rodoviárias e os trilhos do VLT eliminam as possibilidades dos motoristas usarem a faixa de pedestres para mudar seu percurso.

**Forma de circulação:** Toda b

**Contraindicações ao tratamento:** Não registrada

Figura 4-27 Refúgios para pedestres. Fonte: Novales et. al., (2014).

No estudo feito por Korve et al., (1996), foram recomendados alguns destes tratamentos com o objetivo de mitigar os problemas de segurança mais comuns encontrados na operação de dez sistemas de VLT. Na tabela 4.4 são apresentadas algumas das possíveis soluções para cada caso.

Tabela 4-6 Problemas de segurança e possíveis soluções.

<b>Problemas</b>	<b>Possíveis soluções</b>
<b>1 - SEGURANÇA DE PEDESTRES</b>	
a) Intrusão nos trilhos.	a.1) Instalar cercas. a.2) Instalar calçadas se não existe nenhuma.
b) Atravessar a rua sem observar as regras de cruzamento.	b.1) Instalar cercas ou barreiras entre as faixas para separar as linhas do VLT. b.2) Fornecer paisagismo, calçada diferenciada, pilaretes, barreiras.
c) Acesso à Estação e/ou cruzamento de ruas.	c.1) Definir caminhos de pedestres. c.2) Fornecer espaço de armazenamento e/ou fila adequada para outros veículos ou pedestres.

	<p>c.3) Desenho de estações para evitar cruzamentos aleatórios de faixas.</p> <p>c.4) Instalar ilhas de segurança.</p> <p>c.5) Instalar portões automáticos para pedestres, portões giratórios, barreiras e travessias de tipo Z.</p>
<b>2 - FORMA DE CIRCULAÇÃO NA FAIXA DE OPERAÇÃO.</b>	
	<p>a) Operar o VLT com faróis iluminados e usar dispositivos sonoros.</p> <p>b) Fechar calçadas especialmente através de mudanças de uso do solo</p> <p>c) Proibir conversões conflitantes à esquerda ou à direita no tráfego paralelo</p> <p>d) Fornecer pistas separadas e fases de conversão para o tráfego conflitante</p> <p>e) Fornecer fase do sinal somente para o VLT.</p> <p>f) Fornecer uma zona de conforto entre o trilho do VLT e a calçada.</p> <p>g) Substituir a pista com operações medianas.</p>
<b>3 - VEÍCULOS QUE OPERAM PARALELAMENTE À LINHA DO VLT E FAZEM CONVERSÃO À ESQUERDA ATRAVÉS DOS TRILHOS</b>	
a) Proibição de conversão à esquerda.	<p>a.1) Fornecer fase para giros à esquerda depois do término da fase do VLT.</p> <p>a.2) Limitar múltiplos direitos preferenciais de vias do VLT no mesmo ciclo.</p> <p>a.3) Instalar sinais ativos de aproximação do VLT.</p>
b) Pistas com conversão à esquerda protegidas com fases de sinais.	<p>b.1) Instalar sinais ativos de aproximação do VLT.</p> <p>b.2) Melhorar o controle (exemplo: controle fotográfico).</p>
<b>4 - APRECIÇÕES DOS CONTROLES DE TRÁFEGO</b>	
a) Violação dos sinais passivos de restrições de giros.	a) Instalar sinais ativos.
b) Violação dos sinais ativos de restrições de giros.	b) Melhorar a seu funcionamento.
c) Exibição confusa dos sinais de trânsito.	<p>c.1) Fornecer sinais indicadores do VLT e colocá-los em lugares separados.</p> <p>c.2) Finalizar programações de sinais conflitantes opticamente ou fora das indicações.</p>
d) Pobre delimitação das pistas.	d) Delimitar as pistas contrastando a cor e/ou textura ou pintura do pavimento.
<b>5 - VEÍCULOS A MOTOR NOS TRILHOS</b>	
	<p>a) Instalar sinais alertando PROIBIDO PARAR NOS TRILHOS.</p> <p>b) Pavimentar as faixas com textura ou pinturas diferentes.</p> <p>c) Pavimentar as faixas com elevações diferentes (por exemplo, 4 polegadas acima da via normal).</p>



6 - SEGURANÇA NOS CRUZAMENTOS (acidentes em ângulo reto)	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Aumentar todos os tempos de vermelho para o tráfego na rua transversal.</li> <li>b) Modificar ou limitar a preferência do VLT para possibilitar o cruzamento das ruas transversais.</li> <li>c) Instalar controle fotográfico de infrações.</li> </ul>
7 – DEFICIÊNCIA OU MÁ GEOMETRIA DAS INTERSEÇÕES	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Simplificar as geometrias das faixas da estrada.</li> <li>b) Usar sinais de trânsito ou outros controles ativos para restringir a circulação de veículos a motor, enquanto o VLT esteja cruzando.</li> </ul>

Fonte: Korve et al., (1996).

#### 4.3.1. Seleção das soluções de mitigação

A seleção e implementação de um único tratamento nas estações, passagens de pedestres e passagens de nível não resultam necessariamente na diminuição do risco de segurança ou que os usuários estejam mais alertas. Na maioria das vezes é preciso instalar vários sinais para criar um ambiente de comunicação para todos os usuários no local. Exemplo: além de dispositivos de controle de tráfego (sinais ou marcações) pode ser necessário fazer melhorias geométricas (ilha de refúgio para pedestres) (Fitzpatrick et al., 2015).

Considerando o grande número de possíveis tratamentos que poderiam ser implementados em cada situação é importante dispor de um método que sirva como guia aos profissionais para poder determinar quais tratamentos podem ser mais eficazes para certas condições, principalmente onde não foi implementado nenhum tratamento anteriormente.

No caso da seleção de dispositivos para passagens de pedestres através dos trilhos do VLT existem vários métodos ou manuais que podem ser utilizados para servir como guia na escolha dos tratamentos mais adequados. Por exemplo, o manual apresentado por FRA (2008), os quais são determinados pela condição do cruzamento em questão, tais como: experiência de acidentes no cruzamento se houver, pois envolvem pedestres, volumes de pedestres e os fluxos de pico, velocidades do trem, número de trens, e os padrões de tráfego ferroviário, distância de visibilidade que os pedestres têm ao se aproximar do local e o ângulo de inclinação da passagem em relação aos trilhos do VLT.

No manual de passagens para pedestres apresentado por UDOT (2013), são

descritas algumas ferramentas para ajudar as equipes de diagnóstico no processo de avaliação. O processo inclui uma lista de controle usada para avaliar os riscos de segurança presentes nas passagens, (ver anexos 8.1, 8.2, 8.3). Esta avaliação é dividida em informações gerais e os riscos potenciais de segurança. Além da lista é fornecido um fluxograma para ajudar aos especialistas na determinação dos tratamentos eficazes destinados a mitigar potenciais riscos identificados na lista de controle, (ver anexos 8.4 e 8.5). O primeiro fluxograma mostrado aborda questões relacionadas com a segurança de pedestres em passagens de nível em um ambiente urbano. Entretanto o segundo refere-se a um ambiente rural.

#### **4.3.2. Recomendações gerais para garantir a segurança**

Alguns autores recomendam de forma geral algumas indicações que podem ajudar a mitigar os riscos de segurança na operação dos sistemas de VLT. A seguir são relacionadas as propostas feitas por Korve et al., (1996) e (2001); Irwin, (2003); Novales et. al., (2014) e EMBARQ, (2015).

- Tentar manter os padrões de tráfego existentes a menos que uma mudança de desenho urbano requeira sua transformação.
- No caso onde o VLT opera no tráfego misto, localizar os trilhos no meio da rua de dois sentidos sempre que seja possível. Se o VLT é planejado para operar em uma rua de sentido único, o VLT deve operar no sentido paralelo do tráfego de veículos a motor, caso tenha sentido contrário todos os movimentos devem estar bem sinalizados para evitar confusões e acidentes.
- Se o VLT opera dentro dos direitos de via de uma rua, este deve ser separado dos outros veículos a motor por um elemento físico (barreiras, pilaretes, guias táteis sonoras ou meio-fio de altura mediana).
- Coordenar a fase dos sinais de trânsito para impedir que o tráfego das ruas transversais fique parado ocupando a faixa do VLT.
- Usar sinais ativos para controlar os giros autorizados sempre que estes conflitem com a operação do VLT.
- Fornecer faixas de conversão à esquerda sempre que seja possível, com o objetivo de isolar esses movimentos das faixas de tráfego direto. A fase de conversão à esquerda deve seguir a fase do VLT e não anteceder-la.
- Usar sinais ativos que exibam o símbolo do VLT para alertar aos motoristas sobre os perigos envolvidos na violação do Sinal de trânsito.

- Em vias muito largas, criar várias fases de travessias de pedestres, proporcionando áreas de refúgio entre a estrada e os trilhos do VLT.
- Canalizar o fluxo de pedestre para minimizar cruzamentos errantes ou aleatórios.
- Utilizar portões ou barreiras nos cruzamentos sem sinalização, para evitar que os pedestres atravessem apressadamente sem prestar atenção.
- Manter programas de educação pública que garantam a conscientização de risco de violar os sinais do VLT assim como estimular o cumprimento das regras de trânsito.
- Aplicar programas de fiscalização eletrônica.
- Identificar claramente (por meio da sinalização adequada) uma via segura para os pedestres atravessarem as faixas nas estações.
- A largura das plataformas deve ser suficiente para todos os usuários. Quando existe uma faixa de estrada atrás da plataforma, recomenda-se colocar uma barreira a fim de impedir que os usuários desçam da plataforma para a pista da via.
- Fazer tratamentos de texturização diferenciada no pavimento onde o VLT opera no tráfego misto.
- Transformar conversão à esquerda em outro tipo de movimento sempre que seja possível (alças).
- Deve-se ter uma atenção especial nas passagens de pedestres e estações para as pessoas com deficiência visual e/ou de mobilidade.
- Evitar o uso de obstáculos fixos localizados a distâncias não adequadas nas mediações dos cruzamentos rodovia/trilho do VLT.
- Maximizar o impacto visual do VLT, evitando paisagismo acima do permitido e no caso de uso de paredes de som para a atenuação do ruído, assegurar-se que a altura não viola os critérios da linha de visão.
- Levantar em consideração a zona por onde transita o VLT (zona de idoso, escolas, parques, etc.).
- Todas as passagens de pedestres em vias urbanas devem ser semaforizadas.
- Colocar pilaretes nas passagens exclusivas de pedestres no meio da via para evitar que sejam usadas pelos motoristas para fazer retorno.

- Usar um canteiro central e instalar uma ilha de refúgio para pedestres no meio da travessia. Isto permite que o pedestre cruze as faixas em várias fases, podendo reduzir os acidentes fatais em até 35%.
- Planejar interseções simples e estreitas, reduzindo o raio de conversão à direita e/ou usar extensões de meio-fio sobre as áreas de estacionamento.
- As interseções com proibição de conversão à esquerda têm melhores registros de segurança do que aquelas que permitem esse tipo de conversão.
- Usar semáforos individuais para pedestres além dos semáforos para o tráfego e usar semáforos de repetição do lado oposto da interseção.
- Garantir que todas as interseções recebam a iluminação suficiente para ter uma boa visibilidade na noite.
- Utilizar semáforos e sinais especiais que sejam facilmente diferenciáveis dos semáforos e sinais convencionais.
- Permitir a conversão à esquerda só em locais onde se espera um grande volume de tráfego com conversão à esquerda e este tráfego não pode ser acomodado nas vias adjacentes. Ou em locais onde as quadras são excessivamente longas, obrigando um desvio significativo para acessar a alça ou laço de retorno.
- O acesso às estações deve ser concebido unicamente a partir das passagens de pedestres.
- Utilizar gradis ao longo da divisão entre as faixas do VLT e as faixas rodoviárias para impedir a tentativa dos pedestres de atravessar as faixas para chegar e sair da estação.
- No caso de estações no nível da calçada, estas devem estar localizadas após a interseção e não antes, com o objetivo de diminuir os conflitos entre o VLT e os motoristas que convertem à direita.

#### **4.4. Análise de riscos de segurança**

Existem diferentes mecanismos de controle ou supervisão que permitem avaliar os riscos presentes em cada projeto, por exemplo, as auditorias de segurança rodoviária ou auditorias de segurança ferroviária. Estas práticas fornecem ferramentas que possibilitam detectar de forma geral as deficiências que possam existir. Isto permite por sua vez aplicar medidas para corrigir estes riscos. No caso dos sistemas que operam VLT é muito conveniente fazer uso destas

ferramentas devido ao alto grau de risco que representa para os usuários principalmente nos sistemas com forma de circulação semi-exclusiva ou tráfego misto.

Alguns autores como Cleghorn et. al., (2009) definem uma auditoria de segurança como a utilização de uma abordagem multidisciplinar para identificar riscos potenciais de acidentes através de um exame detalhado de todos os fatores relevantes e ambientais do projeto. Estas metodologias de análise de risco são baseadas em muitas das normas de auditoria de segurança rodoviária ou ferroviária existente e de forma geral incluem os seguintes passos: (1) selecionar a equipe de auditoria de segurança, (2) fornecer informações à equipe de auditoria de segurança, (3) realizar uma reunião de pré-auditoria para rever as informações do projeto, (4) avaliar/analisar informações a fundo, (5) executar inspeções nos locais em condições diversas, (6) preparar e apresentar um relatório de auditoria, (7) realizar uma reunião de conclusão da auditoria de segurança, (8) preparar uma resposta formal e (9) incorporar os resultados da auditoria de segurança para o projeto (se for o caso).

As equipes de avaliação devem ser multidisciplinares de forma que representem todos os organismos que compartilham a responsabilidade de segurança tais como: órgãos rodoviários e ferroviários, estaduais e municipais. A equipe deve estar formada por pessoas com experiência em operações de tráfego ferroviário-rodoviário, engenharia de tráfego ferroviário-rodoviário, sinalização de rodovias-ferrovias e sua interligação, segurança nos sistemas de VLT e administração (APTA, 2008).

APTA (2008), também recomenda uma lista de indicadores que devem ser considerados na realização da auditoria de segurança. Esta lista de indicadores não se destina a abranger todos os possíveis indicadores a serem abordados, uma vez que existe uma grande variedade de situações diferentes encontradas na prática, mas destina-se a servir como guia para ajudar a identificar as questões de segurança. A lista é apresentada a seguir.

1. Velocidade máxima dos veículos ferroviários.
2. Número de faixas da linha principal ou outras.
3. Número e tipos de veículos ferroviários diários durante os períodos de pico.

4. Existência de múltiplos trens que se aproximam a um cruzamento simultaneamente.
5. Tipos de dispositivos de alerta e controle de tráfegos existentes, se houver.
6. Distâncias de visibilidade dos motoristas.
7. Número de faixas de tráfego.
8. Condição da superfície da passagem de nível da rodovia/trilho.
9. Velocidade dos veículos a motor nas faixas.
10. Potencial de engarrafamento através dos trilhos.
11. Informação sobre acidentes/histórico.
12. Várias passagens de nível adjacentes ou paralelas em estreita proximidade.
13. Geradores de tráfego veicular e de pedestres.
14. Geometria horizontal e vertical da passagem de nível rodovia/trilho.
15. Impacto nas operações da estrada/rua adjacente.
16. Características de funcionamento do VLT (distâncias de parada).
17. Regras de funcionamento ferroviário.
18. Interligação de sinais com equipamentos de tráfego rodoviário, incluindo preferência e prioridade.
19. Visibilidade dos dispositivos de alarme.
20. Operações de comutação na área, podendo prejudicar a passagem de nível.

#### **4.5. Registro de acidente**

O uso de tratamentos tanto ativos quanto passivos permite transmitir informação aos usuários com o objetivo de avisar-lhes ou preveni-los de riscos na sua segurança. Na atualidade uma das questões na qual os especialistas encontram maior dificuldade é como saber em curto prazo se o tratamento esta sendo efetivo e em que medida. Até agora uma das formas é aguardar no decorrer do tempo e fazer uma análise do histórico registrado. Por isso alguns autores como Novales et al., (2015), argumentam a importância de estabelecer um formulário de relatório que seja comum para todas as agências que operam sistemas de VLT a fim de obter uma uniformidade nos registros e portanto, realizar uma melhor avaliação dos tratamentos utilizados. Estes autores também propõem tomar como exemplo os modelos desenvolvidos na França ou nos Estados Unidos.

Segundo Novales et al., (2015), estes formulários devem incluir indicadores globais, geográficos, sociais e econômicos assim como os tipos de acidentes

(colisão com outros veículos a motor, colisão com pedestres, ciclistas). Além disso, o método de registro utilizado deve ser detalhado o suficiente, a fim de relevar o maior número de informações sobre o ambiente do cenário de acidente.

Esta informação poderia servir para obter conclusões sobre desenhos, tipos de entrada, cruzamentos, tratamentos etc., que são mais propensas a acidentes ou mais eficaz para evitá-los.

## 5. Proposta de melhorias a considerar

Tendo como base os dossiês técnicos apresentados pela Concessionária VLT Carioca S.A. referentes ao estudo de cruzamentos ferroviários do trecho L100 neste capítulo são apresentadas algumas propostas e indicações de melhorias a serem consideradas nos projetos e implementações destes cruzamentos.

Existem algumas recomendações gerais que devem ser consideradas na implementação destes cruzamentos tais como: em todos os cruzamentos deve ser ressaltada a presença do VLT mediante sinais verticais e sinais horizontais como marcações no chão e texturização para aumentar a conscientização de risco; a fase veicular de permissão de conversão à esquerda deve ser indicada imediatamente após da fase do VLT; evitar vários direitos de preferência do VLT no mesmo ciclo; analisar em cada interseção a presença de obstáculos fixos e aplicar o recomendado no guia de implantação de obstáculos fixos descrito por STRMTG (2012); as plataformas devem ser segregadas, exceto no caso, onde a rua tenha uma única faixa, isso permite utilizar a área da plataforma para ultrapassar algum obstáculo na via. A seguir listam-se os dossiês técnicos analisados:

1. VLT1-2.1-D400-SEB-L100-ESP-0002-A0
2. VLT1-2.1-D400-SEB-L100-ESP-0003-A0
3. VLT1-2.1-D400-SEB-L100-ESP-0004-A0
4. VLT1-2.1-D400-SEB-L100-ESP-0005-A0
5. VLT1-2.1-D400-SEB-L100-ESP-0006-A0
6. VLT1-2.1-D400-SEB-L100-ESP-0007-A0
7. VLT1-2.1-D400-SEB-L100-ESP-0008-A0
8. VLT1-2.1-D400-SEB-L100-ESP-0009-A0
9. VLT1-2.1-D400-SEB-L100-ESP-0010-A0
10. VLT1-2.1-D400-SEB-L100-ESP-0034-A0
11. VLT1-2.1-D400-SEB-L100-ESP-0035-A0
12. VLT1-2.1-D400-SEB-L100-ESP-0037-A0
13. VLT1-2.1-D400-SEB-L100-ESP-0038-A0
14. VLT1-2.1-D400-SEB-L100-ESP-0039-A0
15. VLT1-2.1-D400-SEB-L100-ESP-0040-A0



Através da análise detalhada de cada dossiê foi possível fazer algumas recomendações para melhorar a segurança, que não estão explícitas no Dossiê técnico. Estas propostas são relativas a todos os cruzamentos e apresentadas a seguir:

#### 1- VLT1-2.1-D400-SEB-L100-ESP-0002-A0

Cruzamento 02 no trecho L100 - subtrecho L110, cruzamento entre as ruas: Rua General Luís Mendes de Moraes x Saída do terminal Rodoviário. Este cruzamento possui movimentos para VLT, Veículos a motor e pedestres.

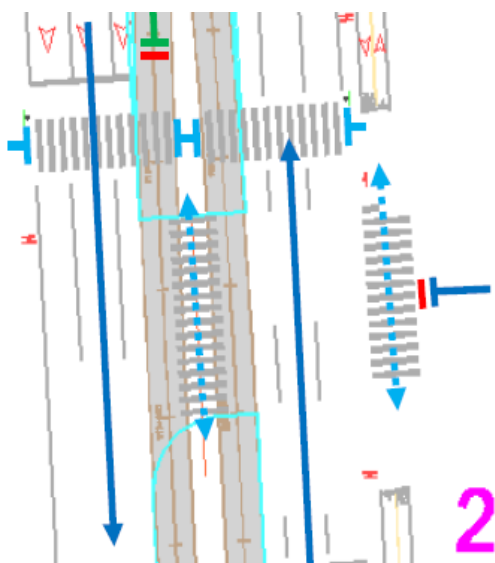


Figura 5-1 Cruzamento 02 do trecho L100. Fonte: Dossiê técnico VLT1-2.1-D400-SEB-L100-ESP-0002-A0.

Recomenda-se evitar a circulação de pedestres entre os trilhos do VLT. Caso não seja possível evitá-lo, a travessia deve ser canalizada e deve-se considerar a utilização de portões automáticos para pedestres.

Uma recomendação de canalização para esta travessia entre os trilhos é apresentada na Figura 5.2 esta travessia escalonada permite aos pedestres situar-se de frente para a direção de aproximação do VLT.

Devem ser colocados sinais passivos de advertência de circulação de um segundo VLT como mostrado na figura 5.3.



Figura 5-2 Travessia escalonada. Fonte EMBARQ, (2015).



Figura 5-3 Sinal indicando ao usuário olhar para ambos os lados. Fonte Fitzpatrick et al., (2015).

## 2- VLT1-2.1-D400-SEB-L100-ESP-0003-A0

Cruzamento 03 no trecho L100 - subtrecho L110 e L120, cruzamento entre as ruas: Rua General Luís Mendes de Moraes x Rua Cordeiro da Graça. Este cruzamento possui movimentos para VLT, Veículos a motor e pedestres.

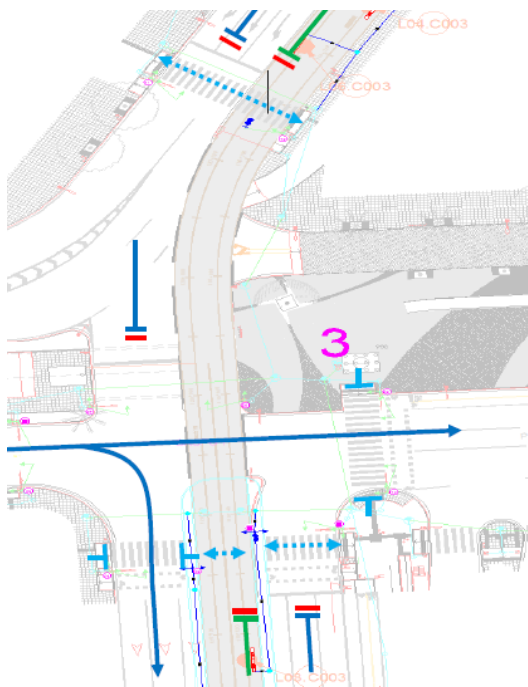


Figura 5-4 Cruzamento 03 do trecho L100. Fonte: Dossiê técnico VLT1-2.1-D400-SEB-L100-ESP-0003-A0.

Na passagem de pedestres que cruza a Rua General Luís Mendes de Moraes em duas fases, recomenda-se evitar a permanência de pedestres sobre os trilhos do VLT. Para isso propõe-se a implementação de ilhas de refúgios para os pedestres, com altura acima da faixa rodoviária, com largura suficiente para o número de pedestres previsto em cada fase. Recomenda-se instalar pilaretes para evitar que a

passagem seja utilizada por motoristas para mudar seu percurso.

Na passagem mostrada na parte superior da figura 5.4 se recomenda utilizar sinais sonoros ou portão automático para pedestres devido à restrição de visibilidades de aproximação do VLT que podem sofrer os pedestres devido à travessia no sentido Leste-Oeste.

Devem ser colocados sinais passivos de advertência de circulação de um segundo VLT como mostrado na figura 5.3

Ressaltar a proibição de conversão à esquerda nesta área onde esta manobra era permitida antes da instalação do VLT.

Na entrada e saída do Hospital deve ser considerada a instalação de sinais ativos.

### 3- VLT1-2.1-D400-SEB-L100-ESP-0004-A0

Cruzamento 04 no trecho L100 - subtrecho L130, cruzamento entre as ruas: Rua Equador x Rua Cordeiro da Graça. Este cruzamento possui movimentos para VLT, Veículos a motor e pedestres.

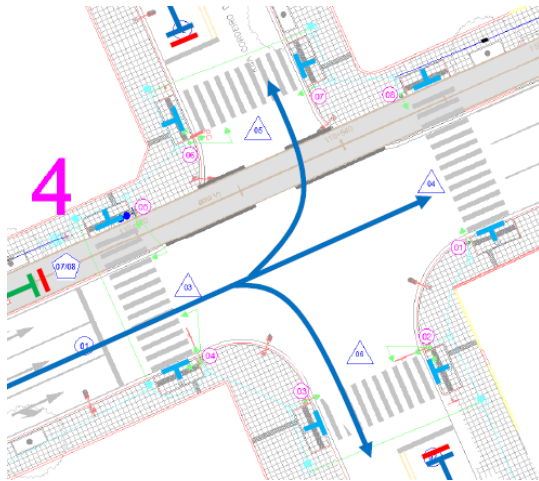


Figura 5-5 Cruzamento 04 do trecho L100. Fonte: Dossiê técnico VLT1-2.1-D400-SEB-L100-ESP-0004-A0.

Na entrada e saída do posto de Gasolina Mega Equador se recomenda aplicar-lhe os mesmos procedimentos válidos para as conversões à esquerda, ou seja, instalação de sinais ativos.

No cruzamento o tempo para conversão à esquerda no sentido Rua Cordeiro da Graça deve estar em correspondência com o tempo de verde na Rua Cordeiro da Graça no cruzamento 39. Esta medida impede que os motoristas que convertem

à esquerda fiquem sobre os trilhos do VLT devido a seu direito de passagem e ao eventual congestionamento na Rua Cordeiro da Graça.

Nas entradas de garagens podem ser utilizados sinais passivos em combinação com sinais de luz piscando.

#### 4- VLT1-2.1-D400-SEB-L100-ESP-0005-A0

Cruzamento 05 no trecho L100 - subtrecho L130, cruzamento na Rua Equador. Este cruzamento possui movimentos para VLT, Veículos a motor e pedestres.

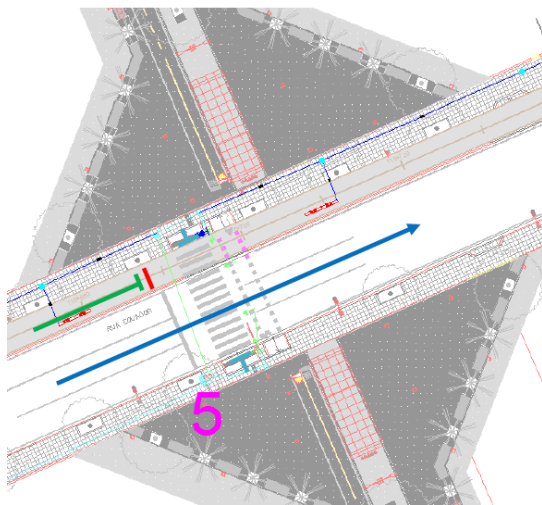


Figura 5-6 Cruzamento 05 do trecho L100. Fonte: Dossiê técnico VLT1-2.1-D400-SEB-L100-ESP-0005-A0.

Nas entradas de garagens podem ser utilizados sinais passivos em combinação com sinais de luz piscando.

#### 5- VLT1-2.1-D400-SEB-L100-ESP-0006-A0

Cruzamento 06 no trecho L100 - subtrecho L130, cruzamento entre as ruas: Rua Equador x Av. Professor Pereira Reis. Este cruzamento possui movimentos para VLT, Veículos a motor e pedestres.

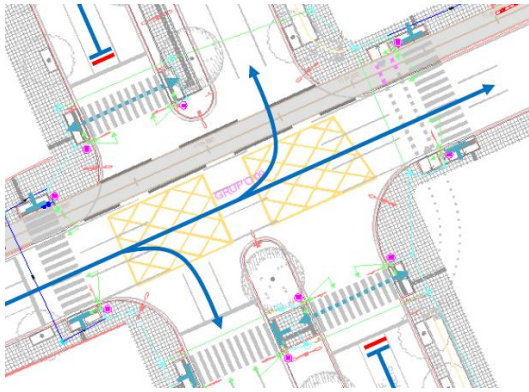


Figura 5-7 Cruzamento 06 do trecho L100. Fonte: Dossiê técnico VLT1-2.1-D400-SEB-L100-ESP-0006-A0.

Recomenda-se transformar a conversão à esquerda em outro tipo de movimento, como mostrado na figura 5.8 onde evita-se a conversão à esquerda nos trilhos do VLT, criando outra conversão à esquerda, com o tráfego normal.

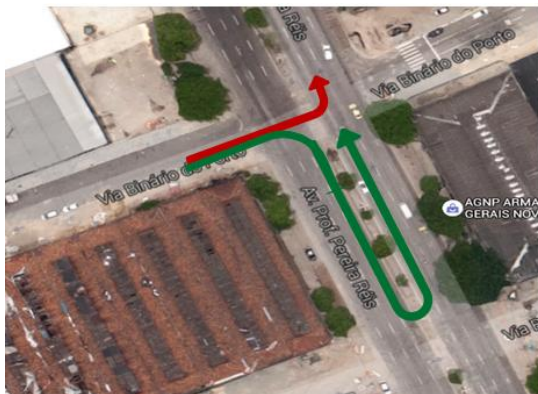


Figura 5-8 Transformação de uma conversão à esquerda em outro tipo de movimento. Fonte: imagem tomada do Google Maps.

Na área marcada com um quadrado em vermelho na Figura 5.4 deve ser ressaltada a presença do VLT mediante sinais passivos reflexivos, devido à falta de visibilidade dos motoristas na movimentação na direção sul e para advertir do risco ao violar os sinais em vermelho.

Na Figura 5.9 na área circulada em vermelho recomenda-se estudar a necessidade de colocar um cruzamento para pedestres. Caso contrário, recomenda-se colocar barreira no canteiro central para evitar que os pedestres que utilizam o cruzamento (A em Vermelho) tentem cruzar no lugar não indicado.

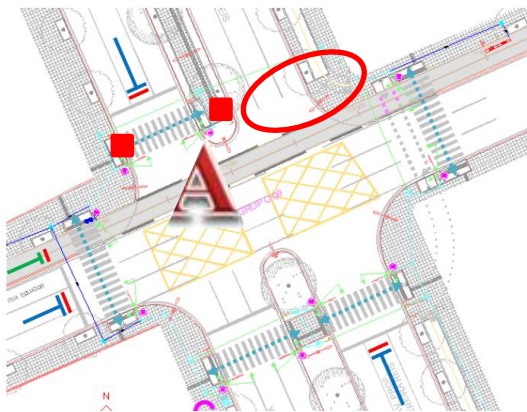


Figura 5-9 Presença do VLT e possível passagem de pedestres. Fonte: Dossiê Técnico VLT1-2.1-D400-SEB-L100-ESP-0006-A0 figura 5- Fase pedestre (Fase 2).

#### 6- VLT1-2.1-D400-SEB-L100-ESP-0007-A0

Cruzamento 07 e cruzamento 36 no trecho L100 - subtrecho L150, cruzamento entre as ruas: Rua da União x Rua Santo Cristo. Estes cruzamentos possuem movimentos para VLT, Veículos a motor e pedestres. Devido à proximidade de ambos os cruzamentos foi feito um único dossiê com o detalhamento de todos os movimentos.

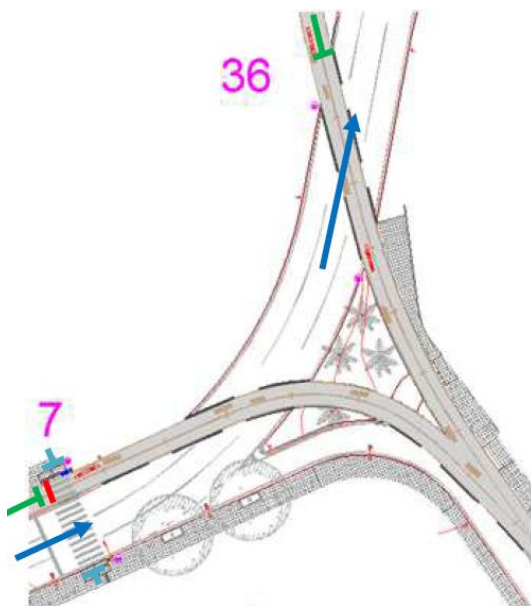


Figura 5-10 Cruzamentos 07 e 36 do trecho L100. Fonte: Dossiê técnico VLT1-2.1-D400-SEB-L100-ESP-0007-A0.

Na área circulada em vermelho na Figura 5.11 deve ser estudada a possibilidade de colocar outra passagem de pedestres para aqueles que tentam cruzar no sentido Leste-Oeste. Estes pedestres tem pouca visibilidade dos VLT que se aproximam.



Recomenda-se que a fase para os demais veículos seja autorizada imediatamente após a fase VLT e não antes.

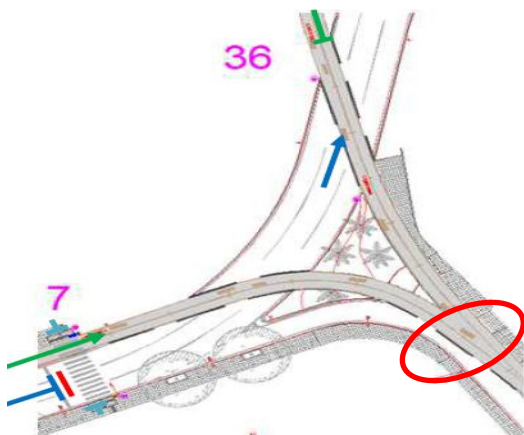


Figura 5-11 Possível passagem de pedestres. Fonte: Dossiê Técnico VLT1-2.1-D400-SEB-L100-ESP-0007-A0 figura 8– Movimento do VLT (Fase VLT 1).

#### 7- VLT1-2.1-D400-SEB-L100-ESP-0008-A0

Cruzamento 08 no trecho L100 - subtrecho L150, cruzamento entre as ruas: Santo Cristo x Cidade de Lima. Este cruzamento possui movimentos para VLT, Veículos a motor e pedestres.

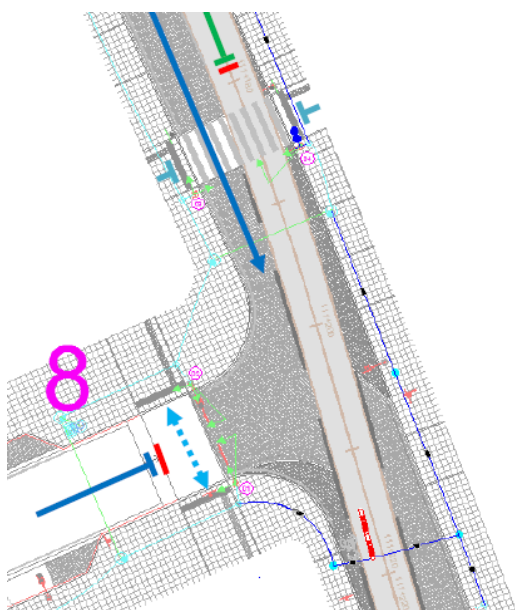


Figura 5-12 Cruzamento 08 do trecho L100. Fonte: Dossiê técnico VLT1-2.1-D400-SEB-L100-ESP-0008-A0.

Não está detalhado o tratamento para a saída ou entrada de veículos na Rua Santo Cristo x Comendador Évora.

Recomenda-se que a fase veicular seja autorizada imediatamente após a fase VLT e não antes.

A faixa para veículos a motor deve estar bem diferenciada da faixa onde passam os trilhos do VLT com o objetivo de que o motorista saiba diferenciar e evite ficar sobre os trilhos do VLT.

O tempo de verde para os veículos na Av. Cidade Lima deve ser suficiente para que os motoristas não fiquem sobre os trilhos do VLT.

#### 8- VLT1-2.1-D400-SEB-L100-ESP-0009-A0

Cruzamento 09 no trecho L100 - subtrecho L150, L160 e L180, cruzamento entre as ruas: Rua União x Santo Cristo. Este cruzamento possui movimentos para VLT, Veículos a motor e pedestres.

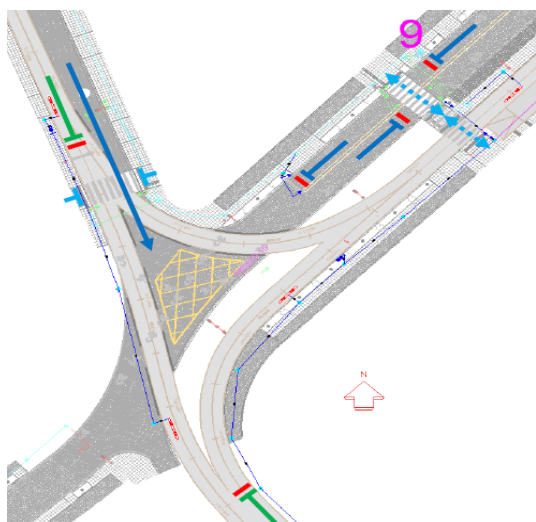


Figura 5-13 Cruzamento 09 do trecho L100. Fonte: Dossiê técnico VLT1-2.1-D400-SEB-L100-ESP-0009-A0.

O refúgio para pedestre localizado entre a faixa veicular e os trilhos do VLT, marcado em vermelho e mostrado na figura 5.14 deve ser canalizado para desestimular os pedestres que cruzam apressadamente e tem escassa visibilidade da aproximação do VLT que converge à esquerda desde a Rua Santo Cristo.

Ressaltar a proibição de conversão à esquerda para os veículos na Rua Santo Cristo.





Figura 5-14 Refúgio para pedestres a ser canalizado. Fonte: Dossiê técnico VLT1-2.1-D400-SEB-L100-ESP-0009-A0 figura 6 – Movimento do VLT (Fase VLT 1).

#### 9- VLT1-2.1-D400-SEB-L100-ESP-0010-A0

Cruzamento 10 no trecho L100 - subtrecho L160, cruzamento entre as ruas: Rua da Gamboa x Rua União. Este cruzamento possui movimentos para VLT, Veículos a motor e pedestres.

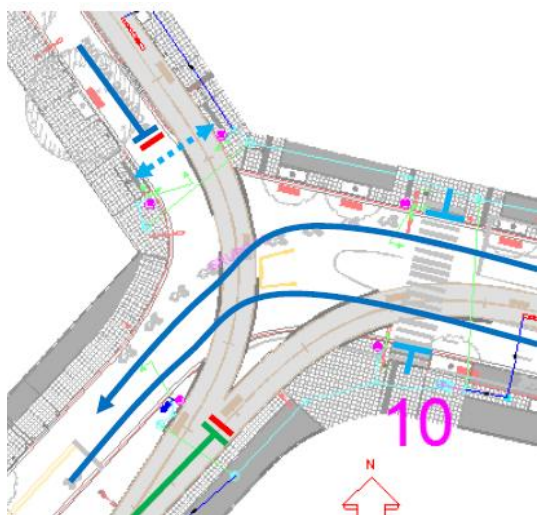


Figura 5-15 Cruzamento 10 do trecho L100. Fonte: Dossiê técnico VLT1-2.1-D400-SEB-L100-ESP-0010-A0.

Não estão detalhados os tratamentos para a saída ou entrada de veículos na Rua União x Comendador Leonardo.

Recomenda-se estudar a possibilidade de colocar um cruzamento para pedestres na Rua União na área marcada em vermelho na Figura 5.16.

O tempo do sinal verde para os veículos na Rua União deve ser suficiente para que os veículos limpem as faixas e não fiquem sobre os trilhos devido a um eventual congestionamento na Rua da Gamboa.

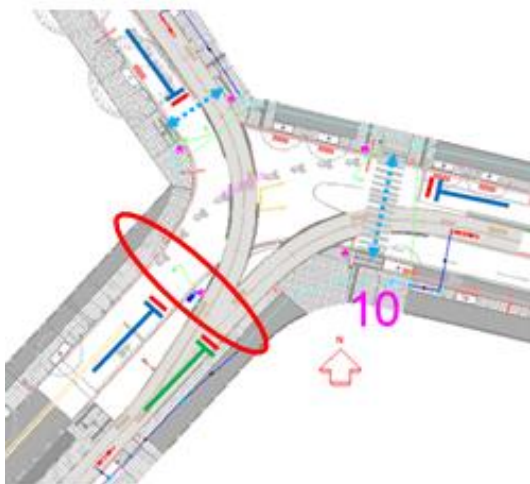


Figura 5-16 Área para possível cruzamento de pedestres. Fonte: Dossiê técnico VLT1-2.1-D400-SEB-L100-ESP-0010-A0 figura 5 - Fase pedestres (Fase 2).

#### 10- VLT1-2.1-D400-SEB-L100-ESP-0034-A0

Cruzamento 34 no trecho L100 - subtrecho L170, cruzamento entre as ruas: Rua da Gamboa x Via Binário do Porto. Este cruzamento possui movimentos para VLT, Veículos a motor e pedestres.

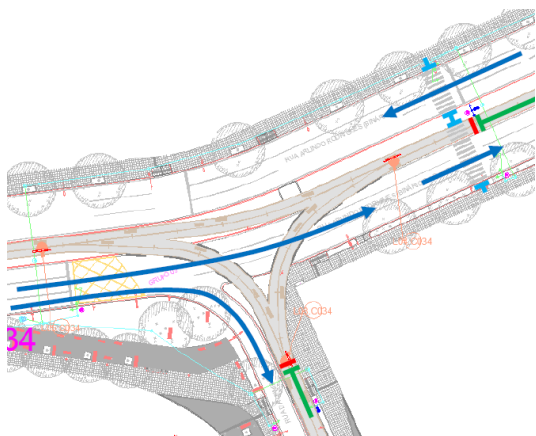


Figura 5-17 Cruzamento 34 do trecho L100. Fonte: Dossiê técnico VLT1-2.1-D400-SEB-L100-ESP-0034-A0.

Na travessia de pedestres se deve colocar sinais que ressaltem a circulação do VLT nos dois sentidos, assim como evitar a permanência de veículos a motor sobre os trilhos do VLT.

#### 11- VLT1-2.1-D400-SEB-L100-ESP-0035-A0

Cruzamento 35 no trecho L100 - subtrecho L170, cruzamento entre as ruas: Rua da Gamboa x Via Binário do Porto. Este cruzamento possui movimentos para VLT, Veículos a motor e pedestres.

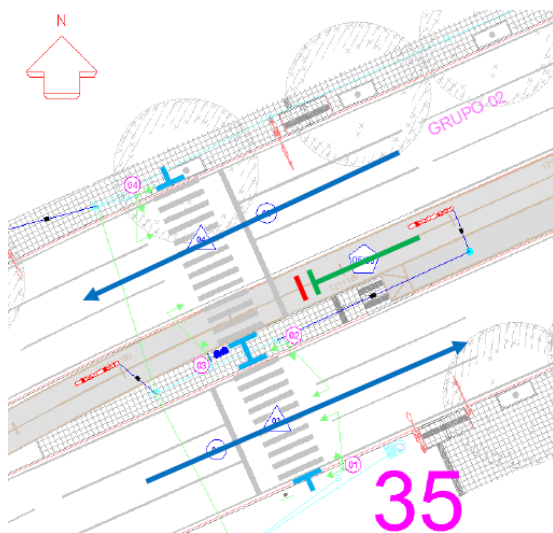


Figura 5-18 Cruzamento 35 do trecho L100. Fonte: Dossiê técnico VLT1-2.1-D400-SEB-L100-ESP-0035-A0.

Enfatizar a presença do VLT para aumentar a conscientização de risco nos pedestres.

#### 12- VLT1-2.1-D400-SEB-L100-ESP-0037-A0

Cruzamento 37 no trecho L100 - subtrecho L140, cruzamento entre as ruas: Rua da Gamboa x Av. Professor Pereira Reis. Este cruzamento possui movimentos para VLT, Veículos a motor e pedestres.

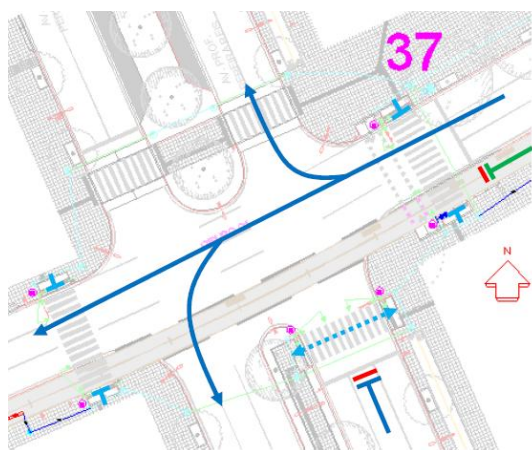


Figura 5-19 Cruzamento 37 do trecho L100. Fonte: Dossiê técnico VLT1-2.1-D400-SEB-L100-ESP-0037-A0.

Recomenda-se colocar sinais que ressaltem a presença do VLT para que os veículos que fazem conversão à esquerda desde a Rua Gamboa para a Av. Professor Pereira Reis estejam cientes do risco de violação do sinal vermelho.

Na passagem de pedestre localizada na Av. Professor Pereira Reis, deve ser instalada barreiras na parte do canteiro central para desestimular os pedestres de continuar o cruzamento da avenida onde não está permitido ou estudar a possibilidade de colocar uma passagem de pedestre na outra metade da avenida.

#### 13- VLT1-2.1-D400-SEB-L100-ESP-0038-A0

Cruzamento 38 no trecho L100 - subtrecho L140, cruzamento entre as ruas: Rua da Gamboa x Via Binário do Porto. Este cruzamento possui movimentos para VLT, Veículos a motor e pedestres.

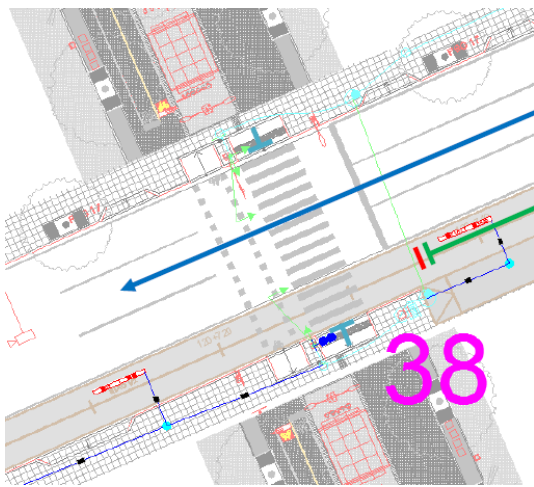


Figura 5-20 Cruzamento 38 do trecho L100. Fonte: Dossiê técnico VLT1-2.1-D400-SEB-L100-ESP-0038-A0.

Nas entradas de garagens podem ser utilizados sinais passivos em combinação com sinais de luz piscando.

#### 14- VLT1-2.1-D400-SEB-L100-ESP-0039-A0

Cruzamento 39 no trecho L100 - subtrecho L140, cruzamento entre as ruas: Rua da Gamboa x Rua Cordeiro da Graça. Este cruzamento possui movimentos para VLT, Veículos a motor e pedestres.

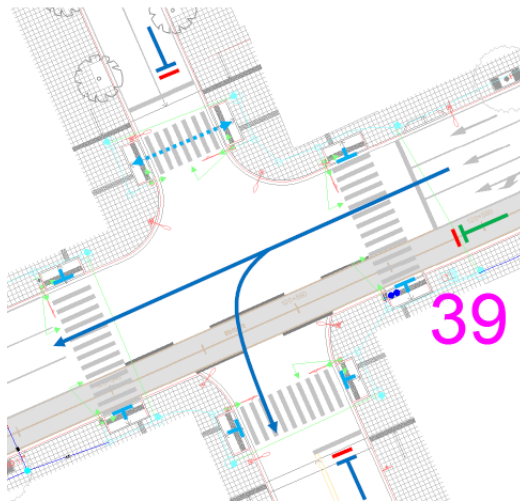


Figura 5-21 Cruzamento 39 do trecho L100. Fonte: Dossiê técnico VLT1-2.1-D400-SEB-L100-ESP-0039-A0.

Na Rua Cordeiro da Graça devem ser colocados sinais que ressaltem a presença do VLT para que os veículos que fazem conversão à esquerda estejam cientes do risco de violação do sinal vermelho.

#### 15- VLT1-2.1-D400-SEB-L100-ESP-0040-A0

Cruzamento 40 no trecho L100 - subtrecho L120, cruzamento na Rua da Gamboa. Este cruzamento possui movimentos para VLT, Veículos a motor e pedestres.

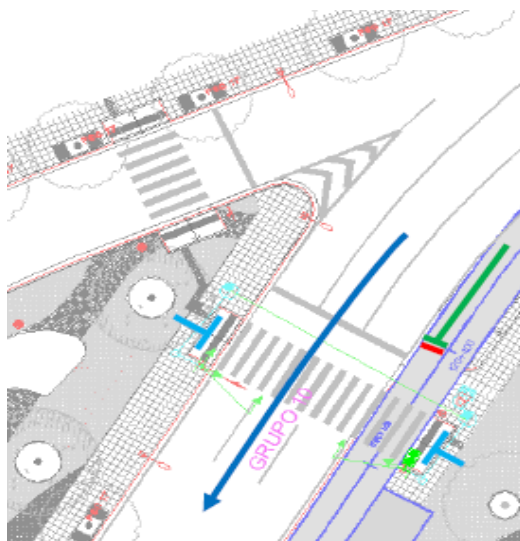


Figura 5-22 Cruzamento 40 do trecho L100. Fonte: Dossiê técnico VLT1-2.1-D400-SEB-L100-ESP-0040-A0.

Nas entradas de garagens podem ser utilizados sinais passivos em combinação com sinais de luz piscando.

## 6. Conclusões e recomendações

A implementação e operação do sistema de Veículos Leves sobre Trilhos (VLT) no Rio de Janeiro pode servir de guia para outros projetos que abrangem a instalação de sistemas de VLT em outras cidades do país. Seu ótimo funcionamento, desenho renovador, excelente conforto e altos graus de segurança tanto para passageiros como para os usuários da via podem ser o maior fator de atração para que os usuários de veículos particulares decidam usar o transporte público.

Nesta dissertação foram descritas as possíveis causas que atentam contra a segurança na operação de sistemas de VLT e foram descritas as possíveis medidas ou tratamentos que possibilitam sua mitigação, tudo isto a partir das experiências internacionais descritas na literatura. Também foram propostas algumas ações de melhoria na instalação dos cruzamentos no trecho L100 do sistema VLT de Rio de Janeiro, o qual se encontra na fase de implementação. Estas propostas tiveram como base os dossiês técnicos apresentados pela concessionária.

Os principais problemas de segurança encontrados na literatura correspondem à realização de estudos práticos que abrangem diferentes agências que operam sistemas de VLT em diferentes países. Para muitos problemas, foram descritas as possíveis soluções que permitem mitigações. As maiorias dos estudos foram feitos nos Estados Unidos, Espanha, França e na Austrália. Esta análise que abarca principalmente questões práticas permitiu levantar os principais problemas de segurança que enfrentam estes sistemas na sua operação. Um exemplo típico são os motoristas que fazem conversões à esquerda na frente do VLT e são atingidos por este.

O relacionamento dos problemas de segurança e suas possíveis mitigações servem de guia na criação e instalação de novos sistemas de VLT, além de contribuir no processo de implementação do VLT no Rio de Janeiro. Embora estes problemas tenham sido detectados em outros países com culturas diferentes à brasileira e alguns deles foram citados pela primeira vez há 20 anos, estes problemas ainda podem estar presentes nas etapas de criação e operação dos sistemas de VLT.

A forma de mitigação dos problemas encontrados deve ser estudada com precaução e em alguns casos pode requerer um estudo de engenharia como no caso de interseções com geometrias complexas. A utilização de um único tratamento geralmente não contribui para os resultados de segurança desejados. Por isso, é de grande importância combinar os diferentes tratamentos tanto passivos quanto ativos sempre que seja possível.

A combinação de tratamentos passivos e ativos pode atribuir melhores resultados de mitigação se forem combinados com campanhas educacionais que envolvam a população em geral, como a campanha educacional Rino, lançada na Austrália no ano 2011.

Os trechos onde a circulação do VLT ocorre nos dois sentidos devem ter a sinalização suficiente para que os usuários estejam cientes do aumento de risco principalmente nas áreas próximas a centros recreativos e de grandes eventos.

Recomenda-se como continuidade deste trabalho:

1. Fazer uma análise detalhada dos riscos de segurança nas estações e seus arredores tendo como base os projetos referentes às estações, apresentados pela concessionária.
2. Realizar uma análise de riscos de segurança nos quatro sistemas de BRT instalados no Rio de Janeiro, com o objetivo de determinar os principais problemas apresentados por estes e identificar as melhores práticas para sua mitigação.
3. Realizar uma análise de cada interseção dos trilhos do VLT / faixa veicular referente à instalação de obstáculos fixos e aplicar o recomendado pelo guia técnico apresentado por STRMTG, (2012).
4. Desenvolver um software para ajudar na escolha de tratamentos. Tendo uma lista abrangente de possíveis problemas de segurança, tendo uma lista abrangente dos tratamentos e formas de mitigação e tendo uma lista das características de cada interseção é possível que o processo na fase final devolva os tratamentos mais recomendados para cada caso. Os resultados obtidos devem ser supervisionados por um especialista.

## 7. Referências bibliográficas

ALOUCHE, P. L. VLT: um transporte moderno, sustentável e urbanisticamente correto para as cidades brasileiras. *Revista dos Transportes Públicos*, 2008, n. 118, p. 35-44.

AMERICAN PUBLIC TRANSPORTATION ASSOCIATION. 3. Recommended Practice for Rail Transit System Highway Rail Grade Crossing Safety Assessment.” Volume 3. Rail Grade Crossings Rev 3, APTA RTRGC-RP-003-03, Washington D.C. APTA, 2008. Disponível em <http://www.apta.com/resources/standards/Documents/APTA-RT-RGC-RP-003-03.pdf>. Acessado em Janeiro de 2015.

BATOS, J. T. Segurança viária nos corredores de BRT do Rio de Janeiro. Associação Nacional de Transportes Públicos. ANTP. 2015. Disponível em [http://www.antp.org.br/\\_5dotSystem/download/dcmDocument/2015/06/17/79893C22-2FE1-4F3C-8BCE-8D2648CD9C5E.pdf](http://www.antp.org.br/_5dotSystem/download/dcmDocument/2015/06/17/79893C22-2FE1-4F3C-8BCE-8D2648CD9C5E.pdf). Acessado em Janeiro 2016.

CCR. Estudo Preliminar e Provisório de Implementação do Veículo Leve sobre Trilhos na Região Portuária e Centro do Rio de Janeiro, 2013. Disponível em [http://www.portomaravilha.com.br/conteudo/estudos/estudo\\_tecnico\\_preliminar\\_vlt\\_ccr.pdf](http://www.portomaravilha.com.br/conteudo/estudos/estudo_tecnico_preliminar_vlt_ccr.pdf). Acessado em Setembro 2015.

CLEGHORN, D. et al. Improving Pedestrian and Motorist Safety along Light Rail Alignments. Washington, D.C. TCRP Report 137. Transportation Research Board. Journal of the Transportation Research Board, 2009.

COIFMAN, B.; BERTINI, R. L. Median Light Rail Crossing: Accident Causation And Countermeasures. California Partners for Advanced Transit and Highways (PATH), 1997.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO URBANO DA REGIÃO DO PORTO. VLT. CDURP, 2015. Disponível em <http://portomaravilha.com.br/veiculolevesobretrilho>. Acessado em Janeiro 2016.

COOPER, H. Research synthesis and meta-analysis: A step-by-step approach. Vol 2. Sage Publications, 2009.

CURRIE, G.; REYNOLDS, J. Vehicle and pedestrian safety at light rail stops in mixed traffic. Transportation Research Record. Journal of the Transportation Research Board, 2010. p26-34.

CURRIE, G.; TIVENDALE, K.; SCOTT, R. Analysis and mitigation of safety issues at curbside tram stops. Journal of the Transportation Research Board, 2011. p20-29

EMBARQ. Segurança viária em sistemas prioritários para ônibus, 2015. Disponível em <http://wricidades.org/nosso-trabalho/publicacoes>. Acessado em Janeiro de 2015.

FARRÁN, J. Pedestrian and motor vehicle traffic control practices for light rail transit: Innovations in new light rail transit system, Barcelona, Spain. Transportation Research Record. Journal of the Transportation Research Board, 2006. p56-61.



FEDERAL RAIL ROAD ADMINISTRATION. Compilation of Pedestrian Safety Devices in Use at Grade Crossings. FRA, (2008). Disponível em <http://www.healthyweld2020.com/assets/7929CA6bd9aCc3Ddc0b6.pdf>. Acessado em Dezembro de 2015.

FEDERAL TRANSIT ADMINISTRATION. Rail Transit Safety Action Plan FTA, 2006. Disponível em <http://www.fta.dot.gov/documents/sap.pdf>. Acessado em Dezembro de 2015.

FEDERAL TRANSIT ADMINISTRATION. Rail Safety Statistics Report. Washington, D.C. FTA, 2009. Disponível em [http://www.fta.dot.gov/documents/Rail\\_Safety\\_Statistics\\_Report\\_2009-FINAL.pdf](http://www.fta.dot.gov/documents/Rail_Safety_Statistics_Report_2009-FINAL.pdf). Acessado em Dezembro de 2015.

FITZPATRICK, KAY, et al. Guidebook on Pedestrian Crossings of Public Transit Rail Services. Transportation Research Board. Journal of the Transportation Research Board, 2015.

FITZPATRICK, KAY, et al. (2014). Treatments Used at Pedestrian Crossings of Public Transit Rail Services. Transportation Research Board. Journal of the Transportation Research Board. Project A-38, 2014.

HATFIELD, J.; S. MURPHY. The Effect of Mobile Phone Use on Pedestrian Crossing Behavior at Signalized and Unsignalized Intersections. Accident Analysis and Prevention, Vol. 39, 2007. p197-205.

IRWIN, D. Safety Criteria for Light Rail Pedestrian Crossings. 9th national light rail transit conference, American Public Transportation Research Board. Washington, DC, 2003. p 266-288.

JACOBS, L. Traffic Engineering Innovations for the Sugar House Streetcar Project. Sustaining the Metropolis, 12th National Light Rail Conference: Transportation Research Board, 2012. p 320.

KORVE ENGINEERING, INC. Audible Signals for Pedestrian Safety in LRT Environments. TCRP Research Results Digest 84. Transportation Research Board, Washington, D.C., 2007.

KORVE, H. W. et al. Integration of Light Rail Transit into City Streets. TCRP Report 17: Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1996.

KORVE, H. W. et al. Light Rail Service: Pedestrian and Vehicular Safety. TCRP Report 69. Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 2001.

MÁRCIO TAVARES THOMÉ, A.; LUIS HOLLMANN, R.; SCAVARDA DO CARMO, L. F. R. R. Research synthesis in collaborative planning forecast and replenishment. Industrial Management & Data Systems, v. 114, n. 6, 2014. p. 949-965.

MESHKATI, N. et al. A Study of the Exposition Light-Rail's Safety for Pedestrians and Drivers. METRANS Transportation Center, Project 05, Vol13, 2007.

METROLINK. SCRRRA Highway-Rail Grade Crossings: Recommended Design Practices and Standards Manual. Los Angeles, California, 2009. Disponível em

[http://www.metrolinktrains.com/pdfs/EngineeringConstruction/Grade\\_Cross\\_Standard\\_Guidelines\\_Manual\\_Jun29\\_09.pdf](http://www.metrolinktrains.com/pdfs/EngineeringConstruction/Grade_Cross_Standard_Guidelines_Manual_Jun29_09.pdf). Acessado em Novembro de 2015.

NABORS, DAN, et al. Pedestrian Safety Guide for Transit Agencies. No. FHWA-SA-07-017. Washington, D.C. Transportation Research Board. Journal of the Transportation Research Board, 2008.

NOVALES, M. et al. Spanish LRT safety data collection and analysis. Transportation Research Board. Journal of the Transportation Research Board. 94th Annual Meeting. (No. 15-0898), 2015.

NOVALES, M.; TEIXEIRA, M.; FONTAINE, L. LRT Urban Insertion and Safety: European Experiences. Transportation Research Board. Journal of the Transportation Research Board. 93rd Annual Meeting (No. 14-2540), 2014.

PECHEUX, K. K.; SAPORTA, H. Light Rail Vehicle Collisions with Vehicles at Signalized Intersections. Transportation Research Board. Journal of the Transportation Research Board. Vol. 79., 2009.

RAHIMI, M.; MESHKATI, M. Human factors in highway-rail crossing accidents: the influence of driver decision style. Driving Assessment 2001, Snowmass, Colorado, August 12-16, 2001.

SERVICE TECHNIQUE DES REMONTÉES MÉCANIQUES ET DES TRANSPORTS GUIDÉS. Guide d'implantation des obstacles fixes à proximité des intersections tramways/voies routières. STRMTG, 2012. Disponível em [http://www.strmtg.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/GT3-DTW-Obstacles\\_Fixes\\_V2b.pdf](http://www.strmtg.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/GT3-DTW-Obstacles_Fixes_V2b.pdf). Acessado em Julho de 2015.

TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. Highway Capacity Manual. Transportation Research Board, Washington, D.C. TRB, 2010. Disponível em <http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/trnews/trnews273HCM2010.pdf>. Acessado em Agosto de 2015.

UTAH DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. UDOT Pedestrian Grade Crossing Manual. Salt Lake City, Utah.UDOT, 2013. Disponível em [www.udot.utah.gov/main/uconowner.gf?n=12635319754536158](http://www.udot.utah.gov/main/uconowner.gf?n=12635319754536158). Acessado em Setembro de 2015.

VARDON, B. Road user interaction with new or extended LRT lines. Australian Institute of Traffic Planning and Management (AITPM) National Conference, Adelaide, South Australia, Australia. No. 10, 2014.

VUCHIC, V. R. Urban public transportation systems. στο TS Kim (επιμ.), Encyclopedia of Life Support Systems, UNESCO, 2002.

## 8. Anexos

### 8.1. Anexo-Lista de controle na análise de risco nas passagens de pedestres (parte 1 de 3)

DIAGNOSTIC TEAM CHECK LIST PEDESTRIAN GRADE CROSSING HAZARD ANALYSIS		Diagnostic Team Member: _____	
		Date: _____	
Grade Crossing Location (City/County): Street Name: Crossing No.		Diagnostic Team	Initial Review Date Final Review Date
General Information:	Train Speed: _____ mph Max. Frequency of Trains: _____/_____ (trains per unit time)	Crossing Width: _____ ft (stop bar to 6' past far rail)	Number of Tracks _____
Type of Alignment:	<b>Semi-exclusive</b> <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No <small>A railroad alignment that is in a separate right-of-way or along a roadway where motor vehicles, pedestrians, and bicycles have limited access and cross at designated locations only. The alignment is typically separated by fencing or barriers between crossings.</small> <b>Street Running</b> <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No <small>A railroad alignment in which trains operate in mixed traffic with all types of road users. The alignment is typically separated from traffic by a curb or striping.</small>		
Type of Train Operation: (check all that apply)	<b>Passenger</b> <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No <b>Freight</b> <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No <b>Commuter Rail</b> <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	<b>Light Rail</b> <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No <b>Trolley</b> <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No <b>Other</b> _____ <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	
Crossing Gate Timing:	Warning Time _____ sec Clearance Time _____ sec	Preemption Time _____ sec Total Time _____ sec	
Area Information:	<b>Area Type:</b> <input type="checkbox"/> Rural <input type="checkbox"/> Urban <b>Population within 1 sq. mi.:</b> <input type="checkbox"/> ≤1000 <input type="checkbox"/> >1000		
Proximity of Sidewalk to Highway-Rail Grade Crossing:	<input type="checkbox"/> Sidewalk ≤25 feet from Edge of Traveled Way <small>(sidewalk may be treated as part of the grade crossing)</small> <input type="checkbox"/> Sidewalk >25 feet from Edge of Traveled Way <small>(sidewalk must be treated separately)</small>		
Comments/Field Observations:			

Fonte: UDOT (2013).

## 8.2. Anexo-Lista de controle na análise de risco nas passagens de pedestres (parte 2 de 3)

DIAGNOSTIC TEAM CHECK LIST PEDESTRIAN GRADE CROSSING HAZARD ANALYSIS		Diagnostic Team Member: _____
Grade Crossing Location (City/County):		Date: _____
Street Name:		Diagnostic Team
Crossing No.:		Initial Review Date
		Final Review Date
POTENTIAL HAZARD	HAZARD IDENTIFIER	COMMENTS/FIELD OBSERVATIONS
Skewed crossing	<input type="checkbox"/> $\leq 30^\circ$ from perpendicular <input type="checkbox"/> $> 30^\circ$ from perpendicular	
Does Crossing have a Yard track	<input type="checkbox"/> Yes Frequency of use ____/____ <input type="checkbox"/> No	
Does the Crossing have a Side track	<input type="checkbox"/> Yes Frequency of use ____/____ <input type="checkbox"/> No	
At-Grade Crossing	<input type="checkbox"/> Active Control <input type="checkbox"/> Passive Control <input type="checkbox"/> N/A	
Street Running	Mid-Block Crossing	<input type="checkbox"/> Traffic Signal <input type="checkbox"/> Unsignalized <input type="checkbox"/> N/A
	Intersection Crossing	<input type="checkbox"/> Traffic Signal <input type="checkbox"/> Unsignalized <input type="checkbox"/> N/A
Multi-Use Path Crossing (pedestrians and/or bicycles)	<input type="checkbox"/> Traffic Signal/Active Control <input type="checkbox"/> Unsignalized/Passive Control <input type="checkbox"/> Within 25' of Highway-Rail Grade Crossing <input type="checkbox"/> N/A	
Intersection within 200 feet (Intersections within 200 feet should have preemption)	<input type="checkbox"/> Traffic Signal <input type="checkbox"/> Unsignalized <input type="checkbox"/> N/A	

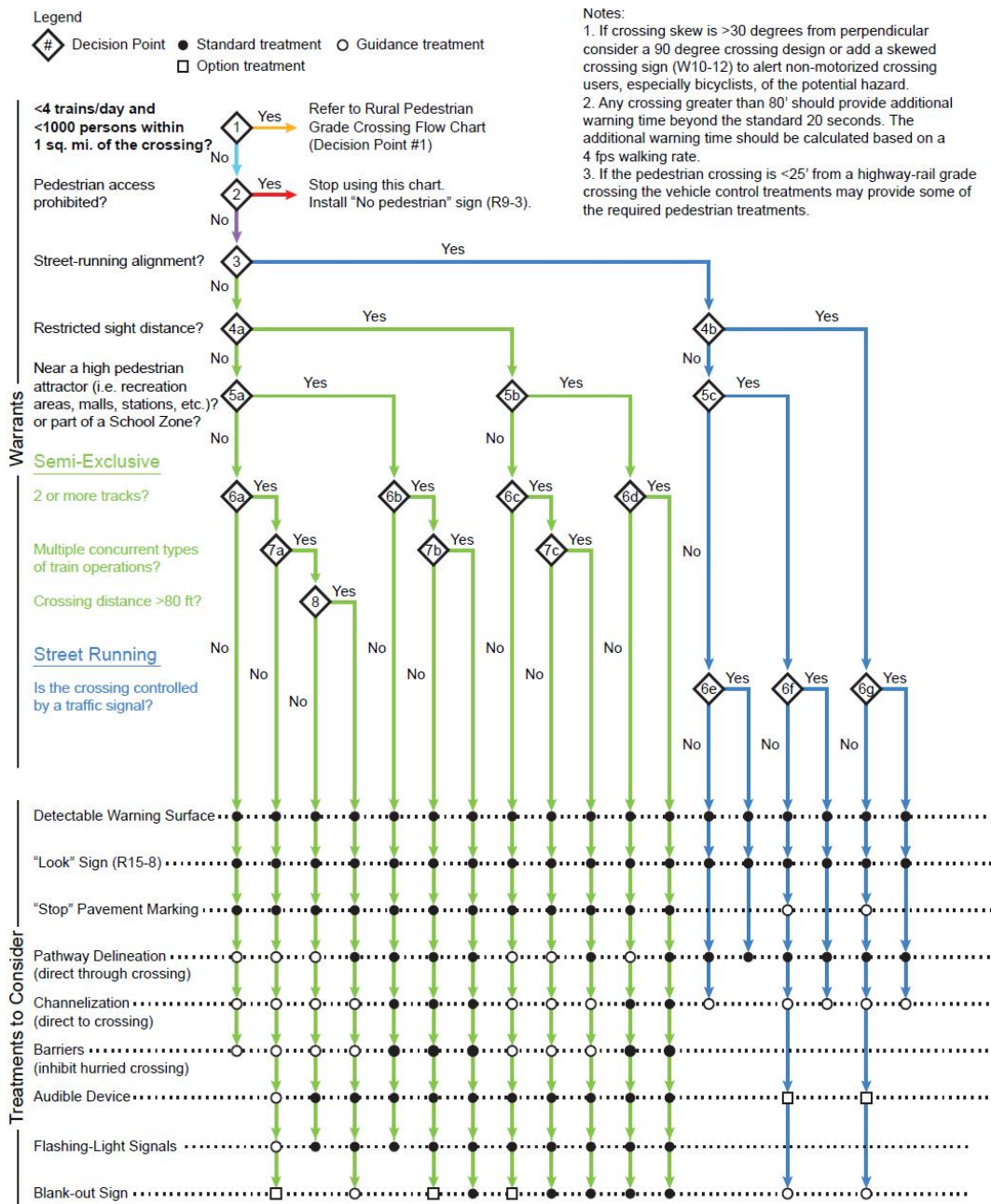
Fonte: UDOT (2013).

### 8.3. Anexo-Lista de controle na análise de risco nas passagens de pedestres (parte 3 de 3)

DIAGNOSTIC TEAM CHECK LIST PEDESTRIAN GRADE CROSSING HAZARD ANALYSIS		Diagnostic Team Member: _____ Date: _____
Grade Crossing Location (City/County): Street Name: Crossing No.		Diagnostic Team Initial Review Date Final Review Date
POTENTIAL HAZARD	HAZARD IDENTIFIER	COMMENTS/FIELD OBSERVATIONS
Adequate Approach Landing for Pedestrian / Bicycles (4' X 4' or more)	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	
Restricted Bicycle Sight Distance (for pathway crossings only)	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	
Restricted Pedestrian Sight Distance	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	
Pedestrian Crosses Tracks with Train(s) Approaching – Safe Route to School	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No If Yes, school district: _____	
Pedestrian Crosses Tracks with Train (s) Approaching – Special Needs Groups	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No If Yes, potential groups: _____	
Potential pedestrian surges (Near event center, station, etc.)	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	
At 4 fps, does the Crossing width exceed the minimal 20-second warning time?	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	

Fonte: UDOT (2013).

### 8.4. Anexo- Fluxograma para passagens de pedestres na área urbana

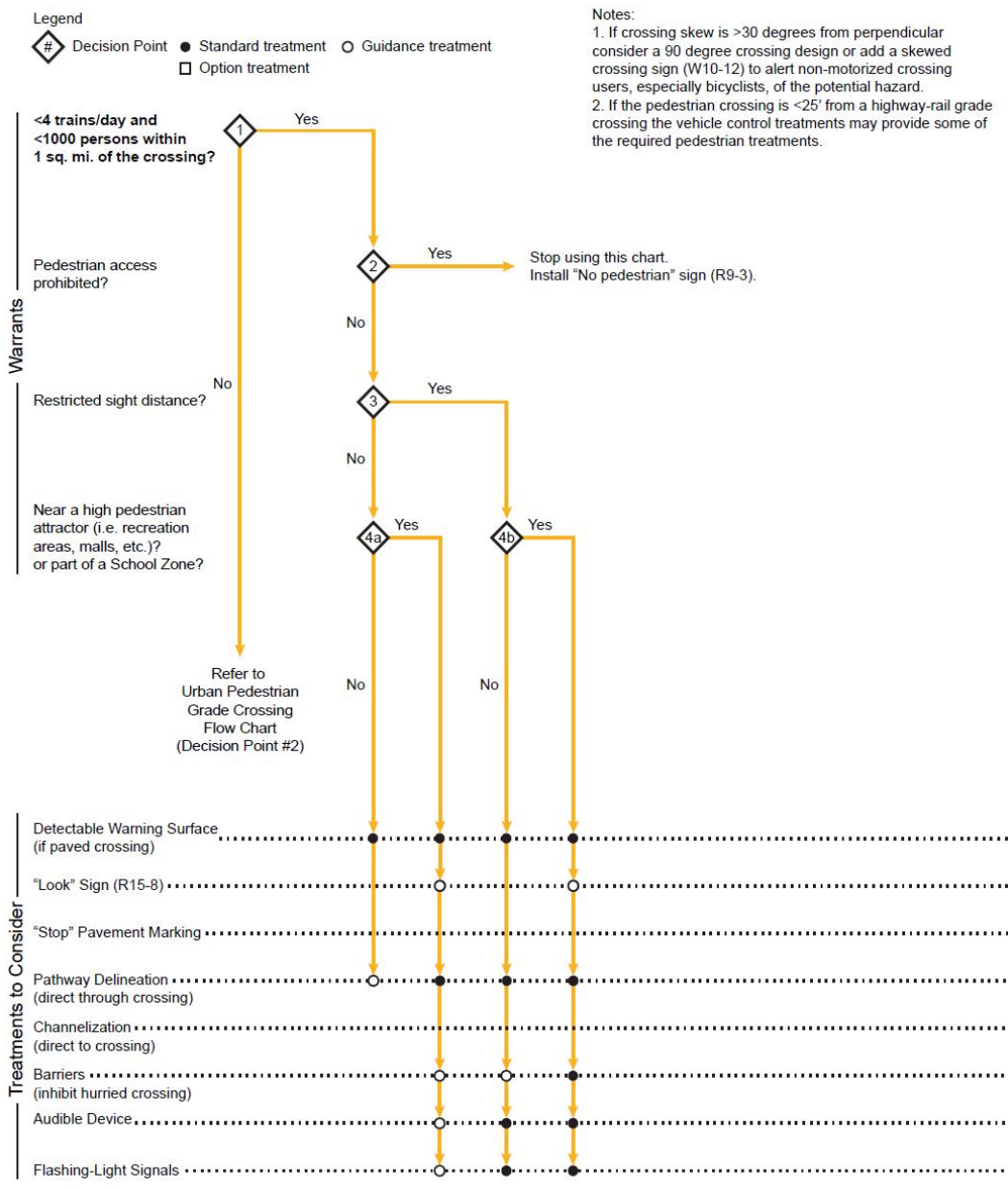


PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1412697/CA

Fonte: UDOT (2013).



### 8.5. Anexo- Fluxograma para passagens de pedestres na área Rural



PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1412697/CA

Fonte: UDOT (2013).