

GUIA PARA A INTEGRAÇÃO DA SEGURANÇA AOS PROJETOS VIÁRIOS



GRUPO BANCO MUNDIAL



Global Road Safety Facility

FINANCIADO POR



MOBILIDADE E CONECTIVIDADE DE TRANSPORTE É UMA SÉRIE PRODUZIDA PELA PRÁTICA GLOBAL DE TRANSPORTE DO BANCO MUNDIAL. OS TRABALHOS DESTA SÉRIE REÚNEM EVIDÊNCIAS E PROMOVEM INOVAÇÃO E BOAS PRÁTICAS RELACIONADAS AOS DESAFIOS DE DESENVOLVIMENTO ABORDADOS NAS OPERAÇÕES DE TRANSPORTE E NOS SERVIÇOS DE ANÁLISE E ASSESSORIA.

© 2022 Transport Global Practice

Banco Internacional de Reconstrução e Desenvolvimento / Banco Mundial

1818 H Street NW, Washington DC 20433

Internet: <http://www.worldbank.org/transport>

Declaração de Ausência de Responsabilidade

Este guia foi produzido por uma equipe profissional do Banco Mundial e contou com contribuições externas. As constatações, interpretações e conclusões expressas neste trabalho não refletem necessariamente as opiniões do Banco Mundial, do seu Conselho de Diretores Executivos ou dos governos que eles representam.

O Banco Mundial não garante a exatidão dos dados incluídos neste trabalho. As fronteiras, cores, denominações e outras informações mostradas em qualquer mapa deste trabalho não implicam qualquer julgamento por parte do Banco Mundial relativamente ao estatuto jurídico de qualquer território ou ao endosso ou aceitação de tais fronteiras.

Direitos e Licenças



O material contido neste trabalho está sujeito a direitos autorais. Como o Banco Mundial incentiva a disseminação de seu conhecimento, este trabalho pode ser reproduzido, no todo ou em parte, para fins não comerciais, desde que seja dada total atribuição a este trabalho.

Quaisquer dúvidas sobre direitos e licenças, inclusive direitos subsidiários, devem ser encaminhadas à World Bank Publications, The World Bank Group, 1818 H Street NW, Washington, DC 20433, USA; fax: 202-522-2625; e-mail: pubrights@worldbank.org.

Atribuição

Por favor, cite o trabalho da seguinte forma: “Mitra, S., Turner, B., Mbugua, L.W., Neki, K., Barrell, J., Wambulwa, W. & Job, S. (2021). Guide to Integrating Safety into Road Design. Washington, DC., USA: World Bank.”

Foto da capa: © Daniel Silva Yoshisato/GRSF. É necessária permissão adicional para reutilização.

Design da capa: Giannina Raffo.

* Este documento é uma tradução da versão em inglês publicada no 2022, e alguns materiais de referência podem ter sido atualizados desde a data de publicação inicial

ÍNDICE

Agradecimentos.....	1
1. INTRODUÇÃO.....	2
1.1. Integrando a Segurança nos Projetos viários.....	2
1.2. Princípios do Sistema Seguro para um projeto mais seguro.....	4
1.3. O papel dos guias para projetos viários.....	5
1.4. Sobre este Guia.....	7
2. PRINCÍPIOS FUNDAMENTAIS DE PROJETOS VIÁRIOS NO CONTEXTO DO PLANEJAMENTO SEGURO.....	11
2.1. Princípios gerais de projeto viário.....	11
2.2. Função da via e uso do solo.....	13
2.3. Tipo de veículo e de usuário da via no contexto de LMIC.....	17
Leitura adicional.....	20
2.4. Projeto sensível ao contexto.....	21
Exceções de projeto (design exceptions).....	23
Projeto conforme as características e compliance do usuário da via.....	24
Ruas completas.....	24
Leitura adicional.....	25
2.5. Engajamento da comunidade.....	26
Estudo de caso: Gerenciamento de velocidade e a participação da comunidade na autoestrada N2, em Bangladesh.....	29
Leitura adicional.....	30
2.6. Inovação.....	30
Urbanismo Tático.....	31
Estudo de caso: Melhoria de cruzamento HP, Mumbai, Índia.....	31
Leitura adicional.....	33
3. ASPECTOS PRINCIPAIS DOS PROJETOS VIÁRIOS NO CONTEXTO DA ENGENHARIA SEGURA.....	34
3.1. Velocidade de projeto e velocidade operacional.....	34
Descrição geral.....	34
Implicações para a segurança.....	35
Boas práticas de projeto /intervenções /soluções.....	35
Leitura adicional.....	35
3.2. Gestão de velocidade e moderação de tráfego.....	36
Descrição geral.....	36
Implicações para a segurança.....	37
Boas práticas de projeto/ intervenções/ soluções.....	38
Estudos de caso.....	40
Leitura adicional.....	42
3.3. Distância de visibilidade.....	42
Descrição geral.....	42
Implicações para a segurança.....	45
Boas práticas de projeto/ intervenções/ soluções.....	45
Leitura adicional.....	46
3.4. Assentamentos Lineares.....	47
Descrição geral.....	47
Implicações para a segurança.....	47
Boas práticas de projeto/ intervenções/ soluções.....	48
Leitura adicional.....	51

3.5. Controle de acesso	52
Descrição geral.....	52
Implicações para a segurança	52
Boas práticas de projeto, intervenções e soluções.....	53
3.6. Construção, Operação e Manutenção.....	54
Descrição geral.....	54
Implicações para a segurança	56
Boas práticas de projeto, intervenções e soluções.....	57
Construção e manutenção.....	57
Operação.....	58
Leitura adicional.....	59
4. PROJETOS DE INFRAESTRUTURA PARA USUÁRIOS VULNERÁVEIS DA VIA	60
Descrição geral.....	60
Implicações para a segurança	61
4.1. Projeto de Instalações para Pedestres – Calçadas/trilhas	62
Boas práticas de projeto, intervenções e soluções.....	62
4.2. Projeto de instalações para pedestres - Travessias.....	66
Boas práticas de projeto/ intervenções/ soluções	66
Passagem de nível separada/controlada	66
Semáforos para a travessia de pedestres.....	67
Travessias não semaforizadas	69
Estudo de caso	70
4.3. Projeto de infraestruturas para ciclistas	71
Boas práticas de projeto/ intervenções/ soluções	72
Ciclovias (cycle tracks)	72
Ciclofaixas (bike lanes).....	74
Ciclovias/ciclofaixas em contrafluxo	75
Ruas para ciclismo (cycle streets).....	75
Cruzamentos/intersecções	76
Estudo de caso/ciclismo em geral (exemplo)	77
Leitura adicional.....	78
4.4. Projeto de instalações para motociclistas.....	78
Descrição geral.....	78
Implicações para a segurança	79
Boas práticas de projeto/ intervenções/ soluções	80
Faixas exclusivas para motociclistas.....	80
Faixas inclusivas para motocicletas	80
Alinhamento	81
Cruzamentos/ Intersecções.....	81
Barreiras laterais nas estradas.....	82
Estudo de caso	84
Leitura Adicional.....	85
4.5. Transporte Público – Paradas de ônibus; Sistema Rápido de Ônibus-BRT e outros meios de transporte público. 86	
Descrição geral.....	86
Implicações para a segurança	87
Boas práticas de projeto/ intervenções/ soluções	88
Trânsito Rápido de Ônibus (BRT)	88
Faixas de ônibus (bus lanes).....	89
Paradas de ônibus	90
Leitura adicional.....	91

5. SEÇÃO TRANSVERSAL E ALINHAMENTO	92
5.1. Largura da via	93
Descrição geral	93
Implicações para a segurança	93
Boas práticas de projeto/ intervenções/ soluções	95
Estudo de Caso	96
Leitura Adicional.....	97
5.2. Largura e tipo de acostamento	97
Descrição geral	97
Implicações para a segurança	98
Boas práticas de projeto/tratamentos/soluções	99
Leitura Adicional.....	101
5.3. Curvatura horizontal.....	101
Descrição geral	101
Implicações para a segurança	102
Boas práticas de projeto/ intervenções/ soluções	103
Marcações e sinais	105
Pavimentos e contramedidas	107
Exemplos de sonorizadores	108
Leitura adicional.....	109
5.4. Superelevação e inclinação transversal (camber/crossfall)	109
Descrição geral	109
Implicações para a segurança	111
Boas práticas de projeto/ intervenções/ soluções	111
Leitura adicional.....	112
5.5. Curvatura vertical e gradiente	113
Descrição geral	113
Implicações para a segurança	113
Boas práticas de projeto/ intervenções/ soluções	114
Sinalização vertical e horizontal	116
Melhoria das vias – barreiras.....	118
Modificações no terreno	118
Leitura adicional.....	119
5.6. Faixas de ultrapassagem.....	119
Descrição geral	119
Implicações para a segurança	120
Boas práticas de projeto/ intervenções/ soluções	121
Estudo de Caso.....	123
Leitura adicional.....	123
5.7. Laterais da via – tolerância e zonas desobstruídas	124
Descrição geral	124
Tolerância com erros dos condutores nos acostamentos	124
Zona livre	126
Implicações para a segurança	126
Boas práticas de projeto/ intervenções/ soluções	127
Leitura adicional.....	130
5.8. Barreiras.....	131
Descrição geral	131
Barreiras flexíveis (barreiras de segurança com cabo de aço)	131
Barreiras semirrígidas	131

Barreiras rígidas	131
Implicações para a segurança	132
Boas práticas de projeto/ intervenções/ soluções	134
Exemplos de terminações	135
Leitura adicional	136
5.9. Medianas (canteiros centrais)	136
Descrição geral	136
Tipos de canteiros rodoviários	137
Implicações para a segurança	138
Boas práticas de projeto/ intervenções/ soluções	139
Exemplos de faixas medianas inseguras	141
Exemplos de medianas seguras	141
Leitura adicional	142
Estudo de casos/ Exemplos	143
5.10. Pavimentação de estradas	144
Descrição geral	144
Implicações para a segurança	144
Boas práticas de projeto/ intervenções/ soluções	147
Leitura adicional	149
5.11. Drenagem	149
Descrição geral	149
Implicações para a segurança	150
Boas práticas de projeto/ intervenções/ soluções	151
Para os usuários da beira da estrada	151
Manutenção	152
Encostas transversais	153
Exemplos de boas práticas Encostas laterais	154
Estudo de Caso	155
Calhas transversais na rodovia, Alemanha	155
Leitura adicional	156
5.12. Meios-Fios	156
Descrição geral	156
Implicações para a segurança	157
Boas práticas de projeto/ intervenções/ soluções	158
Leitura adicional	161
5.13. Sinalização vertical	161
Descrição geral	161
Sinais regulatórios	162
Sinais de Alerta	163
Placas de informação	163
Implicações para a segurança	164
Boas práticas de projeto/ intervenções/ soluções	165
Leitura adicional	166
5.14. Sinalização horizontal	166
Descrição geral	166
Implicações para a segurança	167
Boas práticas de projeto/ intervenções/ soluções	168
Leitura adicional	169
5.15. Iluminação pública	169
Descrição geral	169

Implicações para a segurança	170
Boas práticas de projeto/ intervenções/ soluções	171
Leitura adicional.....	173
6. INTERSEÇÕES.....	174
Implicações para a segurança	174
Boas práticas de projeto/intervenções/soluções	174
Leitura adicional.....	177
6.1. Cruzamentos não controlados e não semaforizados (dê a preferência).....	177
Descrição geral	177
Implicações para a segurança	177
Boas práticas de projeto/ intervenções/ soluções	178
Leitura adicional.....	181
Estudos de Caso/Exemplos.....	182
6.2. Interseções semaforizadas	185
Descrição geral.....	185
Implicações para a segurança	186
Boas práticas de projeto/ intervenções/ soluções	187
Sinais e demarcações	189
Dispositivos alternativos	190
Estratégia para o faseamento dos semáforos e gerenciamento de faixa	190
Estudos de Caso/Exemplos.....	191
Leitura adicional.....	191
6.3. Rotatórias.....	192
Descrição geral.....	192
Implicações para a segurança	192
Boas práticas de projeto/intervenções/ soluções.....	193
Estudos de Caso/Exemplos.....	198
Leitura adicional.....	199
6.4. Interseções elevadas	200
Descrição geral.....	200
Implicações para a segurança	200
Veículos maiores	202
Medidas para estradas de maior velocidade	203
Leitura adicional.....	203
6.5. Canalização (incluindo faixas de conversão e faixas de acesso (slip lanes).....	204
Descrição geral.....	204
Implicações para a segurança	205
Boas práticas de projeto/ intervenções/ soluções	207
Leitura adicional.....	211
6.6. Esquerda para dentro/ Esquerda para fora/ Direita para dentro/ Direita para fora.....	211
Descrição geral.....	211
Implicações para a segurança	211
Boas práticas de projeto/ intervenções/ soluções	213
Leitura adicional.....	213
6.7. Faixas de aceleração e de desaceleração	214
Descrição geral.....	214
Implicações para a segurança	215
Boas práticas de projeto/ intervenções/ soluções	215
Leitura adicional.....	216
6.8. Separação de níveis e rampas.....	216

Descrição geral.....	216
Implicações para a segurança.....	218
Boas práticas de projeto/ intervenções/ soluções.....	219
Leitura adicional.....	220
6.9. Travessias Ferroviárias.....	220
Descrição geral.....	220
Implicações para a segurança.....	221
Boas práticas de projeto/ intervenções/ soluções.....	222
Leitura adicional.....	224
7. FERRAMENTAS DE PROJETO PARA RESULTADOS SEGUROS.....	225
7.1. Introdução.....	225
7.2. Indicadores de desempenho de segurança de infraestrutura viária.....	226
7.3. Ferramentas e técnicas de infraestrutura.....	228
Avaliação de impacto de segurança viária.....	228
Auditoria de segurança viária.....	230
Avaliação da eficiência.....	230
Road Safety Screening and Appraisal Tool (RSSAT).....	231
Classificação por estrelas de design (SR4D).....	232
Quadro de avaliação do Sistema Seguro.....	233
Inspeção de Segurança Viária.....	235
Locais de alto risco.....	235
Classificação de segurança da rede.....	235
Programas de avaliação de estradas.....	235
Leitura adicional.....	236
8. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA ESSENCIAIS.....	237

Figuras

Figura 2.1: Funções de acesso e mobilidade para diferentes classes de vias. Fonte: FHWA.....	14
Figura 2.2: Vendedores na via no Senegal.....	15
Figura 2.3: Lojas ocupando calçadas e estradas no Nepal.....	15
Figura 2.4: A via é um ponto de encontro nas aldeias da Armênia.....	15
Figura 2.5: Movimento e localização de estradas e ruas.....	15
Figura 2.6: Uma via rural que passa através de um mercado – Chade.....	16
Figura 2.7: Principal via arterial urbana separada da área de atividade mista – Catar.....	16
Figura 2.8: Barracas na via sem separação entre movimentos de tráfego de alta velocidade e área de atividade mista – Nepal.....	16
Figura 2.9: Via nacional separada da área de atividade mista – Catar.....	16
Figura 2.10: Diferentes tipos de veículos e um elevado volume de pedestres.....	18
Figura 2.11: Diferentes tipos de veículos—Vietnam.....	18
Figura 2.12: Quatro tipos diferentes de veículos em uma autoestrada —Índia.....	18
Figura 2.13: Diferentes tipos de veículos.....	18
Figura 2.14: Mistura de veículos no tráfego, com conflito de interesses entre os diferentes usuários—Bangkok.....	19
Figura 2.15: Mistura de veículos no tráfego, com conflito de interesses entre os diferentes usuários —Filipinas.....	19
Figura 2.16: Mistura de veículos no tráfego, com conflito de interesses entre os diferentes usuários.....	19
Figura 2.17: Mistura de veículos no tráfego, com conflito de interesses no cruzamento, entre os diferentes usuários.....	19

Figura 2.18: Conceito do campo de abrangência do projeto (design domain)	22
Figura 2.19: Conceito de rua completo	26
Figura 2.20: Níveis de envolvimento da comunidade	27
Figura 2.21: Assentamento ao longo da via.....	29
Figura 2.22: Ônibus dirigidos em alta velocidade e fazendo ultrapassagens próximas ao vilarejo.....	29
Figura 2.23: Guias sonoros	29
Figura 2.24: Lombada para redução da velocidade.	29
Figura 2.25: Faixa de pedestre.	29
Figura 2.26: Antes da melhoria do cruzamento da HP em março de 2017.....	32
Figura 2.27: Intervenções temporárias de baixo custo implementadas (utilizando tinta, giz e barricadas) durante o ensaio (abril de 2017).	32
Figura 2.28: As alterações tornaram-se permanentes em dezembro de 2018.....	32
Figura 3.1: Curvas de risco de velocidade/lesões.	34
Figura 3.2: Estreitamento da faixa de rodagem, delineadores e lombadas.....	36
Figura 3.3: Estreitamento de vias com ilhas de tráfego e meios-fios estendidos.....	36
Figura 3.4: Sonorizadores em rodovias.....	37
Figura 3.5: Lombada colocada pela comunidade na via que passa pela aldeia – Etiópia.....	37
Figura 3.6: Rua da cidade na Colômbia com sonorizador improvisado.	37
Figura 3.7: Sinal de feedback de velocidade.....	39
Figura 3.8: : Lombada para redução da velocidade não sinalizada (“invisível”) – Zanzibar.	39
Figura 3.9: Lombada para redução de velocidade sinalizada	39
Figura 3.10: Faixa de pedestres elevada e mini balão.....	40
Figura 3.11: Utilização de infraestruturas mistas para desaceleração do tráfego – estreitamentos, lombadas e delineadores	40
Figura 3.12: As crianças não tinham pontos seguros e exclusivos para cruzar a rua, e muitas vezes estavam em constante conflito com os motoristas.	41
Figura 3.13: As crianças em idade escolar são protegidas por uma faixa elevada com padrão visual de zebra, que é um dispositivo característico para desaceleração do trânsito.	41
Figura 3.14: Instalação da faixa para diminuição da velocidade com marcação quadriculada. Esquerda: antes da intervenção; Direita: Após a intervenção.....	42
Figura 3.15: Exemplo de velocidades e do campo de visão periférica, e velocidade e ponto focal.	42
Figura 3.16: Distância de visibilidade de parada.....	43
Figura 3.17: Manobra de ultrapassagem e distância de visibilidade.....	43
Figura 3.18: Exemplos de triângulos de visibilidade dos condutores nos cruzamentos	44
Figura 3.19: Ilustração da distância de visibilidade do motorista nas curvas.	44
Figura 3.20: Correlação entre visibilidade e largura da pista e velocidades dos veículos.	45
Figura 3.21: Exemplo de um assentamento linear.....	47
Figura 3.22: Não há trilhas ou facilidades para a travessia de pedestres	48
Figura 3.23: Falta de locais definidos para a travessia de pedestres	48
Figura 3.24: Passarela para pedestres não utilizada.....	48
Figura 3.25: Não há calçadas para pedestres.	48
Figura 3.26: Canteiro central mal concebido para impedir a travessia de pedestres – Roménia.	48
Figura 3.27: Instalação perigosa no acostamento da via.....	49
Figura 3.28: Espaço para comércio com estacionamento separado da via, Dar es Salam corridor between Morogoro and Mafinga, Tanzania.....	49
Figura 3.29: Exemplos de vias secundárias (bypass roads).	49
Figura 3.30: Esboço de elementos viários dentro de áreas urbanizadas.	50
Figura 3.31: Via de serviço – Índia.....	50
Figura 3.32: Moldávia – via de serviço para veículos lentos.	50

Figura 3.33: Sinalização de velocidade e lombada para tratamento de porta de entrada (Gateway) na Índia.	51
Figura 3.34: Intervenções na porta de entrada (Gateway) na Índia.	51
Figura 3.35: Tratamento para a “porta de entrada-gateway” misto – Romênia.....	51
Figura 3.36: Tráfego local não separado da via expressa.	52
Figura 3.37: Acesso direto da via local à via expressa.....	52
Figura 3.38: Falta de calçada para pedestres.	53
Figura 3.39: Um passadiço central em Lusaka, Zâmbia.	53
Figura 3.40: A lateral opaca da passarela pode impedir que os pedestres utilizem a instalação, devido a questões de segurança	53
Figura 3.41: Instalações para caminhadas e ciclismo com zona tampão.	53
Figura 3.42: Gerenciamento de acesso.....	54
Figura 3.43: Total falta de sinalização e controle – Quênia.	55
Figura 3.44: Sinalização sem controle – Romênia.....	55
Figura 3.45: Local bem sinalizado e controlado – Tanzânia	55
Figura 3.46: Nenhuma provisão para pedestres – Catar.	55
Figura 3.47: Zona de trabalho bem sinalizada e protegida – Abu Dhabi.	55
Figura 3.48: Obras em curso sem medidas de segurança temporárias – Bengala Ocidental.....	56
Figura 3.49: Obra de escavação desprotegida, e sem separação entre o canteiro de obra e o tráfego em geral, - Quênia.	56
Figura 3.50: Construção sem proteção ou segregação da zona de trabalho e o tráfego geral - Romênia.....	56
Figura 3.51: Total falta de equipamentos de proteção para os trabalhadores rodoviários ou da demarcação adequada da zona de trabalho.....	56
Figura 3.52: Áreas de trabalho e materiais desprotegidos – Índia.	57
Figura 3.53: Material de construção empilhado e sem proteção ao longo da rodovia – Índia.....	57
Figura 3.54: Superfície rodoviária mal conservada – Romênia.	57
Figura 3.55: Via bem conservada com marcações claras – Índia.....	57
Figura 4.1: Separação de uma via de circulação veicular, ciclovia e calçada, em uma via arterial urbana com blocos de pavimentação de concreto na calçada e ciclovia vedada.	61
Figura 4.2: Perigo de tropeçar ou piso derrapante.	62
Figura 4.3: Calçada urbana típica – Gana.....	63
Figura 4.4: Calçada urbana com proteção contra tráfego e declives perigosos - Gana.....	63
Figura 4.5: Espaço compartilhado em área urbana.	63
Figura 4.6: Espaço compartilhado – Índia.....	63
Figura 4.7: Tráfego misto em vias rurais.....	63
Figura 4.8: Calçada obstruída e baixo meio-fio em Manila.	64
Figura 4.9: Zoneamento adequado da calçada com rota clara para os pedestres e guia tátil.	64
Figura 4.10: Grade de proteção/guardrail para pedestres mal conservado – Inspeção da Manutenção.	64
Figura 4.11: Trecho para pedestres desprotegido na via nacional rural.	64
Figura 4.12: Instalação segregada de transporte pedestre/não motorizado em vias rurais.	65
Figura 4.13: Passagem urbana livre no canteiro central – Quênia.	65
Figura 4.14: Projeto de calçada movimentada – transformação de nenhuma calçada para um passeio protegida.(antes e depois).....	65
Figura 4.15: Passarela separada por níveis – Etiópia.	66
Figura 4.16: Passagem subterrânea separada por níveis – EUA.....	66
Figura 4.17: Passarela bem desenhada – Xangai.....	66
Figura 4.18: Sinais para travessia de pedestres.....	67
Figura 4.19: Interseção embaralhada (scramble intersection).....	67
Figura 4.20: Passagem de nível bem definida – Ruanda.....	68
Figura 4.21: Passagem elevada para baixar velocidade– Quênia.	68

Figura 4.22: Cruzamento bem definido com sinalização -Singapura.....	68
Figura 4.23: Refúgio para pedestres.....	69
Figura 4.24: Refúgio para pedestres.....	69
Figura 4.25: Falta de espaço para pedestres no canteiro central- Ilhas Maurício.....	69
Figura 4.26: Aproximação da travessia com pintura e estreitamento.....	69
Figura 4.27: Transformação de local não demarcado para travessias, para local elevado e bem destacado com sinalização para a travessia.....	70
Figura 4.28: Instalação de refúgio para pedestres - Vietnã.....	70
Figura 4.29: Instalação de travessia elevada com sinalização e calçada protegida - Zâmbia.....	70
Figura 4.30: Exemplos de infraestrutura ciclovária.....	71
Figura 4.31: Corredor Verde —La Rochelle França.....	72
Figura 4.32: Ciclistas usando acostamento estreito - Ruanda.....	73
Figura 4.33: Ciclistas em acostamento vedado com sobreposição à rodovia com diferença no nível - Ruanda.....	73
Figura 4.34: Ciclovía urbana na China.....	73
Figura 4.35: Ciclovía em Pequim, China.....	73
Figura 4.36: Ciclovía separada da via, paralela a uma autoestrada na Etiópia.....	73
Figura 4.37: Ciclovía bem projetada - Xangai.....	73
Figura 4.38: Passeio/ciclovía compartilhada na Tanzânia.....	74
Figura 4.39: Ciclovía separada do tráfego de veículos da rodovia - Bucarest, Romênia.....	74
Figura 4.40: Ciclofaixa malsucedida separada do tráfego/estacionamento de veículos - Bucarest, Romênia.....	74
Figura 4.41: Rua para ciclismo—Reino Unido.....	75
Figura 4.42: Linha para parada avançada dedicada as bicicletas (bike box) com ciclofaixa em contrafluxo.....	76
Figura 4.43: Direito preferencial para os ciclistas no cruzamento—Holanda.....	76
Figura 4.44: Rotatória para ciclistas - Holanda.....	77
Figura 4.45: Rotatória elevada para ciclistas - Holanda.....	77
Figura 4.46: Ciclovias separadas dos pedestres.....	77
Figura 4.47: Instalação de travessia com linha de parada avançada para bicicletas - Índia.....	78
Figura 4.48: Transporte de mercadorias em motocicletas - Quênia.....	79
Figura 4.49: Motocicletas “Boda Boda” - Quênia.....	79
Figura 4.50: Motociclistas no cruzamento - Tailândia.....	82
Figura 4.51: Linha avançada para a parada das motocicletas.....	82
Figura 4.52: Impacto de motociclista com barreira de cabo de aço.....	83
Figura 4.53: Barreira metálica típica.....	83
Figura 4.54: :“Saia” adicionada a barreira metálica para proteger motociclistas - Vietnã.....	84
Figura 4.55: Faixa para motocicletas separada por barreira de concreto na Indonésia.....	84
Figura 4.56: Postes em forma de U modificados e fixados a uma barreira curva de concreto.....	84
Figura 4.57: : Faixa exclusiva para motocicletas - Malásia.....	85
Figura 4.58: : Faixa exclusiva para motocicletas - Malásia.....	85
Figura 4.59: Sistema de bonde - Ucrânia.....	86
Figura 4.60: Faixa BRT—Bolívia.....	86
Figura 4.61: Serviço de ônibus Matatu - Quênia.....	86
Figura 4.62: Táxi riquixá - Índia.....	86
Figura 4.63: Faixas exclusivas BRT.....	89
Figura 4.64: Faixa de ônibus e sinal prioritário - Reino Unido.....	89
Figura 4.65: Parada de ônibus elétricos/bonde na calçada com abrigo e quiosque - Ucrânia.....	90
Figura 4.66: Ponto de ônibus numa aldeia rural, sem sinalização ou instalações - Burundi.....	90
Figura 4.67: Parada de ônibus (tipo lay-by), usada como oficina mecânica) - Gana e Romênia.....	91
Figura 5.1: : Layout tridimensional combinado com alinhamento dos traçados horizontais e verticais.....	92

Figura 5.2: Utilização de faixas largas numa área urbana em detrimento dos usuários vulneráveis (pedestres e ciclistas)..	94
Figura 5.3: Uso adequado de faixas largas em rodovias.	94
Figura 5.4: Exemplo de uma “dieta rodoviária” no Brasil mostrando redução no número de faixas de três em cada sentido em 2009 para duas em cada sentido em 2014, com a adição de uma ampla faixa central para pedestres e ciclovias.....	95
Figura 5.5: Rua Joel Carlos Borges antes e depois, São Paulo, Brasil, setembro de 2017.	96
Figura 5.6: Acostamento pavimentado.	98
Figura 5.7: Acostamento não pavimentado, feito com cascalho	98
Figura 5.8: Acostamento parcialmente pavimentado ou misto.....	98
Figura 5.9: Acostamentos estreitos resultando em riscos aumentados para os ciclistas	98
Figura 5.10: Desnível na borda do pavimento	98
Figura 5.11: Caminhões estacionados ilegalmente no acostamento.....	99
Figura 5.12: Acostamento de 2,5 m usado indevidamente por pessoas como faixa de trânsito – Romênia.....	99
Figura 5.13: Acostamento largo selado.....	99
Figura 5.14: Acostamento largo e pavimentado em curva.....	100
Figura 5.15: Acostamento pavimentado com faixas de vibração, utilizado por ciclistas.....	100
Figura 5.16: Árvore localizada muito próxima da faixa de rodagem no interior da curva. Obstrui o campo de visão e é um risco à segurança. Também tem o potencial de empurrar os usuários da estrada em direção ou mesmo através da linha central em uma curva, tornando-a muito insegura	102
Figura 5.17: Curva montanhosa com obstáculos (árvores) onde ocorreu um sinistro rodoviário.....	102
Figura 5.18: Delineamento insuficiente na curva.	103
Figura 5.19: Combinação perigosa de curva horizontal na base de uma elevação íngreme.	103
Figura 5.20: Combinação de alinhamento ruim mostrando quebras ópticas causadas por curvas acentuadas ao longo da tangente horizontal.	103
Figura 5.21: Combinação perigosa: curva no cume da colina, antes de uma curva horizontal acentuada, que contém cruzamentos e acessos.	103
Figura 5.22: Exemplo de boa combinação de curvatura horizontal e vertical proporcionando boa visibilidade.....	105
Figura 5.23: Postes flexíveis e sinais chevron em curvas com distância de visão limitada.	106
Figura 5.24: Sinais de alinhamento “chevron”em divisa proporcionando boa visibilidade noturna.....	106
Figura 5.25: Linhas transversais na entrada da curva na China.	106
Figura 5.26: Sinal de alerta de curva e sinalização de velocidade.	106
Figura 5.27: Curva horizontal na base de um declive acentuado com sinal de aviso prévio.	107
Figura 5.28: Exemplo de melhoria de curva na Malásia.	107
Figura 5.29: Linha central larga com faixas medianas de vibração numa curva na Austrália.	107
Figura 5.30: Borda de segurança. Depois de instalar a borda de segurança, o material não pavimentado adjacente à borda deve ser nivelado com o topo do pavimento.....	107
Figura 5.31: Faixa de vibração no acostamento.....	108
Figura 5.32: Linha de borda com nervuras.....	108
Figura 5.33: Faixas de vibração da linha de borda por fresamento de estrada.	108
Figura 5.34: Faixas de vibração da linha central por fresamento de estrada.	108
Figura 5.35: Barreira de concreto em seção curva com sinais de alinhamento em forma de chevron.	108
Figura 5.36: Barreira semirrígida em curva horizontal no Nepal.....	108
Figura 5.37: Barreira com cabos de aço na seção tangente.....	108
Figura 5.38: Exemplo de superelevação na curva.	110
Figura 5.39: Duas curvas de transição opostas consecutivas.	110
Figura 5.40: Redução do campo de visão em uma curva vertical côncava (crest vertical curve).....	113
Figura 5.41: Redução do campo de visão em uma curva vertical convexa (sag vertical curve).	113
Figura 5.42: Efeito das curvas verticais côncavas campo de visão.	114
Figura 5.43: Suavização de inclinações/desníveis na via.....	115

Figura 5.44: Rampa de escape (em construção) na China.....	115
Figura 5.45: Folga vertical em travessias subterrâneas.	115
Figura 5.46: Esquerda: Declive oculto - “Montanha russa” – perfil vertical da via; Direita: Vista 3D frontal da via.	116
Figura 5.47: Efeito das “curvas verticais com quebra da linha do gradiente do declive	116
Figura 5.48: Um sinal de alerta de declive acentuado ao longo de uma via que aparenta ser menor visto à distância.	117
Figura 5.49: Exemplos de alerta antecipado de um declive acentuado mais à frente.....	117
Figura 5.50: Placas quebradas e sem manutenção na Índia.	117
Figura 5.51: Colocação de cones flexíveis em curvas com campo de visão limitado.	118
Figura 5.52: : Postes flexíveis que melhoram a visibilidade do canteiro central na interseção.....	118
Figura 5.53: Modificação de alinhamento para eliminar uma curva acentuada na parte inferior de um declive acentuado.	119
Figura 5.54: Exemplo de faixa de ultrapassagem.....	119
Figura 5.55: Sinalização e marcações anteriores e ao longo de uma faixa para ultrapassagem.	121
Figura 5.56: Exemplo de marcações em uma pista de subida.....	121
Figura 5.57: Exemplo de sinalização prévia de faixa ascendente.....	122
Figura 5.58: Vista esquemática da rodovia 2+1.	122
Figura 5.59: Rodovia 2+1 com barreira flexível.....	122
Figura 5.60: Rodovia 2+1 com canteiro central pintado.	122
Figura 5.61: Programa piloto de modernização da Estrada Nacional Romena 2 (DN2) em 2019.	123
Figura 5.62: Vala perigosa com parede frontal perigosa (direita) em via de alta velocidade.....	124
Figura 5.63: Via alargada, porém os postes não foram movidos – Filipinas.	124
Figura 5.64: Guias de concreto.....	125
Figura 5.65: Árvores (com mais de 100 mm de diâmetro) localizadas próximas da via.	125
Figura 5.66: Dreno descoberto e bueiro inseguro – Romênia.	125
Figura 5.67: Corpo d'água não protegido e com aterro íngreme.	125
Figura 5.68: Pilares de viadutos não blindados.	125
Figura 5.69: Blocos de concreto individuais.	125
Figura 5.70: Poste rígido no acostamento.	126
Figura 5.71: Materiais empilhados à beira da estrada. Estes são um perigo particular para veículos de duas ou três rodas, especialmente à noite.	126
Figura 5.72: Exemplo de zona livre.....	126
Figura 5.73: Intervenção nas extremidades de bueiros transversais alterando para bueiros de drenagem cruzada. Permite que os veículos que saem da estrada passem por cima delas sem capotar ou sofrer mudanças bruscas de velocidade....	128
Figura 5.74: Guia leve tolerante a erros dos motoristas.....	129
Figura 5.75: Coluna de iluminação com base deslizante adequada para vias de alta velocidade com pouca atividade de pedestres ou de estacionamento.	129
Figura 5.76: Colunas de iluminação com absorção de impacto adequadas para ambientes de baixa velocidade com maior atividade de pedestres ou de estacionamento.....	129
Figura 5.77: Pilares blindados com barreiras rígidas. Um tratamento final apropriado (almofadas/atenuadores de impacto) também deve ser aplicado em sistemas de barreira.....	129
Figura 5.78: Árvore delineada na beira da estrada, porém indistinguível—Itália.....	130
Figura 5.79: Ilustração do delineamento de árvores como último recurso de intervenção possível. Método pode ser utilizado em combinação com outras intervenções, incluindo redução de velocidade e proteção por barreiras de segurança.	130
Figura 5.80: Barreira flexível (cabo de aço).....	131
Figura 5.81: Barreira semirrígida (viga W).....	131
Figura 5.82: Barreira rígida (perfil F).....	131
Figura 5.83: Barreiras flexíveis com postes demasiadamente grandes.....	132
Figura 5.84: As unidades de trilhos se sobrepõem de maneira errada.....	132

Figura 5.86: Trilhos leves com meio-fio de concreto.....	132
Figura 5.87: A extremidade exposta do guarda-corpo pode atravessar como se fosse uma lança o veículo causador do impacto	133
Figura 5.88: Extremidade insegura de barreira semirrígida que pode levar ao arremesso do veículo causador do impacto.	133
Figura 5.89: Brecha insegura entre o guarda-corpo e o concreto.....	133
Figura 5.90: Exemplo de uma barreira flexível segura e com boa folga. Dado que as deflexões nestas barreiras podem ser elevadas, é importante que seja fornecido o distanciamento adequado entre a barreira e o perigo	134
Figura 5.91: Amortecimento de colisão totalmente redirecionado – Filipinas.....	135
Figura 5.92: Terminal totalmente redirecional, alargado ou tangencial.....	135
Figura 5.93 : Terminal de absorção de energia.....	135
Figura 5.94: Almofada segura contra colisão no final de uma barreira rígida em um canteiro de obras.	135
Figura 5.95: Ligação segura entre guarda-corpo e barreira rígida em ponte com trecho de transição. Adicionar postes extras ao guarda-corpo próximo à barreira rígida ajuda a criar uma seção de transição. O marcador também ajuda a alertar os motoristas sobre o estreitamento repentino da via à frente	136
Figura 5.96: Mediana nivelada.	137
Figura 5.97: Mediana nivelada e com faixas de vibração.	137
Figura 5.98: Canteiro central com barras no pavimento. (pavement bars).....	137
Figura 5.99: Canteiro central gramado e com meio-fio.	137
Figura 5.100: Mediana restringida.....	137
Figura 5.101: Canteiro central pintado em rodovia de alta velocidade.	137
Figura 5.102: Barreira central semirrígida em via expressa.....	138
Figura 5.103: : Canteiro central elevado em faixa de rodagem dupla.	138
Figura 5.104: Mediana completa sem abertura.....	138
Figura 5.105: Abertura de cruzamento, sem vão de conversão esquerda/ direita.	138
Figura 5.106: Abertura no canteiro central, com permissão de inversão a esquerda e a direita.....	138
Figura 5.107: Cruzamento do canteiro central, com baias direcionais para conversão a esquerda e a direita (evita cruzamento).	138
Figura 5.108: Retorno em canteiro central estreito (com faixa de espera).	140
Figura 5.109: Veículo que ao virar invade o espaço da estrada destinado ao tráfego que se aproxima.	140
Figura 5.110: Veículos usando o canteiro central levado como faixa de rodagem durante congestionamentos.....	140
Figura 5.111: Retorno ilegal sobre a mediana.....	140
Figura 5.112: Abertura mediana insegura levando ao encontro com o contrafluxo.	141
Figura 5.113: Instalação de um canteiro central fora do padrão, que contém uma abertura insegura, em uma estrada de alta velocidade.	141
Figura 5.114: Canteiro central elevado com faixa de conversão dedicada para retorno.	141
Figura 5.115: Canteiro central elevado na estrada.....	141
Figura 5.116: Barreira anti-ofuscante no meio do canteiro central.	142
Figura 5.117: Mediana estreita e insegura.	143
Figura 5.118: Ampla abertura central com postes de concreto.....	143
Figura 5.119: Ouverture du terre-plein central pour les piétons.....	143
Figura 5.120: Superfície asfaltada em boas condições.	145
Figura 5.121: Blocos de concreto (paralelepípedos) pavimentando a via apropriadamente e oferecendo a drenagem adequada.....	145
Figura 5.122: Pavimentação da superfície com Otta com resultados satisfatórios em estrada com baixo volume de tráfego e em boas condições. (imagem à esquerda: close-up da pavimentação da superfície com Otta).....	145
Figura 5.123: Tratamento do pavimento da superfície, com material de permite um elevado atrito, em curva perigosa..	147
Figura 5.124: Uma pavimentação da superfície com material que permite elevado atrito, aplicada em ambos os acessos do	

cruzamento.	147
Figura 5.125: Uma pavimentação (colorida) da superfície com material que permite elevado atrito, aplicada na aproximação de uma mini rotatória.	147
Figura 5.126: Canais abertos.	149
Figura 5.127: Drenagem fechada preenchida com materiais porosos, a anti-erosão e anti-queda.	149
Figura 5.128: Drenagem convencional em forma de V.	149
Figura 5.129: Acostamento largo pavimentado e instalação de drenagem em declive.	150
Figura 5.130: Parede típica de bueiro a ser ampliada/substituída.	150
Figura 5.131: Borda da cobertura do pavimento causando retenção de água na superfície.	150
Figura 5.132: Projeto típico de bueiro estendido e projeto revisado de cabeceira.	152
Figura 5.133: Calha canalizada.	152
Figura 5.134: Barreira física em frente ao dreno.	152
Figura 5.135: Estrada mal drenada com superfície irregular (fonte de sedimentos).	153
Figura 5.136: Localização ruim da estrada com riacho e ligação hidrológica aos córregos.	153
Figura 5.137: Deslizamento de terra bloqueando as valas para drenagem.	153
Figura 5.138: Instalação perigosa para drenagem em uma estrada estreita e acidentada.	154
Figura 5.139: Drenagem tipo prato parabólico (boa hidrodinâmica, porém com baixa capacidade).	154
Figura 5.140: A combinação de acessos a rodovia, com a abertura de valas profundas para drenagem aumenta o risco potencial de colisões severas.	154
Figura 5.141: Drenagem escavada em terra no Malawi.	154
Figura 5.142: Drenagem desprotegida.	155
Figura 5.143: Valas blindadas com vegetação, rocha, alvenaria ou concreto para resistir à erosão da vala.	155
Figura 5.144: Acostamento e drenagem alargados com segurança.	155
Figura 5.145: Vala à beira da estrada feita com rocha de diferentes tamanhos (enrocamento) para controle de erosão.	155
Figura 5.146: Calha transversal.	155
Figura 5.147: Meio-fio vertical de concreto.	156
Figura 5.148: : Meio-fio inclinado que dá acesso à entrada de automóveis.	156
Figura 5.149: Meio-fio vertical perigoso em estrada de alta velocidade.	157
Figura 5.150: Exemplo de combinação perigosa de meio-fio e barreira com a barreira de aço localizada logo atrás do meio-fio.	158
Figura 5.151: Meio-fio muito alto (aprox. 250 mm) limitando o acesso de pedestres à calçada.	158
Figura 5.152: Meio-fio triplo em Bucareste, limitando o acesso de pedestres.	158
Figura 5.153: Meio-fio vertical adjacente à calçada.	159
Figura 5.154: Meio-fio rebaixado em ambas as extremidades da faixa de pedestres com piso tátil.	159
Figura 5.155: Meio-fio do ponto de ônibus para facilitar o acesso dos passageiros.	159
Figura 5.156: Meio-fio rebaixado para acesso à propriedade.	159
Figura 5.157: Meio-fio inclinado instalado no canteiro central para permitir a montagem ocasional de veículos na ilha de tráfego conforme necessário, enquanto o meio-fio vertical na borda do percurso da via delinea a trilha, e desencoraja a entrada de veículos.	160
Figura 5.158: Meio-fio pintado em canteiro central. Este meio-fio porém, não permite o acesso de pessoas com deficiência na travessia.	160
Figura 5.159: Publicidade em rodovias – Ucrânia.	164
Figura 5.160: Alertas para pedestres – Gana.	164
Figura 5.161: Sinais de orientação inconsistentes.	165
Figura 5.162: O uso excessivo de sinais é uma distração.	165
Figura 5.163: Via expressa com sinalização e iluminação de trevo em Hyderabad, Índia.	166
Figura 5.164: Marcações apagadas nas faixas de pedestres no Camboja.	167
Figura 5.165: Desvio inesperado da marcação da linha – Índia.	169
Figura 5.166: Marcações de linhas iluminadas por material retro refletor.	169

Figura 5.167: Iluminação numa aldeia – Índia.....	171
Figura 5.168: Iluminação pública movida a energia solar.	171
Figura 5.169: Coluna de iluminação com base deslizante adequada para estradas de alta velocidade com pouca atividade de pedestres e de estacionamento.	172
Figura 5.170: Colunas de iluminação com absorção de impacto adequadas para ambientes de baixa velocidade com maior atividade de pedestres e estacionamento.....	172
Figura 6.1: Intersecção 'Y' não controlada na Índia.	175
Figura 6.2: Pontos de conflito em diferentes tipos de interseções com faixa única.	176
Tabela 6.1: Vantagens e desvantagens em diferentes formas de interseções:	176
Figura 6.3: Sinais de cessão de preferência para travessias usados para controlar cruzamentos.	178
Figura 6.4: Obstrução do triângulo em um cruzamento em T.....	178
Figura 6.5: : Obstáculo (espaço de espera no ponto de ônibus) no centro de um cruzamento na Índia.....	179
Figura 6.6: Sinais de “Pare” e medidas para desaceleração do tráfego, em cruzamentos não sinalizados.	179
Figura 6.7: Restrição para conversão à esquerda por meio de placas de sinalização e de linha de demarcação no canteiro central, em um cruzamento em T não sinalizado.....	179
Figura 6.8: Sinalização proibindo a conversão virar à esquerda e demarcação de “Pare” na superfície do pavimento, em cruzamento não sinalizado na Dominica.....	180
Figura 6.9: Faixa auxiliar segregada próxima à cruzamento não sinalizado.	180
Figura 6.10: Ilha que separa o tráfego no centro da estrada secundária.....	181
Figura 6.11: Mudança do ângulo do meio-fio no cruzamento de entrada de estrada secundária.	181
Figura 6.12: Pequenas intervenções: desaceleração da velocidade do trânsito e sinais de alerta na Índia, a partir da perspectiva de uma estrada secundária.....	182
Figura 6.13: Pequenas intervenções: desaceleração da velocidade do trânsito e sinais de alerta na Índia, sob a perspectiva de uma estrada principal.....	182
Figura 6.14: Instalação de medidas de proibição para retornos e medidas de proteção para pedestres – Colômbia.	183
Figura 6.15: Conversão de cruzamentos com quatro pernas, em dois cruzamentos em T (cruzamentos escalonados da direita para a esquerda).....	184
Figura 6.16: Conversão de cruzamentos em T com deslocamento para 4 pernas + três pernas de intersecção (realinhamento da aproximação do cruzamento, visando reduzir ou eliminar sua inclinação).	184
Figura 6.17: Semáforo para o controle de tráfego de veículos na Índia.	185
Figura 6.18: Semáforo escondido pelos galhos de uma árvore em Gurudwara, Índia; árvores/galhos devem ser removidos ou o semáforo deve ser substituído.....	186
Figura 6.19: Todos os possíveis pontos de conflito no cruzamento de quatro pernas.	187
Figura 6.20: : Exemplo de pontos de conflito em fase específica no cruzamento de quatro pernas.	187
Figura 6.21: Ciclo de Sinal Típico para as fases acima.....	188
Figura 6.22: Cruzamento com sinais que não funcionam na Índia	189
Figura 6.23: Sinal disfuncional em Dwarka, Índia.	189
Figura 6.24: Sinal suplementar nas curvas horizontais.....	189
Figura 6.25: Sinal suplementar para cruzamento no meio de uma curva reversa.....	189
Figura 6.26: Veículos ultrapassando a linha de parada.	190
Figura 6.28: Dispositivos para assistência aos pedestres (sinais na travessia) em Hyderabad, Índia.	190
Figura 6.29: Fluxos de tráfego em cruzamentos não sinalizados e sem travessias para pedestres em Phnom Penh, Camboja.....	191
Figura 6.30: Fluxo de tráfego ordenado em cruzamento sinalizado com pontos de conflito reduzidos.	191
Figura 6.31: Projeto de rotatória perigosa na Roménia, onde a estrada principal não tem desvio.....	193
Figura 6.32: Veículo ignorando rotatória plana na Croácia	194
Figura 6.33: Rotatória decorada que obscurece a visão do condutor no Butão	194
Figura 6.34: Rotatória com ilha central demasiadamente pequena na Índia.	194

Figura 6.35: Localização e tamanho inadequados da rotatória no Butão.....	194
Figura 6.36: Ajuste de diâmetro e do comprimento de ilhas numa rotatória.....	195
Figura 6.37: Pátio para caminhão com traçado correto para uso somente por caminhões - com vagão circular estreito na África do Sul.....	195
Figura 6.38: Pátio de caminhões que não serve ao propósito do projeto na África do Sul (pátio de estacionamento demasiado alto para caminhões maiores e demasiadamente baixo para bloquear a circulação de automóveis de passageiros).....	195
Figura 6.39: Rotatória com linhas de demarcação e largura de faixa inadequados criando faixas adicionais na Sérvia.....	196
Figura 6.40: Mini rotatória (Wetherby, Inglaterra).	196
Figura 6.41: Mini rotatória com poste visível – Zagreb, Croácia.....	196
Figura 6.42: Sinal de rotatória de boa qualidade, mas a variação do tipo de sinal no mesmo país, pode confundir os condutores na África do Sul.	197
Figura 6.43: Rotatória que permite a passagem de veículos de maiores dimensões em parte da ilha central (as mesmas condições das mini rotatórias são aplicadas).	198
Figura 6.44: Rotatória com trilhos para bonde na Polónia.....	198
Figura 6.45: Transformação de cruzamento não controlado em rotatória – Filipinas.....	198
Figura 6.46: Exemplo de rotatória de baixo custo na Argentina.....	199
Figura 6.47: Exemplo de mini rotatória com pintura retro refletiva na Itália.....	199
Figura 6.48: Cruzamento elevado em Bogotá para dar prioridade aos pedestres em uma via arterial.....	201
Figura 6.49: Cruzamento elevado com pavimento colorido.....	201
Figura 6.50: Cruzamento elevado com padrão diferente do pavimento.....	201
Figura 6.51: Segregação em etapas dos pontos de conflito.....	201
Figura 6.52: Cruzamento elevado e com sinal de “Pare”.	202
Figura 6.53: Cruzamento elevado e com sinalização para travessia.....	202
Figura 6.54: Sinais de alerta com a velocidade recomendada.	202
Figura 6.55: Sinais de aviso sobre a inclinação do caminhão e a velocidade adequada.	203
Figura 6.56: Cruzamento sinalizado (baixo custo).	203
Figura 6.57: Cruzamento sobrelevado, colorido, com marcações de linhas.....	203
Figura 6.58: Cruzamento marcado com desenho artístico para atrair ainda mais atenção dos motoristas.	203
Figura 6.60: Ângulo da faixa de rolamento transformado de largo (imagem à esquerda) para apertado (imagem à direita).	205
Figura 6.61: Faixa de entroncamento não sinalizada na Tanzania.....	209
Figura 6.62: Faixa de entroncamento mal delineada no Gana.	209
Figura 6.63: Pista de entroncamento com marcação em zigue-zague no pavimento, em Cingapura.....	209
Figura 6.64: Grande interseção urbana com demarcação do pavimento para movimentos de conversão.	209
Figura 6.65: Intervenção em estradas secundárias usando postes flexíveis.	209
Figura 6.66: Refúgio para pedestres e orientação para ciclistas.	209
Figura 6.67: Pista de acesso com grande ângulo e cruzamentos mal alinhados e sem possibilidade de travessia.	209
Figura 6.68: Uma faixa de acesso à direita bem projetada em um cruzamento complexo.	209
Figura 6.69: Faixa de pedestres com elevação e acesso contendo marcações de “ilha fantasma” e sinalização de faixa de pedestres.....	210
Figura 6.70: Transformação em mini praça nos EUA.	210
Figura 6.71: Transformação em ciclovia urbana nos EUA.	210
Figura 6.72: Transformação para trilhas para pedestres nos EUA.	210
Figura 6.73: Esboço da mudança nos pontos de conflito com a implementação da estratégia RIRO.....	211
Figura 6.74: Interseção RIRO com curva à direita muito próxima na Ucrânia.	212
Figura 6.75: LILO urbano com espaço insuficiente para mudança segura de faixa para conversão à direita-Brunei.....	212
Figura 6.76: Movimento de conversão substituído em um entroncamento a jusante.....	213
Figura 6.77: Faixas de aceleração e desaceleração.	214

Figura 6.78: Raio de saída apertado para aproximação da faixa de desaceleração – Brunei.....	214
Figura 6.79: Faixa de aceleração bem definida – Brunei.	214
Figura 6.80: Faixa de desvio externa – Brunei – canteiro central estreito e faixa que requer espaço adicional além da curva.	215
Figura 6.81: Barreira adicional para desvio fora da pista para controlar a entrada e a área de conversão além da faixa de rodagem mais distante para TODOS os veículos, acrescentando uma convergência adicional após cruzar o tráfego oposto-Brunei.....	215
Figura 6.82: Um viaduto simples sem ligação entre as duas rotas – Etiópia.....	216
Figura 6.83: Traçados típicos de intercâmbio com níveis totalmente separados.....	217
Figura 6.84: Layouts típicos para áreas para transferência (intercâmbios) em estradas, com separação parcial de níveis.	218
Figura 6.85: Cruzamento ferroviário no Reino Unido	222
Figura 6.86: Travessia automática de bondes controlada por sinalização – Dubai.....	222
Figura 6.87: Travessia ferroviária rural – Zimbabué (passiva).....	222
Figura 6.88: Travessia ferroviária rural – Austrália (ativa).....	222
Figura 6.89: Zonas de visibilidade aproximando-se de um cruzamento ferroviário controlado passivamente.....	223
Figura 7.1: Técnicas para segurança viária nas diferentes fases do ciclo de vida da via.	225
Figura 7.2: As classificações por estrelas (referidas na Meta 3) podem ser derivadas usando os processos descritos pelo Programa Internacional de Avaliação Rodoviária.....	228
Figura 7.3: Processo PSI.	232
Figura 7.4: Opções para seleção de interseções para SR4D.	233
Figura 7.5: Matriz da Estrutura de Avaliação de Sistemas Seguros.	234

Tabelas

Tabela 1.1: Fatores de risco típicos de projeto rodoviário.....	8
Tabela 6.1: Vantagens e desvantagens em diferentes formas de interseções:	176

Agradecimentos

Este relatório foi escrito por Sudeshna Mitra (GRSF), Blair Turner (GRSF), Leah Watetu Mbugua (GRSF), Kazuyuki Neki (GRSF), John Barrell (consultor independente), William Wambulwa (ex-estagiário, GRSF) e Soames Job (ex-chefe da GRSF). Agradecimentos especiais a John Barrell por reunir os trabalhos produzidos pela equipe da GRSF. Um grande agradecimento também a James Hughes, Consultor Líder de Segurança - Programa e Padrões da Agência de Transporte da Nova Zelândia e membro da Força-Tarefa de Projeto de Estradas da Austroads, por sua análise detalhada e comentários sobre o conteúdo do projeto de estradas em versões anteriores deste guia.

O relatório foi revisado por pares em várias etapas do trabalho por Arnab Bandyopadhyaya, Especialista Líder em Transporte; Alina Burlacu, Especialista Sênior em Transporte; James Markland, Especialista Sênior em Transporte; Negede Lewi, Especialista Sênior em Transporte; e Tesfamichael Nahusenay, Engenheiro Sênior de Transporte, e Greg Smith, Diretor do Programa Global, iRAP, que forneceram recomendações úteis. Comentários adicionais foram recebidos de Said Dahdah, especialista líder em transporte; Dipan Bose, especialista sênior em transporte; e Krishnan Srinivasan, consultor sênior em segurança viária do Banco Mundial.

Este relatório foi produzido com o apoio financeiro da UK Aid sob o Multi Donor Trust Fund Phase 3, financiado pelo Foreign, Commonwealth & Development Office (FCDO) que inclui o anteriormente conhecido Department for International Development (DFID), e pelo Department for Health and Social Care (DHSC), por meio do GRSF Comprehensive Road Safety Research Projects to Improve Global Road Safety, gerenciado por Sudeshna Mitra e Natalya Stankevich.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Integrando a Segurança nos Projetos viários

Estima-se que os sinistros de trânsito sejam responsáveis por cerca de 1,35 milhões de mortes e 50 milhões de feridos em todo o mundo, todos os anos, sendo que mais de 90% das mortes notificadas ocorrem nos países em desenvolvimento.¹ Os sinistros representam um grande fardo para os sistemas de saúde e outros serviços, e infligem dor e sofrimento às comunidades e aos indivíduos. Os danos combinados e os custos sociais dos sinistros de trânsito representam um alto encargo financeiro para a economia. Segundo as estatísticas do Banco Mundial, só nos países de Baixa e Média Renda (PBMR), as mortes e os ferimentos graves custaram às economias 1,7 trilhão de dólares e mais de 6,5% do produto interno bruto (PIB).² Os governos de todo o mundo têm trabalhado para reduzir os traumas relacionados aos sinistros de trânsito e concordaram em reduzir pela metade o número de mortes ocorridas nas vias até 2030.³ Existem soluções conhecidas e econômicas que podem ser implementadas para enfrentar esta crise global.

A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável reconhece que a segurança viária é um pré-requisito para garantir vidas saudáveis, promover o bem-estar e tornar as cidades inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis. A Década de Ação para a Segurança no Trânsito 2011-2020, proclamada oficialmente pela Assembleia Geral da ONU em março de 2010, tinha como objetivo estabilizar e reduzir o nível previsto de mortes no trânsito em todo o mundo. Para continuar mantendo esse foco na melhoria da segurança viária global, a Assembleia Geral da ONU adotou uma nova resolução sobre o tema, proclamando o período 2021-2030 como a Segunda Década de Ação para a Segurança no Trânsito com o objetivo de reduzir as mortes e lesões no trânsito em pelo menos 50% até 2030.

A redução substancial das mortes no trânsito só será viável se forem feitos esforços conjuntos, seguindo a abordagem “Sistema Seguro” que envolve todos os elementos de segurança viária, da gestão e entrega do que foi planejado. Isto inclui todos os pilares do Sistema Seguro – começando pela gestão da segurança viária, vias e acostamentos seguros, velocidade segura, veículos seguros, usuários responsáveis

pelos vias e cuidados pós-sinistro. Este guia concentra-se em elementos contidos nos projetos de rodovias e acostamentos que são seguros para as redes viárias e que podem proporcionar mobilidade segura para todos os usuários, bem como em mudanças complementares que visam melhorar os limites de velocidade, a segurança dos veículos, os comportamentos dos usuários e os cuidados pós-sinistro. Um projeto viário equilibrado deve ter em conta estes elementos complementares do sistema para maximizar os benefícios de segurança. A energia cinética carregada por um objeto em movimento é proporcional ao quadrado de sua velocidade. Uma “margem de via generosa” bem projetada pode assegurar que esta energia seja dispersa em caso de colisão e, como resultado, menos energia seja transferida para os ocupantes.

O projeto de infraestrutura viária desempenha um papel vital nos resultados de segurança viária. A infraestrutura segura apoia outros pilares de segurança viária, incentivando o comportamento adequado dos usuários da via (como a velocidade adequada e a posição correta da faixa) e proporciona um ambiente viário que comporta a ocorrência de algo imprevisto que possa resultar em um desfecho indesejado. Uma infraestrutura viária mal concebida pode originar comportamentos perigosos dos usuários.

“Quando uma colisão ocorre, a infraestrutura da via é a que exerce a influência mais significativa na gravidade resultante da colisão. O aprimoramento na infraestrutura pode contribuir significativamente para a redução de mortes e de ferimentos graves”.

Fonte : PIARC Road Safety Manual

¹ World Health Organization/WHO. 2018. Global Status Report on Road Safety. WHO: Geneva.

² Wambulwa, W.M., et Job, S. 2020. Guide for road safety opportunities and challenges: Low- and middle-income country reports. Washington, DC : Global Road Safety Facility, World Bank.

³ United Nations General Assembly Resolution A/RES/74/299 on Improving Global Road Safety.

Uma das principais conclusões da abordagem do Sistema Seguro é que os condutores cometem erros e continuarão a cometê-los, mesmo que consigamos reduzir a frequência de sua ocorrência. Os erros dos usuários do sistema viário têm sido reconhecidos há muito tempo como um dos fatores que contribuem significativamente para os resultados negativos em termos de segurança viária. No entanto, vias com qualquer velocidade podem ser projetadas para reduzir a probabilidade de ocorrência de sinistros, e há evidências muito objetivas de que a gravidade dos resultados quando os sinistros ocorrem é significativamente influenciada pelo projeto da via.⁴ Mesmo que ainda venha a ocorrer um sinistro, a melhoria da infraestrutura pode salvar muitas vidas e prevenir lesões debilitantes permanentes.

Como exemplos dos benefícios significativos que podem ser obtidos através da disponibilidade de infraestruturas seguras, observou-se que são possíveis reduções de mortes e de ferimentos graves em até 80%, através da instalação de sistemas de barreiras apropriados e da manutenção adequada destas. Benefícios também podem ser obtidos por meio da instalação de rotatórias bem projetadas.⁵

A abordagem do Sistema Seguro enfatiza a necessidade de a responsabilidade ser compartilhada para abordar a segurança viária. Isto significa que os usuários do sistema viário continuarão a assumir a responsabilidade pelas suas ações, por exemplo, estando alertas e cumprindo as regras estabelecidas. No entanto, também se reconhece que os gestores e projetistas têm uma responsabilidade significativa para fornecer um sistema viário que proteja todos os usuários. Isto pode ser alcançado através de projetos apropriados das vias.

Por exemplo, se um motorista sai da via em alta velocidade e colide lateralmente em uma árvore, há uma alta probabilidade de ocorrência de um sinistro grave ou fatal. Nesta mesma situação, se os usuários fossem protegidos da árvore por uma barreira bem concebida e instalada, os riscos para os ocupantes seriam significativamente reduzidos, ao ponto de ser provável que apenas ocorressem pequenos danos ao veículo, mas que não haveria ferimentos significativos nos

passageiros (assumindo um veículo razoavelmente seguro e bem conservado). Isso ocorre independentemente da causa do sinistro: falha, erro de avaliação de velocidade, fadiga, distração, drogas ou álcool. A mesma proteção ocorre quando os pedestres e ciclistas estão adequadamente separados do tráfego motorizado, ou quando as velocidades são gerenciadas através da redução da velocidade do tráfego para níveis apropriados, que sejam definidas considerando os usuários presentes na via. Da mesma forma, quando os veículos que viajam em direções opostas em alta velocidade são separados por barreiras, o risco de ocorrência de uma colisão frontal é bastante reduzido. A disponibilização desta infraestrutura segura depende da correta tomada de decisões, reconhecendo os principais fatores de risco ao se planejar a infraestrutura que deve incorporar elementos de concepção apropriados para enfrentar estes riscos. Isto também requer a compreensão de quais são os principais tipos de sinistros que resultam em morte e ferimentos graves. Estes tipos de sinistros incluem colisões com usuários vulneráveis da via (incluindo pedestres e ciclistas); saídas da via, colisões frontais e de ângulo elevado, incluindo colisões em ângulo reto em cruzamentos; e colisões traseiras.

Melhorias substanciais nos sistemas viários já estão ocorrendo em muitos países. No entanto, são necessários esforços para melhorar todo o sistema, o que exigirá tempo e recursos. É necessária uma visão de longo prazo para a elaboração de um projeto que contenha uma concepção aprimorada que vise apoiar a utilização segura das vias e que seja norteadada pelos princípios dos sistemas seguros para vias. Muitos países estabeleceram como a data-limite o ano de 2050 para a eliminação de mortes e ferimentos graves no trânsito (por exemplo, na Europa⁶,⁷ e na Austrália⁸). Isto exigirá que sejam assumidos compromissos pelos principais parceiros envolvidos na tomada de decisões para que sejam fornecidas infraestruturas que funcionem, juntamente com melhorias na segurança dos veículos, bem como dos outros pilares do Sistema Seguro para que se obtenha tais resultados.

⁴ Stigson, H., Krafft, M. et Tingvall, C. 2008. Use of Fatal Real-Life Crashes to Analyze a Safe Road Transport System Model, Including the Road User, the Vehicle, and the Road. *Traffic Injury Prevention*, 9:5, 463–471.

⁵ Turner, B., Job, S. et Mitra, S. 2021. *Guide for Road Safety Interventions: Evidence of What Works and What Does Not Work*. Washington, DC: Banco Mundial.

⁶ European Commission. 2011. White Paper “Roadmap to a Single European Transport Area—Towards a competitive and resource efficient transport system “, COM (2011) 144 final.

⁷ Council of the European Union. 2017. Council conclusions on “Road safety endorsing the Valletta Declaration” Valletta, March 28–29, 2017, 9994/17, <http://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-9994-2017-INIT/fr/pdf>.

⁸ ATC. 2019. Transport and Infrastructure Council Communiqué November 22, 2019,

https://www.transportinfrastructurecouncil.gov.au/sites/default/files/documents/12th_transport_and_infrastructure_council_communique_22nov_2019.pdf.

1.2. Princípios do Sistema Seguro para um projeto mais seguro

Os princípios do Sistema Seguro apresentados a seguir são recomendados para garantir a segurança e a sustentabilidade do trânsito viário, baseados em bons projetos de vias:

1. **Inclusão:** O projeto viário precisa ser para todos os usuários da via – não apenas para os veículos motorizados. A implicação disto é que os projetistas precisam levar em consideração o atendimento das necessidades de segurança dos usuários vulneráveis presentes. Ao fazê-lo, a segurança geralmente será melhorada para todos os usuários.
2. **Funcionalidade viária:** As vias têm duas funções: “acesso e mobilidade” ou “movimento e localização”. As vias desempenham duas funções ou “papéis” principais: Facilitar a circulação (mobilidade) de pessoas e bens e de funcionar como locais (acesso) para as pessoas. Para um projeto seguro, a “função real”, e não a “função pretendida”, deve ser identificada. Em casos nos quais a função singular não pode ser concretizada a curto prazo, deverão ser envidados esforços para proporcionar a segurança adequada através do estabelecimento de velocidades seguras, começando pelo planejamento de ações que se destinem aos usuários mais vulneráveis da via.
3. **Clareza:** O desenho do projeto deve atender às expectativas dos usuários da via e estar livre de quaisquer fatores surpresa para os usuários. Em caso de limitações práticas, uma delimitação clara (por exemplo, marcações e sinais), uma ‘distância de visibilidade’ adequada (por exemplo, uma distância com visibilidade que permita que as decisões sejam tomadas com antecedência) e/ou gestão de velocidade, devem ser utilizadas para proporcionar segurança a todos os usuários da via. Além disso, variações nos principais parâmetros do projeto ao longo da via têm impacto no fluxo e na segurança do trânsito. Essas transições devem ser baseadas em reduções seguras de velocidade, por exemplo, por meio da suavização do tráfego (traffic calming). Isto é aplicável nos casos nos quais se faz uma variação no desenho da seção transversal da via próxima a pontes e canaletas, nas rodovias que passam por aldeias e pequenas cidades, ou perto de passagens em nível para usuários vulneráveis, etc.
4. **Homogeneidade:** O projeto deve limitar as diferenças de velocidade, direção de deslocamento, massa e tamanho dos veículos. O traçado da via deveria garantir que os veículos (usuários da via) que trafegam em diferentes velocidades não possam interagir (por exemplo, o movimento rápido dos carros e o dos usuários mais lentos e vulneráveis); ainda que aqueles que trafegam em direções diferentes não tenham a possibilidade de colidir, especialmente em alta velocidade, (por exemplo colisões frontais), e que usuários com distintas massas, diferentes tamanhos, volume ou peso, não possam se misturar (por exemplo, caminhões com usuários vulneráveis). Quando isso não for possível, é preciso que seja elaborado um projeto cujo traçado assegure a separação destes, e a velocidade da via seja reduzida. A aplicação desse princípio inclui que:
 - O projeto deve garantir a separação segura dos usuários vulneráveis do tráfego motorizado nas vias em que as velocidades de operação precisam ser superiores a 30 km/h, ou seja, em conformidade com a velocidade do Sistema Seguro.
 - Os projetos devem garantir, sempre que possível, a separação física entre o tráfego bidirecional em situações em que as velocidades estão acima dos níveis de tolerância humana (por exemplo, 70 km/h para veículos motorizados que possuem recursos de segurança modernos) e mais ainda quando a visibilidade é restrita.
5. **Velocidade Segura:** O projeto deve comportar as velocidades estabelecidas no Sistema Seguro. O fator determinante em um “projeto/desenho seguro” é garantir a segurança dos usuários da via que são mais vulneráveis ou menos protegidos e a sua tolerância às forças de impacto durante uma colisão. Esta capacidade de sobrevivência é largamente ditada pela velocidade do impacto para os diferentes usuários da via. Devido a isso, semelhante ao “projeto do veículo”, o conceito de “usuário da via” deve ser adotado para garantir a segurança, especialmente quando se considera o ambiente para o qual se está definindo a velocidade na fase de elaboração do projeto.
6. **As rodovias e suas margens devem ser livres de perigos, ou seja, mais “tolerantes”.** Em ambientes nos quais são permitidas altas velocidades, as vias e as margens devem estar livres de objetos fixos permanentes ou temporários, tais como estruturas rígidas, árvores, veículos parados/estacionados etc., e estes ambientes devem ser protegidos se a saída do veículo da via for inevitável.
7. **Exposição minimizada à riscos:** O desenho do projeto precisa minimizar a exposição ao risco para todos os usuários. Isto pode ser alcançado ainda na fase de planejamento por meio da implementação de infraestruturas seguras e de boa qualidade, que incentivem as mudanças nos modos de transporte utilizados (por exemplo, de motocicletas para sistemas de transporte coletivos nas cidades). A exposição ao risco também pode ser gerenciada através da disponibilização de elementos de infraestrutura seguros. Por exemplo, os cruzamentos podem ser concebidos com vistas a remover

ou eliminar a exposição ao risco, proibindo movimentos de conversão em múltiplas faixas de tráfego.

8. Projeto do sistema ('system design'): O projeto da via deve ser elaborado de forma a apoiar outros elementos do Sistema Seguro. Por exemplo, pode ser possível incorporar a resposta pós-colisão no projeto (fornecendo acostamentos para o estacionamento de veículos utilizados por deficientes físicos, ou acesso dos veículos de emergência, para que seja possível a aplicação segura das atividades de fiscalização).

1.3. O papel dos guias para projetos viários

É de vital importância compreender que as diretrizes contidas nos guias fornecem amplos princípios para a concepção de projetos, tanto para ambientes urbanos como também para os ambientes rurais, assim como detalhes técnicos. Porém não fornecem detalhes completos sobre a concepção específica destinada a cada situação. Estes princípios e detalhes técnicos precisam ser respeitados para alcançar os resultados esperados, incluindo o planejamento dos aspectos da segurança. No entanto, cada solução é uma combinação única dos elementos padrão, que requerem conhecimento especializado e a compreensão do tráfego local, para ser aplicada corretamente. O Australian Guide to Road Design afirma o seguinte:

“Cada projeto viário é um empreendimento único e nunca pode ser repetido exatamente igual. Não existem soluções “prontas para uso” que abordem completamente todas as situações encontradas, e é improvável que a aplicação rígida e impensada de gráficos, tabelas e figuras, leve ao resultado de um projeto que venha a ser bem-sucedido. Um bom projeto requer contribuições criativas baseadas na experiência dos projetistas e numa sólida compreensão dos princípios que regem o design de tais projetos. No entanto, cada situação é diferente e, portanto, os requisitos para a elaboração do projeto, também serão diferentes.⁹

Isto se aplica a todos os elementos do projeto e, particularmente, à segurança. A orientação australiana aprofunda esta questão, afirmando que “projetar e construir vias de acordo com as diretrizes não produzirá necessariamente resultados seguros”.¹⁰ Com base nos resultados obtidos no projeto e no nosso conhecimento sobre os impactos na segurança, isso infelizmente tem se mostrado verdadeiro em muitas situações. O projeto de vias seguras não é como seguir uma receita, sendo necessária uma experiência considerável para projetar vias que ofereçam segurança para todos os usuários. Devido às complexidades do projeto de vias, foram desenvolvidas verificações e ferramentas adicionais para ajudar a identificar riscos de segurança e

maximizar o potencial de segurança que pode ser obtido através do bom desenho do projeto. Essas ferramentas incluem auditoria/inspeção de segurança viária, avaliações na segurança da infraestrutura viária (incluindo o Programa Internacional de Avaliação Rodoviária (iRAP)) e uma avaliação do Sistema Seguro. Além disso, muita atenção tem sido dada a aplicação de métricas relevantes para a segurança durante o planejamento e a elaboração de projetos. Estas questões e ferramentas são discutidas no capítulo 7.

Os guias de projeto de vias sempre consideraram a segurança viária. Questões como a distância que permite visibilidade e a velocidade da pista, determinam grande parte do trabalho envolvido na elaboração de projeto e baseiam-se fundamentalmente na tentativa de alcançar resultados seguros para os usuários da via. Entretanto, as vias ainda são concebidas e construídas com riscos inerentes que resultam em morte e ferimentos graves. Esta falta de segurança pode decorrer do fato de que concessões terem que ser feitas (trade-offs) entre a segurança e eficiência, ou na mobilidade, devido a restrições do projeto, como custo, inconsistências do projeto viário, ou simplesmente falta de consideração pelos usuários vulneráveis, especialmente nos PBMRs (veja na seção 2.3 a discussão sobre os diferentes tipos de veículos e de usuários neste contexto). Contudo, em muitos países este resultado já não é visto como aceitável. Já não é aceitável conceber ou melhorar vias com falhas na segurança que sejam inerentes aos projetos, acarretando níveis inaceitáveis de risco de morte ou de ferimentos graves. Devemos garantir que os projetos sigam os princípios do Sistema Seguro e, na medida do possível, eliminem mortes e ferimentos graves.

As informações de projeto relacionadas à segurança geralmente são incluídas nos estágios posteriores dos documentos de orientação de projeto. Por exemplo, as decisões sobre o tipo de projeto de interseção a ser usado ou a disponibilidade de um direito de passagem são tomadas no início do processo de projeto. Os projetistas podem ter capacidade limitada para alterar essa decisão ou acreditar que não podem. Eles fazem o melhor que podem para projetar a versão mais segura do que lhes foi solicitado. No entanto, há implicações de segurança significativas com base nesse processo de tomada de decisão anterior. Por exemplo, as rotatórias nos ambientes de maior velocidade normalmente têm um desempenho de segurança muito melhor do que os semáforos. Isto reforça que as decisões políticas e de planejamento têm frequentemente um grande impacto nas escolhas dos projetistas e nos resultados que decorrem da implementação do projeto final. No entanto, também destaca a necessidade dos projetistas entenderem as implicações das decisões que tomam ao desenhar o projeto viário, e a importância de questionarem essas decisões quando for possível obter melhores resultados.

O conhecimento sobre a concepção de vias seguras também

⁹ Austroads. 2015. Guide to Road Design Part 1, AGRD01-15, Austroads, Sydney, Australia.

¹⁰ Austroads. 2019. Guide to Road Safety Part 6: Road Safety Audit, AGRS06-19, Austroads, Sydney, Australia.

tem melhorado, com novas soluções que têm surgido regularmente e, em alguns casos, os princípios básicos que regem os projetos para construção de vias também estão evoluindo. Por exemplo, a base de conhecimentos para a elaboração das intersecções tem mudado, e têm surgido melhores opções, tais como a utilização de plataformas para elevar as intersecções visando auxiliar a gestão de velocidades e consequente melhora na segurança (ver seção 6.4). Devido a evolução do conhecimento, as orientações precisam ser continuamente atualizadas. É importante compreender que as atualizações das orientações frequentemente levam muitos anos e, por isso, as edições atuais dos guias destinados à elaboração de vias seguras e das normas nacionais não refletem necessariamente as boas práticas atualmente disponíveis. Por exemplo, em nível global, a grande maioria dos guias existentes destinados a elaboração de intersecções ainda não reflete o novo pensamento relativo à segurança viária. Este guia pretende ser o mais atualizado possível no momento da sua preparação.

As orientações produzidas para, e nos PBMR são frequentemente adaptadas das melhores práticas recomendadas dos países de alta renda (PAR). Isto se deve ao fato de os PAR terem sido muitas vezes os primeiros a produzir estas orientações, e grande parte da investigação subjacente também ter sido realizada nestes países. Em alguns casos, foram feitas tentativas para refletir as condições locais ao traduzir estes guias para uso nos PBMR. No entanto, existem lacunas significativas no conhecimento sobre algumas questões relacionadas a elaboração de projetos e sua utilização em vias nos PBMRs. Como um exemplo óbvio, o mix de tráfego costuma ser bem diferente, talvez envolvendo uma proporção muito maior de motocicletas e outros usuários vulneráveis, além de um mix de veículos mais lentos. Mesmo que as normas contidas no projeto reflitam as boas práticas, estas são frequentemente aplicadas para o aprimoramento de vias existentes, o que pode trazer novos desafios. Isto pode levar à implementação de desvios que estão fora dos padrões definidos no projeto. As vezes esses desvios ocorrem para evitar a aquisição de terrenos ou ainda na manutenção do traçado existente; qualquer desvio das normas deve ser

acompanhado por medidas para que sejam capazes de mitigar os riscos de segurança resultantes das alterações feitas ao projeto, embora nem sempre seja esse o caso (ver seção 2.4). Da mesma forma, muitas vezes há deficiências nos padrões e na manutenção dos veículos. Por vezes, também existem diferentes comportamentos inseguros dos usuários da via devido à falta de aplicação das leis de trânsito, que de outra forma já teriam sido alterados e já poderiam fazer parte do comportamento comum e também à falta de infraestrutura adequada. Devido a estas lacunas, pode haver deficiências que permitam sua adequação ao ambiente viário de um PBMR e dos seus usuários nas recomendações contidas no projeto. Isto pode exigir um maior entendimento da situação local e a necessidade de adequação do conteúdo das orientações atuais. Isto precisa ocorrer de forma estruturada e baseada em evidências (ver seção 2.6).

Em resumo, os guias de projeto de vias são tecnicamente sólidos, mas podem não atender a todos os objetivos de informar aos projetistas sobre como fornecer uma combinação singular de elementos para o projeto e nas soluções para a segurança viária. A maioria das restrições destacadas acima são reconhecidas e frequentemente documentadas nos próprios guias de projeto. No entanto, estas restrições são muitas vezes ignoradas pelos profissionais, levando a aplicação rigorosa das regras contidas nos guias, sem considerar o contexto local (essa questão é discutida mais detalhadamente na seção 2.4). Em muitos casos, isto também leva a resultados negativos em termos de segurança viária. Devido às complexidades dos projetos viários, foram desenvolvidas ferramentas adicionais para ajudar a identificar os riscos e a maximizar o potencial de segurança por meio do bom desenho das vias (ver capítulo 7). Este guia foi concebido para preencher estas lacunas, destacando as questões relacionadas à segurança que devem ser consideradas na concepção de vias, bem como as ferramentas e abordagens necessárias para garantir a segurança.

1.4. Sobre este Guia

Este guia foi produzido pelo Global Road Safety Facility (GRSF), que é sediado no Banco Mundial. Um resumo do programa GRSF está contido no quadro 1.1. Este documento foi produzido principalmente para aqueles que trabalham no desenvolvimento e implementação de aprimoramentos viários e com recursos para a segurança em países de baixa e média renda, embora as informações também sejam de interesse para aqueles que trabalham em países de alta renda (PAR). Ele fornece orientação direta sobre questões relacionadas à segurança, para projetos em ambientes urbanos e rurais, baseados na experiência e no conhecimento das atividades desenvolvidas nos PBMR em todo o mundo. Assim, este guia deve ser utilizado pelos líderes das equipes de trabalho do Banco Mundial e de outros Bancos Multilaterais de Desenvolvimento (BMD) para informar aos clientes dos PBMRs sobre questões de segurança na elaboração de projetos, bem como os projetistas e profissionais envolvidos em projetos de desenvolvimento de vias, pesquisadores e acadêmicos. A lista de fatores de risco comuns fornecida aqui pode ser utilizada como ponto de partida, e devem ser incluídos como elementos de projeto. Estes fatores devem ser rigorosamente contemplados para a incorporação dos aspectos relativos à segurança em projetos viários.

O guia também será útil para aqueles que desejam incorporar boas práticas e abordar a segurança em seu projeto. Portanto, as informações contidas neste guia serão relevantes para os profissionais que trabalham em projetos financiados pelo Banco Mundial, mas também para países clientes e outros atores envolvidos em projetos viários. Deve ser utilizado juntamente com as orientações para os projetos locais e pode ser útil para chamar a atenção na identificação de onde podem surgir os desafios em segurança em um determinado projeto, ou simplesmente ajudar a identificar lacunas nas orientações já existentes. Nessa perspectiva, também pode ser útil para aqueles que, em PBMRs, estão prestes a atualizar as orientações locais ou que estão tentando adaptar orientações de outros países às suas condições.

Este guia não fornece informações detalhadas sobre como desenhar um projeto. As informações contidas neste guia não permitirão que um projetista projete uma rotatória, uma barreira de segurança ou uma curva em uma zona rural com alta velocidade. Este documento fornece referências externas para este tipo de aconselhamento. Em vez disso, o documento ajudará a identificar problemas relacionados com segurança em locais que necessitam de intervenções que visem solucionar problemas que podem ser minimizados ou resolvidos, por meio do projeto de uma rotatória, de uma barreira lateral, de uma curva em uma via de alta velocidade na zona rural ou de instalações semelhantes. Também fornece informações sobre ferramentas que devem ser utilizadas como parte do processo de elaboração do projeto viário, para garantir que a segurança esteja incorporada nos projetos e nas políticas.

Não se pretende que o documento seja lido de capa a capa, mas sim que seja usado como referência para todos os aspectos do processo de elaboração de projetos, com vistas a garantir que a segurança dos usuários das vias esteja na vanguarda das considerações de projeto. As dimensões adequadas para intervenções específicas também dependerão de padrões locais apropriados – que poderão necessitar de revisão para proporcionar os benefícios de segurança adequados.

O Capítulo 2 deste guia aborda alguns princípios gerais de projeto viário que se relacionam com a obtenção de resultados de vias seguras. O conteúdo principal deste relatório encontra-se nos capítulos 2 a 6. No conteúdo de cada capítulo são apresentadas diversas questões sobre projeto rodoviário. É fornecida uma descrição de cada uma delas, juntamente com informações baseadas em evidências sobre os aspectos relacionados à segurança. São fornecidas soluções aplicáveis em países de baixa e média renda, juntamente com estudos de caso que ilustram essas questões e soluções, além de referências importantes para leitura adicional. O Capítulo 2 centra-se no planejamento e na elaboração de projetos, enquanto o capítulo 4 centra-se na atenção que deve ser dedicada aos usuários vulneráveis da via, incluindo pedestres, ciclistas e motociclistas. O Capítulo 5 avalia projetos relacionados à seção transversal e ao traçado, e o Capítulo 6 fornece informações sobre interseções. O Capítulo 7 fornece informações sobre algumas ferramentas relacionadas ao traçado viário que auxiliam no alcance de resultados seguros.

Os Capítulos 4 a 6 cobrem os aspectos de traçados de vias destinadas a vários grupos de usuários e elementos de infraestrutura. A investigação citada ao longo das seções baseia-se principalmente no trabalho em países de alta renda. Quando disponível, foram citadas pesquisas específicas em PMBR. No entanto, deve ser enfatizado que o impacto na segurança decorrentes de muitas características dos projetos não foi validado nestes países. Espera-se que isto encoraje países e organizações individuais que trabalham em países de baixa e média renda a desenvolver esta validação para situações específicas, caso contrário, os mesmos pressupostos não validados sobre a portabilidade / transmissibilidade das medidas permanecerão sem resposta.

Conforme destacado na seção 1.1. a provisão dessa infraestrutura segura nas vias depende da capacidade de tomada de boas decisões, através do reconhecimento dos fatores chave que causam risco. Isso deve ser feito durante o planejamento da infraestrutura viária e também através da incorporação de elementos apropriados ao traçado que possam equacionar esses fatores. Para fornecer uma

orientação, os principais fatores de risco relacionados ao projeto viário para cada tipo de via são identificados na Tabela 1.1. Espera-se que seja dedicado especial cuidado a esses aspectos durante o planejamento e o desenho da infraestrutura nesses ambientes. Os fatores de risco serão discutidos juntamente com as soluções cabíveis nas seções seguintes conforme indicado na tabela.

Tabela 1.1: Fatores de risco típicos de projeto rodoviário

	Fator de risco	Rodovias	Vias interurbanas de alta velocidade	Vias urbanas, residenciais e de vilarejos	Consultar a seção:
1.	Distância de visibilidade inadequada ou campo de visão obstruído com construção não planejada ao lado da via	X	X	X	3.3: Distância de visibilidade
2.	Instalações de barreiras de segurança ausentes, insuficientes ou incorretas (na beira da via e na faixa central)	X	X		5.8: Barreiras
3.	Combinações ruins de traçado horizontal e vertical, em particular "depressões ocultas" (hidden dips)	X	X		
4.	Presença de objetos rígidos na beira da via que representam perigo	X	X		5.3: Curvatura horizontal
5.	Drenagem insuficiente levando a alagamentos ou valas de drenagem abertas e profundas que representam risco	X	X	X	5.5: curvatura vertical e gradiente
6.	Seção transversal com acostamentos largos e rígidos usadas (erroneamente) regularmente para ultrapassagens		X		5.7: Acostamentos
7.	Sequência de raio inconsistente de curvas consecutivas, por exemplo, curva acentuada após uma sequência de curvas significativamente mais suaves, curvas compostas errôneas com alta variabilidade da proporção do raio, curvas traseiras quebradas etc.		X		5.11: Drenagem
8.	Rotas inseguras e proteção insuficiente para os pedestres, ciclistas e motociclistas ao longo da via e cruzamentos, incluindo instalações para pedestres e ciclistas ausentes/insuficientemente separadas do tráfego de alta velocidade e instalações de travessia ausentes/insuficientes	X	X	X	5.2: Largura e tipo de acostamento
9.	Resistência inadequada à derrapagem	X	X		5.3: Curvatura horizontal
10.	Falta de faixas de subida em trechos íngremes, em vias de pista dupla		X		4: Via vulnerável para usuários devido ao traçado usado na infraestrutura
11.	Superelevação insuficiente nas curvas, levando a alto risco de deslocamento lateral ou capotamento	X	X		5.10: Revestimento da via
12.	Falta de margens fortes e estáveis		X		5.6: Pistas para ultrapassagem

13.	Controles de sinalização que não consideram as necessidades de todos os usuários da via, incluindo demora excessiva para os pedestres e ciclistas		X	X	5.4: Superelevação e inclinação transversal
14.	Falta de proteção para os movimentos de conversão à esquerda em tráfego à direita e para os movimentos de conversão à direita em tráfego à esquerda		X	X	5.2: Largura e tipo de acostamento
15.	Larguras das vias e seções transversais inadequadas em áreas urbanas, por exemplo, vias largas em detrimento de instalações destinadas aos usuários vulneráveis		X	X	6.2: Sinalização dos cruzamentos
16.	Faixas estreitas em vias de alta velocidade, curvas e faixas de conversão	X	X		6. Cruzamentos
17.	Instalações de estacionamento e carregamento inadequadas		X	X	5.13. Sinalização de trânsito
18.	Medidas para moderação do tráfego (traffic calming) ausentes/ineficazes		X	X	5.14. Demarcação de faixas
19.	Falta de contato visual entre motoristas e pedestres/ciclistas			X	5.1: Largura da via
20.	Dificuldade para o reconhecimento de cruzamentos e dos direitos de passagem, devido à falta de recursos de orientação, por exemplo, direcionamento, marcações e sinais			X	5.1: Largura da via
21.	Sinalização inadequada; falta de boa demarcação na pista/pavimento	X	X	X	5.7: Acostamentos

Box 1.1: Como a GRSF e o Banco Mundial incorporam desenho seguro em projetos de transporte?

O Banco Mundial tem o duplo objetivo de acabar com a pobreza extrema e promover o compartilhamento da prosperidade. Como parte destes objetivos globais, o Banco Mundial tem trabalhado para promover a mobilidade sustentável em todo o mundo. Sob os efeitos combinados da globalização, do crescimento populacional, da rápida urbanização, do desenvolvimento econômico e do progresso tecnológico, as necessidades dos países têm crescido exponencialmente, tornando os transportes sustentáveis uma parte vital da agenda de desenvolvimento global. Os aprimoramentos em segurança viária são uma parte essencial da oferta de soluções de transporte sustentáveis. O Banco Mundial e o GRSF reconhecem os impactos significativos das mortes e lesões causadas por sinistros de trânsito no crescimento econômico dos países de baixa e média renda e o papel dos sinistros na condução das famílias para a pobreza, como resultante da perda do rendimento familiar devido a uma fatalidade ou deficiência permanente. Assim, os sinistros de trânsito têm um impacto direto nos objetivos duplos do Banco Mundial.

O GRSF está sediado no Banco Mundial desde a sua criação em 2006, e tem o objetivo de ajudar a enfrentar a crise crescente de mortes e lesões causadas em sinistros de trânsito nos países de baixa e média renda. O GRSF fornece financiamento e desenvolvimento de conhecimentos através de pesquisas, transferência de conhecimentos, advocacy e assistência técnica, que visam ampliar e melhorar a segurança viária nos PBMRs.

A segurança viária está incorporada às atividades do Banco Mundial como parte do Quadro Ambiental e Social (ESF da sigla em inglês) por meio da Norma Ambiental e Social 4 (NAS4). O ESF, que entrou em vigor em outubro de 2018, exige que a segurança viária seja considerada nos projetos e abordada sempre que for relevante. Foi preparada uma Nota de Boas Práticas para orientar a implementação dos requisitos de segurança viária no ESF. Os requisitos agora incluem um indicador de segurança viária nos projetos para monitorar os componentes de segurança viária. A GRSF desenvolveu Road Screening and Appraisal Tool (RSSAT) (ver também a seção 7.3) que permite a avaliação dos impactos de segurança viária ainda nos estágios iniciais do planejamento e desenvolvimento do projeto. Isto permite o aperfeiçoamento dos projetos para melhorar a segurança viária antes que o projeto esteja avançado e as intervenções de segurança sejam mais difíceis de incluir. A Prática Global de Transporte implementou uma política que exige o uso de RSSAT projetos de rodovias e de mobilidade urbana, incluindo o cumprimento de padrões mínimos de segurança. A GRSF está planejando desenvolver o RSSAT como uma ferramenta baseada na web e compartilhará-la publicamente. Consulte o site da GRSF (<https://www.roadsafetyfacility.org/>).

Além disso, a GRSF tem promovido boas práticas em projetos de estradas por meio da formação em PBMRs e incorpora estas boas práticas em projetos em todo o mundo. Além disso, o GRSF fez parceria com a iRAP para desenvolver a ferramenta Star Rating for Designs, que está disponível para uso gratuitamente. Esta ferramenta foi desenvolvida para permitir que uma classificação por estrelas seja facilmente incorporada ao processo de projeto viários. Mais detalhes sobre essas ferramentas e as formas como elas podem ser usadas para incorporar a segurança viária no projeto podem ser encontradas no capítulo 7.

2. PRINCÍPIOS FUNDAMENTAIS DE PROJETOS VIÁRIOS NO CONTEXTO DO PLANEJAMENTO SEGURO

2.1. Princípios gerais de projeto viário

A concepção de infraestruturas rodoviárias desempenha um papel significativo nos resultados obtidos na segurança viária, mas normalmente a segurança é apenas uma consideração entre muitas durante o processo de concepção de vias e muitas vezes não é priorizada. Esta seção descreve algumas das considerações gerais de projetos viários. Mais detalhes podem ser encontrados em vários guias que apresentam sua abordagem nacional sobre projetos rodoviários, como o *The Austroads Guide to Road Design*,¹¹ que fornece aos projetistas uma estrutura que promove a eficiência do projeto, na construção, na economia, na consistência e na segurança para os usuários da via. Outros documentos semelhantes incluem *AASHTO Green Book*¹² e o *PIARC Road Safety Manual*, além de muitos outros.

O projeto e a construção de vias envolvem o projeto geométrico e estrutural. Um dos objetivos fundamentais é otimizar a segurança operacional e a eficiência dos transportes dentro das contingências locais (incluindo orçamentos, preocupações ambientais e outros resultados sociais). O projeto precisa considerar tanto o volume de tráfego quanto o tipo de tráfego que se espera para a via, e deve abranger todos os grupos de usuários – motorizados e não motorizados.

Os engenheiros rodoviários projetam a geometria da via para garantir a estabilidade de todos os veículos ao planejar as curvas e os declives para que possam fornecer campos de visão adequado para as manobras de ultrapassagem e de parada. As escolhas feitas durante a elaboração do projeto relacionadas com o traçado geométrico da via dependerão do ambiente através do qual a via passa – principalmente em partes habitadas e da topografia do local. As interações entre estas características do traçado com o ambiente têm um impacto fundamental na segurança. Cada situação de projeto é única e não existem soluções “prontas para uso” que atendam totalmente a

todas as situações encontradas. Conforme discutido na Seção 1.3, é improvável que a aplicação rígida e impensada de gráficos, tabelas e figuras leve a um resultado de projeto bem-sucedido e seguro. Um bom traçado requer ideias e contribuições criativas baseadas na experiência, no conhecimento do ambiente local (incluindo considerações dos usuários da via) e uma sólida compreensão do traçado viário, permitindo que princípios e soluções baseados em evidências sejam efetivamente aplicados, com a incorporação das devidas adequações para as circunstâncias locais exatas. Também são necessários processos e ferramentas que garantam segurança sejam incorporados de forma proativa no projeto (ver capítulo 7).

Todo projeto viário DEVE:

- Atender às necessidades de todos os usuários da via.
- Ser realizado por um projetista qualificado, sob a supervisão de um engenheiro profissional/engenheiro de projetos sênior, ambos com experiência comprovada em projetos rodoviários segundo o escopo do projeto.
- Estar seguro, garantindo que quaisquer medidas de segurança recomendadas não sejam reduzidas em favor da economia nos custos durante o processo de elaboração e de construção do projeto.
- Ser sensível ao contexto, incluindo ser adequado ao uso do solo.
- Demonstrar a relação custo-efetividade através de processos de engenharia, análises de custo-benefício e ainda levar em consideração os custos ligados a vida útil (whole-of-life) da intervenção (que incluem os benefícios de segurança).
- Ser adequado à finalidade, ou seja, à função que deve servir, ao mesmo tempo em que tenta alcançar o mais alto padrão possível de desenho, segurança e eficiência operacional dentro do contexto do local, do escopo do projeto e do orçamento.

¹¹ <https://austroads.com.au/safety-and-design/road-design/guide-to-road-design>. Acessado em 27/07/2020.

¹² A Policy of Development of Highways and Streets 7th ed. 2018. AASHTO.

- Ser submetido a um processo de auditoria por auditores de segurança viária independentes e qualificados.

DEVE ainda:

- Levar em conta o impacto no meio ambiente, o patrimônio cultural e as necessidades sociais.
- Reconhecer o impacto crescente das alterações climáticas na resiliência das infraestruturas rodoviárias.
- Manter ou melhorar o desempenho de uma via já existente.
- Documentar integralmente a racionalidade que embasou as decisões sobre o traçado do projeto.
- Cumprir os objetivos do projeto considerando os objetivos que visam a interligação da via com a rede rodoviária.
- Ser capaz de demonstrar que o projeto equilibra adequadamente todos os princípios acima mencionados, dentro dos limites de abrangência e das contingências do projeto, e que este é complementar à rede rodoviária já existente.
- Considerar e atender a interação entre todos os usuários e a via.
- Atender às necessidades atuais, e ao mesmo tempo antecipar as necessidades futuras.
- Ser desenvolvido de acordo com orientações consistentes sobre projetos viários. Projetos inovadores podem ser desenvolvidos usando as bases fornecidas nas orientações de projeto aceitas; no entanto, todos os outros princípios de projeto devem ser mantidos.

No contexto de concepção e da oferta aos usuários de um ambiente viário mais seguro, a abordagem do Sistema Seguro visa a garantir que potenciais colisões sejam evitadas e, caso ocorram, que as forças de impacto do sinistro não excedam a tolerância humana. As conclusões de estudos suecos identificaram que, embora houvesse uma forte interação entre os três componentes do sistema de veículos, infraestrutura viária e usuários, os fatores baseados na via, incluindo a velocidade, estavam mais fortemente ligados aos resultados de sinistros fatais.¹³

As vias, portanto, devem ser projetadas objetivando reduzir a probabilidade da ocorrência de sinistros, e para minimizar lesões em usuários da via, mesmo quando ocorre um sinistro. Há evidências muito claras que sugerem que a gravidade resultante de sinistros de trânsito é fortemente influenciada pelo projeto da via. Em particular, isto inclui as características que indicam aos condutores a velocidade para a qual a pista foi concebida para funcionar e as características que definem velocidades mais baixas em determinados pontos da via. Os elementos que normalmente têm impacto na eficiência e segurança incluem cruzamentos/interseções, curvas horizontais e verticais, curvatura (superelevação), inclinação, seções transversais (largura da faixa da pista do acostamento, canteiros centrais e disposição do acostamento) e as áreas de fusão e de ramificação (merge and diverge areas). Todos esses elementos (e outros) são abordados em detalhes nos manuais e diretrizes de design nacionais/locais.

As vias devem ser projetadas para atender a uma função e um uso definidos previamente (ver seção 2.2). Ao adotar um traçado consistente e claramente diferenciado para cada grupo de funções, a via pode criar condições para que seja feita uma avaliação mais precisa do risco pela maioria dos condutores. Isto, por sua vez, incentiva um comportamento dos usuários consistente com o padrão de segurança da via. Os mesmos princípios gerais de gestão funcional devem ser aplicados às redes urbanas e rurais.

São necessárias opções de projeto apropriadas para vias que atendem a diferentes funções, objetivando minimizar o número de sinistros, e caso estes ocorram, que possa ser mitigada a gravidade das lesões, especialmente em vias de alta velocidade. Além disso, também é importante afirmar que uma seleção consistente de critérios mínimos de projeto não é uma boa prática e que essas escolhas geralmente levam a projetos inseguros e inconsistentes.

Enquanto os engenheiros de rodovias se concentram nos parâmetros geométricos, os usuários da via estão mais preocupados com o contexto da via e confiam nos sinais visuais e nos detalhes para determinar com segurança os riscos e a velocidade apropriada. Estes elementos devem ser fornecidos de tal forma que possam dar a todos os

¹³ Stigson, H. 2009. A safe road transport system—factors influencing injury outcome for car occupants Tese de doutorado. Stockholm, Karolinska Institutet.

usuários da via tempo suficiente para que estes tomem as decisões adequadas que podem evitar colisões e ferimentos. É necessário um equilíbrio entre demasiada e pouca informação, mas toda informação fornecida deve permitir aos usuários avaliar qual é o comportamento adequado e seguro a ser adotado. (Veja a seção 2.2 para mais informações autoexplicativas sobre vias).

A infraestrutura rodoviária deve ser projetada para levar em conta, de forma proativa, os mesmos critérios de tolerância a lesões desenvolvidos para a proteção de ocupantes de veículos e impactos de pedestres, de modo que as vias e os veículos, em conjunto, forneçam um sistema de segurança eficaz. Abaixo estão alguns níveis de risco para diferentes usuários da via.

Os riscos para os ciclistas variam substancialmente em diferentes países, e são o reflexo da infraestrutura disponibilizada para eles e para os diferentes níveis de tráfego de veículos motorizados que interagem com eles.

- O risco para os veículos motorizados de duas rodas é particularmente elevado ¹⁴ e são necessárias soluções para minimizar a gravidade dos ferimentos resultantes do seu impacto com os obstáculos presentes no acostamento.
- Entre os pedestres, os jovens e os idosos estão em maior risco.
- Os usuários idosos têm capacidades físicas e cognitivas reduzidas.¹⁵

A segurança é fundamental para o projeto e o ciclo de vida operacional de uma via. A segurança não deve ser relegada apenas ao comportamento seguro dos usuários – os milhões de sinistros e feridos a nível mundial, todos os anos, mostram que isto não funciona. O processo deve começar com uma avaliação do impacto na segurança de uma proposta antes mesmo de se decidir onde instalar uma nova via.

É necessária uma abordagem proativa para melhorar a segurança viária. As auditorias que avaliam a segurança devem ser realizadas em pontos específicos, durante as fases de projeto, construção e pós-inauguração, para garantir que todos os aspectos no projeto detalhado que possam afetar a segurança sejam abordados. Uma

auditoria com o olhar na segurança durante a fase de construção também ajuda a garantir que os trabalhadores e os usuários não corram riscos durante o desenvolvimento e a mudança das condições da via.

Uma vez construída e aceita pelas autoridades rodoviárias, estas têm a responsabilidade de garantir a operação segura da via. A melhor maneira disso ser feito é através de uma combinação da investigação dos sinistros ocorridos e inspeção da via com vistas a permitir o desenvolvimento de programas de reparação que tenha boa relação de custo-benefício; existem muitas ferramentas para apoiar essas atividades. Esses aspectos das avaliações e ferramentas proativas são discutidos com mais detalhes no capítulo 7: Ferramentas para elaboração de traçados que geram resultados seguros.

2.2. Função da via e uso do solo

Historicamente, as classificações funcionais têm sido utilizadas para agrupar vias em classes, ou sistemas, de acordo com a natureza do serviço que se destinam a prestar. A classificação funcional descreve como as viagens podem ser canalizadas dentro da rede, de uma forma lógica e eficiente, definindo o papel que qualquer via ou rua específica deve desempenhar no atendimento ao fluxo de viagens através de uma rede viária. As principais rotas na rede são comumente classificadas por duas funções: Acesso e Mobilidade (ou movimento e local (veja a figura 2.1) e são frequentemente conhecidas como:

- Vias principais/arteriais,
- Vias distribuidoras/coletoras, e
- Vias locais.

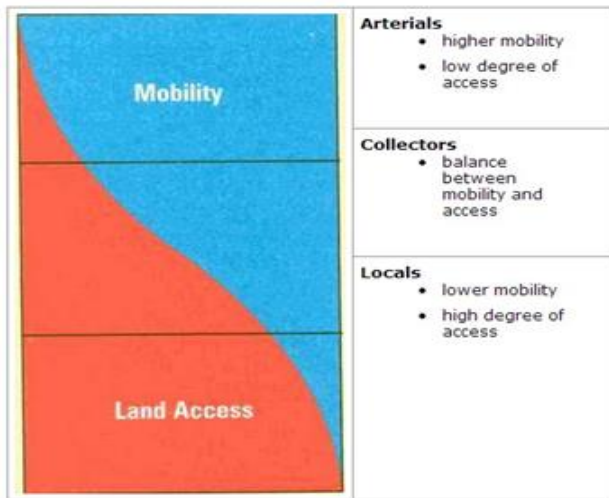
Estas classificações padrão permanecem constantes ao longo toda a via, e isto tem sido frequentemente utilizado para informar os critérios de concepção e gestão, que são aplicados a diferentes partes da rede.

Diferentes classificações viárias oferecem diferentes níveis de mobilidade e acessibilidade, dependendo da sua utilização global, que exige diferentes velocidades de tráfego, segregação de utilizadores e outras ações para a condução, por exemplo, disposição para lidar com ciclistas e pedestres (inclusive crianças pequenas).

¹⁴ Um estudo de países da UE relata que o risco de fatalidade de veículos motorizados de duas rodas é 20 vezes maior do que o dos ocupantes de automóveis, em média (European Transport Safety Council. 2003. Transport safety performance in the EU: a statistical overview. Conselho Europeu de Segurança nos Transportes, Bruxelas, Bélgica, <https://etsc.eu/transport-safety-performance-in-the-eu-a-statistical-overview/> . O risco em países de baixa e média renda (LMICs) pode ser muito pior devido à existência de fatores contribuintes, como motocicletas inseguras, baixo uso de capacete, padrão inadequado de capacete, treinamento de motociclistas, fiscalização deficiente e lacunas na regulamentação, ambiente viário ruim e atendimento inadequado após sinistros.

¹⁵ FHWA. 2014. Manuel de conception des routes pour la population vieillissante. Acessado em https://safety.fhwa.dot.gov/older_users/handbook/.

Figura 2.1: Funções de acesso e mobilidade para diferentes classes de vias. Fonte: FHWA.



Fonte : FHWA.

As redes na maioria dos países refletirão, portanto, o desenvolvimento de uma hierarquia de utilização motorizada,¹⁶ com vias/autoestradas/vias expressas no nível mais alto de utilização motorizada, e vias de acesso locais em nível mais baixo. Na prática, uma hierarquia básica ocorrerá naturalmente através das rotas com maior tráfego sendo projetadas segundo os padrões mais elevados. É importante que a hierarquia seja definida para estabelecer diretrizes claras que liguem o projeto da via à uma função real, de modo a proporcionar os níveis desejados de mobilidade e acessibilidade. Em muitos países de baixa e média renda, no entanto, uma hierarquia clara torna-se confusa, com vias servindo a uma mistura de funções; por exemplo, os recursos podem ser insuficientes para financiar uma rede viária segregada e as vias principais servirem frequentemente como centros de atividade comercial. Além disso, as redes viárias se entrelaçam e ligam áreas residenciais, comerciais, urbanas e suburbanas de cidades, vilas e aldeias. Elas cumprem muitas funções ao longo de suas rotas, atendendo a muitos tipos de atividades, e não apenas a viagens em diferentes modos de transporte. Assim, as vias precisam de ser concebidas para a sua função real, e deve-se reconhecer que isto pode diferir ao longo da sua extensão.

Não é seguro presumir que a função pretendida de uma via será a sua função ao longo de toda a sua extensão, ou durante toda a sua vida útil. Ao não se considerar a mudança do contexto ao longo da rota, este sistema de classificação limita a compreensão de como as melhorias, a manutenção ou a segurança devem refletir as funções mais amplas para as quais as rotas se destinam. Este contexto em mudança é ilustrado por algumas das imagens nas figuras 2.2 a 2.4.

É necessário fazer uma distinção clara entre ruas e outros tipos de vias. As vias locais dentro de uma área urbana são muitas vezes referidas como “ruas” e são normalmente ladeadas por edifícios e atividades não relacionadas a viagens, incluindo comércio, lazer e outras formas de ocupação. Embora o movimento da rua seja um requisito importante, a capacidade de realizar outras funções com segurança torna-se cada vez mais dominante. No contexto dos PBMRs estas hierarquias enfrentam frequentemente um grande desafio devido à distribuição típica de parcelas de modos de transporte que consistem num grupo significativo de usuários não motorizados nas vias.

Nas ruas de qualquer área urbana você pode encontrar pessoas passeando com seus cachorros, almoçando em um café na calçada, esperando por um amigo ou simplesmente observando as pessoas. Nas vias que ligam a cidade A à cidade B, é menos provável que você encontre algo assim, pois a mobilidade é a função principal. O termo “rua”, então, deveria ser aplicado especificamente às vias urbanas locais. As ruas conectam as pessoas para interação, enquanto outras vias conectam vilas e cidades para viagens (embora a função possa ser diferente para pontos específicos ao longo da via).

Em 1997, as autoridades holandesas envolvidas na gestão rodoviária coletivamente chegaram a um acordo sobre um importante programa de segurança viária denominado *Duurzaam Veilig* (“Segurança Sustentável”). Um dos seus princípios é uma categorização objetiva das vias, concentrados em um pequeno número de desenhos visualmente distintos e claramente reconhecíveis, que devem ser aplicados de forma consistente em todo o país. Quatro categorias de vias parecem ser suficientes para satisfazer todas as necessidades.¹⁷ Estas são:

- Autoestradas;

¹⁶ Le niveau le plus élevé est lié au volume de trafic et pas nécessairement à l'importance.

¹⁷ Theeuwes and Godthelp. 1995. *Self-Explaining Roads*. *Safety Science*, 19, 217–225.

Figura 2.2: Vendedores na via no Senegal.



Fonte: © Soames Job/GRSF/World Bank.

Figura 2.3: Lojas ocupando calçadas e estradas no Nepal.



Fonte: © Soames Job/GRSF/World Bank.

Figura 2.4: A via é um ponto de encontro nas aldeias da Armênia.



Fonte: © Soames Job/GRSF/World Bank.

- Vias principais interurbanas
- Vias ou ruas locais para ligar áreas residenciais a lojas e serviços, e
- Woonerfs (zonas residenciais com a velocidade do trânsito reduzido).

Muitos países agora consideram que necessitam de um maior número de categorias para cobrir toda a sua gama de tipos de vias (por exemplo, vias de acesso rural, vias urbanas coletoras), e a distinção entre cada categoria torna-se mais ténue dependendo das diversas atividades que precisam ser acomodadas. O ponto importante é que todas as vias e ruas podem ser concebidas visando criar diferentes expectativas sobre como os usuários devem agir.

A Figura 2.5 mostra exemplos de matrizes de movimento e localização no Reino Unido e na Austrália. Os dois eixos representam as prioridades relativas das vias para facilitar a circulação de pessoas e mercadorias, e atuar como destino para as pessoas. A posição da via no eixo de movimento baseia-se na importância estratégica da via, identificada pelo seu papel na rede mais ampla. A posição da via no eixo do lugar (localização) baseia-se na importância estratégica e no valor comunitário da via como um lugar.

O objetivo é que as diferentes classes de vias sejam distintas e, dentro de cada classe, características como largura da faixa de rodagem, marcações viárias, sinalização e utilização de iluminação pública sejam consistentes

Figura 2.5: Movimento e localização de estradas e ruas.



Fonte : UK CIHT. 2010. Manual for Streets 2. <https://www.ciht.org.uk/knowledge-resource-centre/resources/revising-manual-for-streets/>. Wider Application of the Principles. Note that the term “high street” in this diagram relates to a busy commercial shopping street. This is sometimes termed a “main street” in other countries. Government of South Australia. 2012, Streets for people, Adelaide, Australia.

ao longo do percurso e adaptadas à sua utilização funcional. Desse modo, os motoristas perceberiam o tipo de via e saberiam “instintivamente” como se comportar. O ambiente fornece efetivamente uma “etiqueta” para o tipo particular de via, e haveria menos necessidade de dispositivos de controle de tráfego separados, tais como sinalização de trânsito adicionais para regular o comportamento do trânsito.¹⁸ Eles se tornam “autoexplicativos”, ou seja, mais intuitivos para todos os usuários.

No entanto, simplesmente gastar recursos preciosos para alcançar uniformidade em um corredor que de outra forma continuaria não sendo seguro e eficiente, pode não ser aceitável. Portanto, pode ser aplicada uma filosofia menos onerosa para alcançar um nível aceitável de uniformidade das instalações ao longo de um corredor.

Figura 2.6: Uma via rural que passa através de um mercado – Chade.



Fonte: © Soames Job/GRSF/World Bank.

Figura 2.7: Principal via arterial urbana separada da área de atividade mista – Catar.



Fonte: © John Barrell.

Essa filosofia é de previsibilidade. Isto é, para seções sucessivas ao longo de uma via em um ambiente uniforme (rural vs. urbano), deve haver pouca ou nenhuma variação no nível da seção transversal, no padrão geométrico horizontal ou vertical ou na distância do campo de visão fornecido. Uma abordagem “sem surpresas” tem uma coerência no contexto que fornece aos utilizadores informações apropriadas e relevantes, em tempo hábil para facilitar a sua tomada de decisão. Quaisquer alterações rápidas ou isoladas, por exemplo, curvas acentuadas ou estreitamento dos acostamentos/faixas de escape, seriam consideradas “fora de contexto” e seriam idealmente eliminadas, mas se forem inevitáveis, então um tratamento local mais específico deve ser considerado, para avisar antecipadamente aos motoristas sobre sua presença na via.

Figura 2.8: Barracas na via sem separação entre movimentos de tráfego de alta velocidade e área de atividade mista – Nepal



Fonte: © Soames Job/GRSF/World Bank.

Figura 2.9: Via nacional separada da área de atividade mista – Catar



Fonte: © Soames Job/GRSF/World Bank.

¹⁸ https://ec.europa.eu/transport/road_safety/specialist/knowledge/road/designing_for_road_function/self_explaining_roads_en.

Tais abordagens utilizam projetos simples e consistentes para reduzir o estresse e os erros cometidos pelos condutores. Ajudam ainda a orientar o comportamento do motorista e sua seleção de velocidade. Já é utilizado para as classes viárias mais elevadas (autoestradas), mas nas vias de classe 'baixa' a consistência na concepção é muitas vezes comprometida por outros objetivos, tais como níveis de acesso elevados, traçado variável, utilização mista e desenvolvimento variável das margens, que resultam numa falta de coerência e diferenciação entre várias classes de vias.

As implicações das vias 'autoexplicativas' são especialmente profundas para os PBMRs. Os desenvolvimentos que afetam partes do sistema viário que têm sido habitualmente utilizados para fins sociais ou comerciais devem, portanto, ser tratados com especial cuidado. Se for possível manter a função social ou comercial, então deverá ter-se o cuidado de separar os movimentos do tráfego local em áreas de atividade mista e garantir que não seja imposto um ambiente de alta velocidade. Se não for possível manter as funções sociais e comerciais, então deverá ser encontrado um local alternativo adequado para estas atividades, e a nova instalação viária que substitui a antiga área de atividade mista deverá ser claramente identificável como sendo destinada prioritariamente a uma instalação de tráfego de veículos. Em uma situação na qual o tráfego de alta velocidade não pode ser separado do tráfego e das atividades locais, é necessário alterar a classificação da classe funcional da via para manter velocidades de deslocamento seguras através dessas áreas, com a ajuda de um projeto de infraestrutura adequado e da fiscalização da velocidade. As Figuras 2.6 e 2.7 ilustram a falta de separação entre o tráfego da rodovia e o tráfego local, em áreas de atividade mista, enquanto as figuras 2.8 e 2.9 ilustram a separação do tráfego de alta velocidade.

2.3. Tipo de veículo e de usuário da via no contexto de LMIC

O tipo, a qualidade, o volume dos veículos e a experiência dos usuários são únicos nos países de baixa e média renda, diferindo muitas vezes substancialmente daqueles observados nos países desenvolvidos. Isto deve-se principalmente à questão socioeconômica, à acessibilidade, à veículos com tecnologias modernas e, acima de tudo, às políticas em nível nacional. Como resultado, existem diversos tipos de veículos que se enquadram nas categorias de veículos leves e pesados, com uma gama mais ampla de

capacidade de aceleração-desaceleração e velocidade máxima, que pode ser mantida. Além disso, existe também uma percentagem muito elevada de veículos de duas e três rodas, veículos improvisados, veículos sobrecarregados, veículos para agricultura, pecuária e animais (por exemplo, cavalos) ou veículos de tração animal. Essa mistura de tráfego é comumente conhecida como 'mistura de tráfego heterogênea', com uma alta variação na velocidade de deslocamento. Embora as características dinâmicas dos veículos variem amplamente no tráfego misto, geralmente não existem instalações de transporte separadas na maioria dos LMICs; assim, todos os veículos utilizam as mesmas faixas de rodagem, muitas vezes com uma disciplina na utilização da faixa, deficiente ou nula. Além dos veículos motorizados, a parcela de tráfego não motorizado e de pedestres é muito alta em qualquer LMIC. No entanto, na maioria das vezes não existem instalações dedicadas aos usuários do transporte não motorizado (NMT da sigla em inglês), resultando numa maior interação com veículos motorizados e NMT, resultando em uma elevada percentagem de sinistros e lesões envolvendo estes usuários vulneráveis, incluindo pessoas com deficiência (ver capítulo 4, Projeto de Infraestrutura para Usuários Vulneráveis). Devido a estas questões, a adoção de configurações e normas de concepção importadas diretamente dos países de renda alta podem não ser aconselháveis para satisfazer todas as necessidades dos usuários da via. Isto muitas vezes significa que o padrão de concepção e fornecimento de infraestruturas precisa ser mais elevado nos países em desenvolvimento para o tráfego não motorizado (por exemplo, as calçadas são mais necessárias em Bangladesh do que na Austrália); no entanto, o montante investido por quilômetro em projetos viários é significativamente menor. Além disso, quando um número significativo de animais e carroças puxadas por animais utilizam um caminho, deve-se levar em consideração os riscos de colisão envolvendo veículos lentos no projeto, para acomodá-los com segurança (por exemplo, largura adicional, sinalização especial, cercas, instalações de dispositivos viários tais como barreiras acústicas ou grades de proteção, segregação em cruzamentos e travessias) (ver seções separadas relevantes para obter detalhes sobre essas medidas e FHWA [2020]. Aprimorando a Segurança para Viajantes e para a Vida Selvagem- para uma abordagem abrangente). É uma realidade que os orçamentos são limitados e, por isso, a acessibilidade é importante nos países em desenvolvimento, mas é necessário mais investimento para gerenciar o ambiente desafiador e alcançar um ambiente viário seguro.

Figura 2.10: Diferentes tipos de veículos e um elevado volume de pedestres.



Fonte : © Soames Job/GRSF/World Bank

Figura 2.11: Diferentes tipos de veículos—Vietnam.



Fonte : © Alina F. Burlacu/GRSF/ World Bank.

Figura 2.12: Quatro tipos diferentes de veículos em uma autoestrada —Índia.



Fonte : © Sudeshna Mitra/GRSF/ World Bank.

Figura 2.13: Diferentes tipos de veículos.



Fonte : © Soames Job/GRSF/ World Bank.

As Figuras 2.10 a 2.13 ilustram os diferentes tipos de veículos no contexto dos LMICs.

Por exemplo, a Índia tem um mix heterogêneo de tráfego, com uma variedade de tipos de veículos misturados, incluindo automóveis de passageiros, motocicletas, veículos comerciais leves (como picapes), riquixás motorizados e veículos pesados (como caminhões e ônibus). Estes tipos de veículos têm capacidades de aceleração e desaceleração muito diferentes e facilidades para fazerem manobras que não seguem qualquer disciplina de faixa.¹⁹ Por exemplo, os veículos comerciais ligeiros tendem a diminuir a velocidade

do fluxo do tráfego, devido à sua menor velocidade média livre, com maior variação de velocidade (em comparação com caminhões e carros particulares), e estes veículos também têm taxas de aceleração relativamente baixas quando em velocidades mais elevadas.^{20, 21} O resultado é que os fluxos de tráfego com uma percentagem elevada destes veículos e percentagens menores de outros veículos, tenham características de tráfego diferentes dos fluxos de tráfego compostos por outros tipos de tipos de veículos. Isso também terá implicações na segurança. Além disso, as manobras realizadas por certos veículos, especialmente motocicletas, podem ter efeitos diferentes na segurança.

¹⁹ Mitra, S., Haque, M., and King, M. J. 2017. Effects of access, geometric design, and heterogeneous traffic on safety performance of divided multilane highways in India, *Journal of Transportation Safety & Security*, 9: sup 1, 216–235

²⁰ Arasan, V. T. et Koshy, R. Z. 2005. Methodology for modeling highly heterogeneous traffic flow. *Journal of Transportation Engineering*, 131(7), 544–551.

²¹ Dey, P. P., Chandra, S. et Gangopadhaya, S. 2006. Speed distribution curves under mixed traffic conditions. *Journal of Transportation Engineering*, 132(6), 475–481.

Figura 2.14: Mistura de veículos no tráfego, com conflito de interesses entre os diferentes usuários—Bangkok.



Fonte : © Alina F. Burlacu/GRSF/ World Bank.

Figura 2.16: Mistura de veículos no tráfego, com conflito de interesses entre os diferentes usuários.



Fonte : © World Bank.

Por exemplo, é comum que os motociclistas manobrem lado a lado, e passem entre dois veículos maiores, partilhando virtualmente o mesmo espaço numa faixa. Isso é menos comum num tráfego homogêneo. Veículos pesados lentos são frequentemente vistos ocupando as faixas externas de rodagem nas autoestradas que têm faixas duplas, incentivando outros motoristas a ultrapassarem pelas faixas internas. Além disso, descobriu-se que a proporção de veículos pesados, em alguns casos, tem um efeito negativo na segurança rodoviária,²² e há evidências de que uma proporção mais elevada de motocicletas trafegando estava definitiva e significativamente associada a colisões traseiras. Em contrapartida, constatou-se que a maior porcentagem de veículos pesados trafegando na via, está substancialmente relacionada com colisões frontais. Várias colisões entre os usuários das estradas nas quais o tráfego de veículos é misto, são ilustrados nas Figuras 2.14 a 2.17.

Figura 2.15: Mistura de veículos no tráfego, com conflito de interesses entre os diferentes usuários —Filipinas.



Fonte : © Alina F. Burlacu/GRSF/ World Bank.

Figura 2.17: Mistura de veículos no tráfego, com conflito de interesses no cruzamento, entre os diferentes usuários.



Fonte : © World Bank.

Embora isto identifique problemas associados a tipos de específicos de veículos, os efeitos da composição geral dos veículos que trafegam na via, ainda precisam de ser estudados e investigados mais profundamente em diferentes regiões dos PRMBs para fornecer uma orientação clara de quais são os efeitos sobre a segurança destes veículos, na mistura de diferentes tipos de veículos que trafegam na via. Como resultado, pode-se dizer que os efeitos na segurança causados por diferentes composições de tipos de veículos no tráfego heterogêneo ainda são um domínio pouco explorado.

No entanto, há evidências de que a segregação de uma mistura diversificada de tráfego (especialmente quando a velocidade está envolvida), como o tráfego de alta velocidade e o tráfego local de baixa velocidade com a ajuda de vias auxiliares (service roads), e a separação dos

²² Robert, R. V., Veeraaragavan, A. et Murthy, K. 2006. Safety relationships for highway segments in developing countries. In Transportation Research Board 85th Annual Meeting (No. 06-0508).

Vias com baixo volume de tráfego, em países de renda baixa e média

Nos países de baixa e média renda, existem questões específicas de segurança que envolvem vias com baixo volume de tráfego. Uma via de baixo volume (LVR) é aquela que transporta poucos veículos diariamente (normalmente menos de 400 veículos por dia) e onde a porcentagem de veículos pesados é muito baixa (5-10%). Tendem a ligar as comunidades rurais à rede rodoviária estratégica, além de serviços públicos vitais, como escolas, hospitais, fazendas e mercados, e podem ser pavimentadas ou não. Os LVRs frequentemente precisam atender a altas proporções de tráfego não motorizado (NMT), incluindo pedestres, bicicletas, carroças puxadas por animais, bem como o tráfego de motocicletas. Além disso, o uso da terra e as propriedades adjacentes, muitas vezes limitam a largura efetiva da seção transversal que pode ser construída, sem causar grandes perturbações à população local e está associado também aos custos para a aquisição de terras e as compensações a serem pagas aos proprietários destas.

O projeto geométrico convencional de rodovias relaciona padrões crescentes com o aumento da velocidade, do volume de tráfego e do conforto e conveniência para o usuário. Contudo, a concepção dos LVR centra-se no fornecimento de acesso suficiente: velocidade, volume, conforto e conveniência nem sempre determinam o design. Devido a isso, o projeto dos LVRs deve ter como objetivo manter as velocidades de deslocamento relativamente baixas. Desde que sejam mantidas baixas velocidades, acostamentos habituais ou a largura adicional para acomodar as instalações do NMT, podem ser omitidas, exceto em áreas particularmente movimentadas dentro de aldeias, centros comerciais, etc.

O traçado geométrico dos LVRs precisa ser acompanhado das seguintes medidas:

- Instalação de medidas de desaceleração do tráfego quando necessário, especialmente em áreas com alta incidência de tráfego não motorizado (NMT), por exemplo, lombadas, faixas sonoras, sinais de alerta e limite de velocidade, etc. (ver Seção 3.2)
- Soluções totalmente projetadas em locais potencialmente perigosos que podem ser alcançadas com custos razoáveis (por exemplo, alargamento de vias/separação acentuada de faixas, melhoria do traçado para corrigir curvas cegas).
- Alerta prévio adequado aos condutores, e medidas de redução de velocidade, sempre que situações potencialmente perigosas não possam ser evitadas (ver Seção 5.13).
- Largura variável da faixa de rodagem ditada pela quantidade e combinação de tráfego, além do tipo do terreno (ver Seção 5.1).

usuários vulneráveis da estrada, como motociclistas, ciclistas, e pedestres, através da introdução de moto vias, ciclovias e calçadas para pedestres, respectivamente, provavelmente produzirá benefícios significativos na segurança. A seção 4 descreve detalhadamente o traçado adequado aos usuários vulneráveis da estrada. Finalmente, considera-se que a integração de instalações de transporte público (por exemplo, ônibus de trânsito rápido-BRT) com instalações de travessia bem concebidas, é eficaz no aumento da segurança das pessoas que utilizam os transportes públicos que normalmente são 'pedestres' antes e depois de utilizarem as instalações do transporte público.

Leitura adicional

- Giummarra G (2001). Road Classifications, Geometric Designs and Maintenance Standards for Low Volume Roads. Research Report AR 354, ARRB Transport Research Ltd, Vermont, South, Victoria, Australia.
- Queensland Department of Transport and Main Roads (2013). Guidelines for Road Design on Brownfield Sites. Queensland, Australia.
- Southern Africa Development Community (SADC) (2003). Guideline on Low-volume Sealed Roads. SADC House, Gaborone, Botswana.

- World Bank (2001). Design and Appraisal of Rural Transport Infrastructure: Ensuring Basic Access for Rural Communities. Technical Paper No. 496, World Bank, Washington, DC., USA.
- World Road Association (PIARC) (2016). Human Factors Guidelines for a Safer Man-Road Interface. Technical Committee C3.2, Design and Operation of Safer Road Infrastructure, World Road Association (PIARC), Paris, France

2.4. Projeto sensível ao contexto

Um projeto de estrada não pode ser considerado seguro, adequado à finalidade, ou em conformidade com os princípios de segurança, se os requisitos mínimos do projeto fossem adotados, especialmente em combinação, para os elementos do projeto. A maioria dos critérios para a elaboração do projeto (intervalo, desejável, absoluto) foram pesquisados ou desenvolvidos isoladamente uns dos outros (embora possa haver algumas relações implícitas) e quando usados em combinação com outros elementos, embora em conformidade com as diretrizes publicadas, podem resultar em uma solução que compromete a segurança ou a eficiência operacional.

Qualquer via também tem que funcionar adequada e integrada ao ambiente natural e construída para satisfazer a uma série de expectativas dos usuários e da comunidade em geral. Consequentemente, o projeto não pode ser realizado isoladamente e deve ser sensível ao contexto em que a via irá operar. Como resultado, critérios concorrentes ou conflitantes muitas vezes precisam ser transigidos, para se alcançar uma solução equilibrada, segura e custo-efetiva.

Um projeto sensível ao contexto (CSD em inglês) é uma abordagem que oferece a flexibilidade necessária para incentivar projetos independentes adaptados a situações específicas²³ levando em consideração todos os fatores.

O “domínio da técnica para o desenho de projetos” (design domain) pode ser pensado como sendo um conjunto de

valores que um determinado parâmetro tem que conter. Isto se aplica a uma série de parâmetros no projeto que, quando usados no contexto, fornecem resultados aceitáveis, seguros, eficientes e eficazes. Eles são justificados nos conhecimentos de engenharia que utilizam um conjunto consistente de princípios e são baseados, por exemplo, em dados de testes e raciocínio sólido, e portanto, podem ter um nível razoável de argumentos em sua defesa se forem desafiados.^{24, 25, 26}

A abordagem ‘design domain’ enfatiza o desenvolvimento de projetos adequados ao local e custos efetivos, em vez de fornecer um projeto que simplesmente atenda à padrões. Isso inclui o domínio do conhecimento para elaborar um projeto normal (NDD), o domínio do conhecimento para projeto estendido (EDD) (Figura 2.18) e também para incluir as exceções necessárias ao projeto (DE). Eles também podem ser chamados de padrão de projeto, ou de relaxamento/desvio do padrão. O conceito exige que o projetista selecione um valor apropriado ao contexto para cada elemento do desenho a partir de uma gama de valores, considerando os benefícios e custos de cada seleção.

Os níveis inferiores do ‘design domain’ representam valores que geralmente seriam considerados menos seguros ou menos eficientes, mas muitas vezes menos dispendiosos do que aqueles apresentados nos níveis superiores do projeto. A decisão sobre os valores a adotar deverá ser tomada utilizando dados objetivos sobre as alterações nos custos, na segurança e nos níveis de serviço causados pelas alterações no projeto, juntamente com uma análise de custo-benefício. Os princípios de engenharia e os valores-alvo para cada parâmetro devem ser acertados ainda na fase embrionária do projeto. Embora estes possam variar durante o processo de elaboração à medida que mais informações são obtidas, as indicações iniciais que o cliente fornece ao projetista são importantes para definir a expectativa do objetivo e da função da via, e permitir que o projeto avance com maior certeza do resultado pretendido.

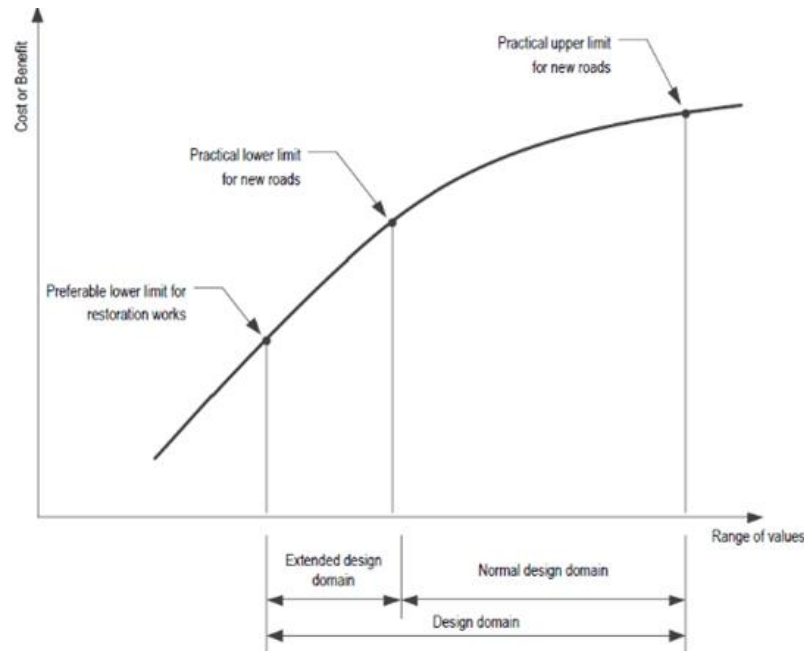
²³ FHWA. 2002. Context Sensitive Design/Thinking Beyond the Pavement, Federal Highway Administration (www.fhwa.dot.gov/csd).

²⁴ Transport Association of Canada. 1999. Geometric design guide for Canadian roads: parts 1 and 2, TAC, Ottawa, Ontario, Canada.

²⁵ Cox et Arndt. 2005. « Using an extended design domain concept for road restoration projects. » International symposium on highway geometric design, 3e édition, 2005, Chicago, Illinois, Transportation Research Board, Washington, DC, 20 pp.

²⁶ Department of Transport and Main Roads. 2013. Road planning and design manual, 2nd ed, TMR, Brisbane, Qld.

Figura 2.18: Conceito do campo de abrangência do projeto (design domain).



Fonte : Daniel Kueper. 2010. "The Context Sensitive State Design Manual," ITE Journal (www.ite.org), Vol. 80, No. 11, pp. 30–35.

Observação:

Os limites do valor para um determinado critério definem a faixa absoluta de valores que podem ser atribuídos a ele.

O campo de abrangência do projeto para um determinado critério é a faixa de valores, dentro desses limites, que podem ser atribuídos na prática a esse critério.

A CSD busca produzir um projeto que combine as boas práticas de engenharia, harmonizadas com o ambiente natural e com as construções já existentes, e que atenda às restrições e parâmetros exigidos para a obra. Refere-se a padrões rodoviários e práticas de desenvolvimento que são flexíveis e sensíveis aos valores comunitários. Também permite o uso de faixas mais estreitas, inclusão de velocidades mais baixas, curvas mais fechadas e recursos especiais, que não estão incluídos nas diretrizes genéricas para os desenhos de vias, que visa ajudar a criar um sistema de transporte mais equilibrado e eficiente, e que atenda aos objetivos de uso do solo comunitário.

No entanto, um projeto deve demonstrar engenharia de valor e custos aceitáveis durante toda a vida útil para atender a todas as disciplinas de engenharia rodoviária, incluindo segurança, projeto geométrico, tráfego, drenagem, pavimentos, gerenciamento de ativos e partes interessadas (por exemplo, usuários da estrada, usuários vulneráveis da estrada, frete, transporte público, serviços de emergência, meio ambiente), levando em conta as necessidades atuais e futuras.

No início do ciclo de vida do projeto, esse precisa determinar da estrada estão presentes e como serão atendidos (ver seção 2.4.2). A adequação de um projeto

deve também considerar os efeitos que o projeto pode ter nos trechos rodoviários adjacentes e na rede rodoviária circundante.

Bons projetos requerem que sejam tomadas decisões sobre o valor que estes agregam as melhorias de uma via padrão e o impacto que isso pode ter na capacidade de financiar melhorias em outras partes do sistema rodoviário. Dependendo das prioridades para a utilização dos recursos da autoridade de controle, por exemplo, este pode centrar-se na segurança, no ambiente ou na eficiência, o que pode gerar resultados diferentes. O compromisso mais apropriado geralmente é aquele que permite que seja alcançado o equilíbrio entre as três categorias, ou seja, a solução financeiramente mais segura, ser a menos atraente do ponto de vista ambiental.

Portanto, é importante que as decisões tomadas no projeto sejam documentadas e baseadas no julgamento sensato e racional dos conhecimentos em engenharia, ao apresentar soluções para o problema que tem que ser resolvido. Estas decisões estão sujeitas a revisão/governança apropriada, e devem demonstrar a engenharia de valor e o gerenciamento dos custos para toda a vida útil da via, considerando as restrições ao desenho que derivaram do contexto do local.

Vias resistentes às alterações climáticas

O transporte rodoviário desempenha um papel importante no desenvolvimento socioeconômico global de um país. No entanto, a infraestrutura rodoviária é extremamente desafiadora do ponto de vista ambiental, e altamente vulnerável aos impactos das alterações climáticas, tais como inundações repentinas e deslizamentos de terra causados por fortes chuvas. Além disso, o rápido crescimento do número e do movimento de veículos torna a infraestrutura rodoviária vulnerável. As redes rodoviárias dos países em desenvolvimento são geralmente mais vulneráveis aos impactos das alterações climáticas devido à má manutenção, a uma elevada proporção de vias não pavimentadas e a recursos e tecnologia limitados para a adaptação destas. As medidas estruturais incluem

- Estruturas de estabilização de declives.
- Pavimentação de vias com materiais duráveis.
- Traçado adequado (alignment) de novas vias para evitar perda de vegetação.
- Sistemas de drenagem melhorados para evitar a erosão da estrutura rodoviária.
- Melhor planejamento de vias com seção transversal apropriada e dimensões padrão.

Exceções de projeto (design exceptions)

As exceções de projeto são situações em que o projeto não está em conformidade com os critérios mínimos ou limitantes estabelecidos nos padrões, políticas e especificações padrão. É mais provável que ocorram devido a terrenos desafiadores; restrições devido à infraestrutura existente, serviços, limites das propriedades existentes no terreno, condições ambientais, patrimônio cultural e expectativas da comunidade.

As exceções de projeto têm o potencial de afetar negativamente a segurança rodoviária e as operações de tráfego. Por esta razão, a consideração de uma exceção ao projeto deve ser minuciosa e bastante discutida de modo a permitir a clara compreensão dos potenciais impactos negativos. Esse tipo de alteração demanda a realização de uma avaliação de risco que seja imparcial e baseada na análise dos sinistros. Por vezes, os que lideram a adoção de exceções de projeto como estas, podem apresentar argumentos sociais, ambientais ou econômicos. No entanto, a avaliação de riscos deve mostrar que as decisões associadas à adoção de um padrão tão baixo compensam o custo potencialmente mais elevado de sinistros fatais e com ferimentos graves. Se for tomada a decisão de avançar e incluir uma exceção ao projeto, ela deverá ser formalmente

aprovada pela agência rodoviária relevante e apoiada por uma justificativa bem documentada. É também especialmente importante que as medidas para reduzir ou eliminar os potenciais impactos negativos sejam avaliadas e, quando apropriado, implementadas.

A documentação para exceções feitas no traçado da via, deve descrever todos os itens a seguir:

- Critérios específicos do projeto que não serão atendidos;
- Características das vias existentes;
- Alternativas que foram consideradas;
- Comparação da segurança e do desempenho operacional da rodovia e outros impactos, como preferência de passagem, comunidade, meio ambiente, custo e acesso para todos os modos de transporte;
- Medidas de mitigação propostas; e
- Compatibilidade com trechos adjacentes de rodovia.

Exceções no projeto da via NÃO devem ser usadas quando qualquer uma das seguintes situações for aplicável:

- Há um histórico de sinistros ligado ao uso da exceção de projeto, por exemplo, relatórios de sinistros da polícia

indicam que a visibilidade limitada foi um fator que contribuiu para o(s) sinistro(s). Isto é ainda mais importante nos seguintes casos:

- Se mais de uma falha desse tipo for relatada
- Já existem dispositivos de mitigação instalados.
- Sabe-se que o uso da mesma exceção no projeto que está sendo proposta ou de uma similar, causa problemas na segurança em outras partes da rede.
- O valor da exceção ao projeto está bastante fora do intervalo do campo soberano dos valores do projeto.
- A exceção projeto é um caso isolado, por exemplo, se uma rodovia contém curvatura horizontal generosa, exceto por uma (ou algumas) curvas horizontais muito abaixo do padrão. Neste caso, os condutores habituariam-se ao padrão geral de curvatura horizontal padrão e é menos provável que percebam e façam a manobra adequada quando chegarem à esse ponto da via, cujo traçado está abaixo do padrão. Isto é diferente de uma via com um alinhamento horizontal mais estreito, mas mais consistente, o que faria com que os condutores estivessem mais alertas e tivessem uma maior expectativa de elementos geométricos apertados.
- Uma exceção ao projeto que é combinada com outros dados geométricos mínimos, especialmente outras exceções no dimensionamento traçado. Quanto maior o número de mínimos combinados, menor será a probabilidade de uma exceção ao projeto da estrada poder ser tolerado como um desses mínimos.
- Em projetos de restauração de vias que incluam vias com maior função e/ou maior volume de tráfego.
- O parâmetro considerado é a distância do campo de visão da interseção. Neste caso, os valores de EDD são os mais baixos que devem ser fornecidos.
- Onde é necessário pouco esforço e despesa, para evitar o uso da exceção ao traçado
- Em projetos de restauração do traçado da via de pequena monta, nas quais o pavimento está sendo substituído, especialmente as que requerem mínima obra de terraplenagem.

Projeto conforme as características e compliance do usuário da via

Os padrões e orientações convencionais para os traçados contidos nos projetos de estradas definem características como a largura das faixas e do acostamento, velocidades no trajeto e oferta mínima de estacionamento. Muitas vezes refletem a suposição de que quanto maior e mais rápido, melhor, levando a um traçado que efetivamente excede o padrão exigido para a finalidade pretendida. Isto pode resultar em velocidades de tráfego mais elevadas, aumento dos custos do projeto e vias que contradizem outros objetivos do planejamento. Por exemplo, vias mais largas e retas tendem a aumentar a velocidade do tráfego e a dispersão dos destinos, o que pode reduzir a acessibilidade, a segurança e a habitabilidade.

No início do ciclo de vida do projeto, este precisa definir quais são os usuários da estrada que estão presentes e como serão atendidos. Isto requer que sejam recolhidos dados sobre quem utiliza a via e como a utilizam, por exemplo onde andam os pedestres, que porcentagem de veículos é composta por motocicletas e qual é a velocidade real que os veículos viajam? Esses dados são importantes para a compreensão do verdadeiro ambiente para o qual o projeto se destina, em oposição a um projeto de desenho inspirado em como as pessoas “deveriam” se comportar. É também importante que, no início de cada fase do projeto, as demandas dos usuários da via e das partes interessadas sejam claramente documentadas para que o projetista possa compreender claramente como desenvolver um projeto que atenda às necessidades e exigências de todos os usuários da estrada, e os equilibre e os solucione dentro do contexto global do projeto.

Ruas completas

A abordagem de ruas completas é uma abordagem moderna do traçado urbano que objetiva enfrentar os desafios de segurança e comodidade, de todos os usuários das ruas e corrigir o foco da velha escola, nos veículos motorizados. Ruas completas são ruas projetadas e operadas para permitir o uso seguro e apoiar a mobilidade de todos os usuários. Isso inclui pessoas de todas as idades e habilidades, independentemente de transitarem como motoristas, pedestres, ciclistas ou usuários de transporte público,

O conceito de ruas completas abrange muitas abordagens para planejar, projetar e operar vias e faixas preferenciais, tendo em mente todos os usuários, visando tornar a rede de transporte mais segura e eficiente. Políticas viárias completas são definidas nos níveis estadual, regional e local e são frequentemente apoiadas por diretrizes para o traçado de vias.

As abordagens de ruas completas variam de acordo com o contexto da comunidade. Uma rua completa numa área rural terá um aspecto bastante diferente de uma rua completa numa área altamente urbana, mas ambas são concebidas para garantir segurança e conveniência para todos os que utilizam a via, incluindo os pedestres com deficiência.

No contexto dos PRMBs, as vias comunitárias são geralmente utilizadas por todos os modos de transporte, com uma elevada percentagem de usuários não motorizados. No entanto, com o aumento da motorização, as ruas e vias dos PRMBs, são ocupadas por veículos motorizados. As ameaças à segurança dos usuários não motorizados, têm aumentado devido à falta de planeamento, do traçado em geral e particularmente devido à falta de gerenciamento da velocidade. No contexto dos PRMBs, o traçado completo das ruas, especialmente para o uso misto, é muito relevante.

As ruas completas podem abordar uma ampla gama de elementos, como calçadas, ciclovias, faixas de ônibus, paradas para transporte público, oportunidades de travessia, ilhas centrais, semáforos acessíveis para pedestres, extensões de meio-fio, faixas de circulação de veículos modificadas, paisagem urbana e intervenções paisagísticas (ver as seções relevantes apresentadas à parte, para detalhes destas medidas; veja figura 2.19 como exemplo de seção transversal, alinhada ao conceito de ruas completas). Ruas completas também reduzem os sinistros relacionados com veículos motorizados e os atropelamentos, bem como o risco para os ciclistas, quando são incluídas infraestruturas específicas, bem concebidas, para bicicletas.²⁷ Podem promover as caminhadas e o ciclismo, proporcionando locais mais seguros para a realização de atividade física, o que pode, por sua vez, ter impactos positivos na saúde, incluindo a redução da obesidade. Um estudo descobriu que 43% das pessoas que relataram ter um lugar para caminhar, tinham uma

probabilidade significativamente maior de cumprir as recomendações atuais de atividade física regular, do que aquelas que relataram não ter nenhum lugar para caminhar.²⁸

O processo começa considerando a função e a forma da rua e desenvolvendo uma hierarquia baseada nas diferentes maneiras de utilização. Esta hierarquia pode mudar dependendo da função da rua e da complexidade/combinção de usuários. O conceito é particularmente relevante para os países de baixa e média renda, onde a consistência do local e da função, muitas vezes não é diferenciada (ver seção 2.2 sobre a função das estradas e o uso do solo).

O desenho de ruas não é simplesmente um exercício técnico ou quantitativo, que deve permanecer fixo por gerações. Em vez disso, o desenho das ruas requer uma observação de como as pessoas utilizam o espaço, desde os motoristas até as pessoas sentadas nos degraus e varandas. É com essas observações que o melhor traçado pode ser trabalhado.

Ao contrário do projeto de rodovias, o projeto de ruas é iterativo. Nas velocidades das rodovias, é preciso uniformidade e consistência. À medida que a velocidade diminui, as opções se expandem. Com mais possibilidades surge a necessidade de experimentar e de fazer ajustes a partir da reação dos usuários. O traçado de uma rua sempre pode ser melhorado. Ruas bem-sucedidas não podem ser impostas, mas precisam de um esforço colaborativo entre a autoridade rodoviária ou do município com a comunidade local a quem elas servem.

Leitura adicional

- NACTO. 2019. Urban Street Design Guide. Acessado em <https://nacto.org/publication/urban-street-design-guide/>. Importante ler: capítulos: Street Design Elements; Interim Design Strategies; and Intersection Design Elements.
- NACTO. 2011. Urban Bikeway Design Guide. National Association of City Transportation Officials. Acessado em <https://nacto.org/publication/urban-bikeway-design-guide/>. Importante ler: capítulo, Intersection Treatments; Designing for All Ages & Abilities.

²⁷ Reynolds, C. C. et al. 2009. The impact of transportation infrastructure on bicycling injuries and crashes: a review of the literature. *Environmental Health* 2009, 8:47.

²⁸ Powell, K. E., Martin, L. et Chowdhury, P. P. 2003. Places to walk: convenience and regular physical activity. *American Journal of Public Health* 2003; 93:1519-1521.

Figura 2.19: Conceito de rua completo.

Fonte : Complete Streets Conference, LA, 2011.

- Active Transportation Alliance. 2012. Halupka, Paul, Lippens, Paul, Persky, Dan, and Woodall, Amanda. "Complete Streets Complete Networks: A Manual for the Design of Active Transportation." Accessed at <http://www.atpolicy.org/Design>. Capítulos relevantes: 2 Tipologias; 3, Geometria; 4, Comodidades.
- City of L'viv. 2019. Sustainable Urban Mobility Plan for L'viv. Acessado em <https://www.mobilisecity.net/sustainable-urban-mobility-plan-lviv>. Relevante: Challenge 1, Traffic Safety.

2.5. Engajamento da comunidade

Comunidade refere-se a pessoas cujas casas, locais de trabalho, instituições de ensino, lojas e instalações sociais, recreativas e religiosas estão localizadas numa área geográfica definida, incluindo as suas organizações representativas, como organizações não governamentais (ONG), organizações com base comunitária (OCB), grupos culturais e esportivos, organizações de serviço e religiosas. Estas são as pessoas que são diretamente afetadas e possivelmente beneficiadas por um projeto. As ONG podem

incluir aquelas cujas atividades não se limitam à segurança rodoviária, bem como aquelas que se dedicam principalmente, se não exclusivamente, à segurança rodoviária.

O engajamento da comunidade é um processo sistemático de envolvimento da comunidade local no desenvolvimento e implementação de programas, políticas e projetos de segurança rodoviária. Pode ocorrer em vários níveis, desde a partilha de informação e consulta até ao envolvimento ativo nos processos de tomada de decisão. As várias etapas estão resumidas na Figura 2.20.






Nos projetos rodoviários o envolvimento da comunidade é um processo inclusivo conduzido ao longo do ciclo de vida do projeto: durante a conceitualização, concepção, construção, manutenção e operação. É importante que no início de cada fase do projeto os requisitos dos usuários da via e das partes interessadas sejam claramente documentados para que o projetista possa compreender como desenvolver um projeto que responda a essas necessidades e requisitos.

O processo deve ser bem pensado e planejado, com programas claros para facilitadores e especialistas. Se for bem feito, aumentará a apropriação local e criará uma interface entre as organizações implementadoras de vias e a comunidade. Os benefícios resultantes do engajamento da comunidade incluem:

- Proporcionar oportunidades para informar a comunidade sobre a necessidade do projeto, incluindo a segurança e os benefícios mais amplos. Dessa forma a comunidade pode compreender as opções e tomar decisões informadas.
- Boas decisões resultantes do acesso à informação boa/complementar.
- Estabelecer novas redes e relacionamentos (e continuar a desenvolver as redes existentes).

- Maior apropriação local das soluções, para os problemas correntes e um nível mais elevado de responsabilidade na criação futura de soluções.
- Aumento do apoio local à mudança e do poder da comunidade em exigir mudanças.
- Fortalecer as comunidades, mantendo-as informadas sobre questões locais.
- Construir confiança e segurança entre as outras partes interessadas e a comunidade.
- Contribuir para a identificação e o desenvolvimento de lideranças em segurança rodoviária comunitária.
- Usar palavras motivadoras para àqueles que tendem a estar menos envolvidos ou que têm barreiras quanto à participação nos processos de tomada de decisão.

Figura 2.20: Níveis de envolvimento da comunidade

Inform	Consult	Involve	Collaborate	Empower
				
Description				
Participation The first two public participation levels— <i>Inform</i> and <i>Consult</i> —typically occur when a decision has already been made, and government wants to either communicate that decision to the public, or seek opinions on the decision.		Engagement The third and fourth public participation levels— <i>Involve</i> and <i>Collaborate</i> —have two-way information flows, and include sharing information within and across stakeholder communities during the decision-making process. When undertaking Engagement, decision makers commit to using stakeholder feedback to inform the decision and shape the outcome. Activity that occurs at the Collaboration level is also sometimes referred to as partnering.		Empowerment The fifth public participation level— <i>Empower</i> —is also often referred to as co-production, where decisions are made jointly between government and the community. This is typically when decision-making authority has been delegated to a group including members from both the government and the community/industry.
Objectives:				
To provide balanced, objective information to support understanding by the public.	To obtain public feedback on analysis, alternatives and/or decisions.	To work with the public to ensure concerns and aspirations are understood and considered.	To engage with the public on aspects of the decision, including the development of alternatives and a preferred solution.	To create governance structures to delegate decision-making and/or work directly with the public.
Commitments				
To keep the public informed.	To listen and acknowledge the public's concerns.	To work with the public to exchange information, ideas and concerns.	To seek advice and innovations from various public parties.	To work with the public to implement agreed-upon decisions.

Fonte : VicRoads. 2017. VicRoads. 2017. Traffic Engineering Manual: Speed Zoning Guidelines. <https://www.vicroads.vic.gov.au/>. Originalmente adaptado do Espectro de Participação Pública da Associação Internacional [para Participação Pública].

- Estender os processos democráticos às outras partes interessadas e à comunidade, no que diz respeito à segurança rodoviária comunitária.
- Promover um sentimento de pertencimento e capacitação através do trabalho conjunto.

O engajamento com a comunidade pode ser especialmente importante em situações nas quais são necessárias tomar decisões difíceis. Como exemplos, as decisões sobre a aquisição de terrenos, a disponibilização de desvios e as alterações nos limites de velocidade, são áreas nas quais a comunidade tem um grande papel na melhoria da segurança. É importante trabalhar em estreita colaboração com as comunidades nestes e em outros tópicos semelhantes com vistas a garantir que todas as partes interessadas tenham contribuído com o processo decisório e compreendam amplamente as implicações gerais destas decisões.

O tempo necessário para estabelecer parcerias comunitárias vale muito a pena, pois as pessoas podem fornecer informações valiosas no que tange a identificação de problemas e a concepção de ações, e podem atuar como “informantes-chave”, fornecendo dados qualitativos que podem ajudar a priorizar os problemas identificados, por meio da análise de dados.

Quando as estatísticas de sinistros são inadequadas, como é o caso em muitos países de baixo rendimento (PBR), é ainda mais importante que os usuários das estradas sejam consultados para que o conhecimento local ajude a garantir que os problemas corretos e as soluções adequadas e aceitáveis sejam identificadas. Por exemplo, a comunidade pode fornecer informações sobre locais perigosos (onde ocorrem frequentemente sinistros) e participar da oferta de soluções e no desenvolvimento de medidas destinadas a abordar questões de segurança. Estas podem incluir a adição de faixas para pedestres/calçadas, barreiras centrais, melhorias nas pontes para acomodar os pedestres, melhor iluminação, sinalização e cercas, bem como faixas nos locais de travessia, com o objetivo de reduzir a velocidade. Um resultado importante desta abordagem é a informação recolhida da comunidade, que não estaria disponível através dos processos normais de avaliações visuais para a coleta e análise de dados. Ao mesmo tempo a comunidade se apropria das soluções implementadas para resolver o problema.

A importância do engajamento das partes interessadas e da divulgação de informações também é destacada no Quadro Econômico e Social (ESF) do Banco Mundial (2016). Para melhorar o processo de engajamento e consulta, o FSE propõe uma abordagem documentada para:

1. Identificação e análise das partes envolvidas (stakeholders);
2. Desenvolver um Plano de Engajamento com os Stakeholders;
3. Divulgação de informações;
4. Consulta aprofundada envolvendo os stakeholders;
5. Abordar e responder às queixas; e
6. Reportar os encaminhamentos às partes interessadas

Desafios associados ao engajamento com as comunidades:

- Podem surgir dificuldades na definição de comunidades. As OBCs estabelecidas incluirão frequentemente os usuários da estrada influentes e já expressivos, e normalmente não vulneráveis, ou seja, os pedestres, os ciclistas, os pobres e as mulheres. Assim serão necessários esforços e monitoramento especial, para garantir que os mais vulneráveis sejam consultados e considerados.
- As parcerias comunitárias envolvem pessoas que são afetadas por problemas na segurança rodoviária e podem desempenhar um papel importante na resolução desses problemas, mas a sua atividade quotidiana pode não ser a segurança rodoviária. Levará algum tempo para incluir a participação de todos, e ainda para que ocorra o compartilhamento do entendimento do problema e da solução.
- Pode haver oposição pública contra a mudança/projeto – talvez devido a conhecimentos insuficientes – e isso pode ser uma grande barreira para melhorias nas vias.
- Pode haver mal-entendidos sobre o papel e os recursos dos parceiros comunitários. Por exemplo, poucas ONGs terão a capacidade de realizar estudos de pesquisa, embora essa tarefa tenha sido frequentemente atribuída a elas em um plano de ação de segurança viária.
- A coleta de dados pode estar ligada a indicadores de desempenho no ambiente de trabalho e o compartilhamento público dos dados pode ter impacto nas percepções sobre a eficiência ou eficácia dos departamentos governamentais.

Estudo de caso: Gerenciamento de velocidade e a participação da comunidade na autoestrada N2, em Bangladesh

A rodovia nacional N2 liga a capital Dhaka ao distrito de Sylhet. É uma via asfaltada de faixa única e duas pistas. Três aldeias desta rodovia foram selecionadas como locais para a intervenção. Todas as aldeias eram assentamentos comunitários rurais com atividades em ambos os lados da rodovia. O risco de sinistros de trânsito era elevado devido ao efeito combinado da condução rápida de ônibus, de automóveis, do número considerável de pedestres que atravessavam a via, da mistura de tráfego de baixa e alta velocidade, do tráfego proveniente de vias vicinais e da mudança de velocidade dos veículos para recolher e/ou entregar pessoas (figuras 2.21 e 2.22). Além disso, não existiam dados confiáveis provenientes da polícia e de outras fontes, sobre sinistros de trânsito.

O programa de intervenção integrado tinha múltiplos componentes, incluindo um programa para o envolvimento

comunitário ativo, medidas de infraestrutura e intervenções educativas. As medidas de infraestrutura consistiram na instalação de lombadas, faixas de segurança, faixas de pedestres, paradas de ônibus e demarcações na via (figuras 2.23 a 2.25). O programa incluiu intervenções educativas para crianças em idade escolar e campanhas de conscientização para motoristas de ônibus e pedestres. Foi criado um sistema de medição utilizando a medição da velocidade com uma pistola a laser (também em locais de controle), gravação de vídeo dos “quase sinistros” e a utilização de coletores de registros locais (pessoas da comunidade local que registram dados de sinistros de trânsito).

As intervenções resultaram numa redução da velocidade média do tráfego motorizado de 63,6 km/h para 51,1 km/h – uma redução de 12,5 km/h (19,7 por cento). O número de mortes caiu 67 por cento e o número de feridos graves diminuiu 59 por cento. Houve um forte apoio das comunidades locais ao programa. Os principais sucessos inovadores incluíram o programa de intervenção integrado, o engajamento ativo das comunidades locais e a utilização de coletores locais de dados das ocorrências para registrar dados sobre sinistros de trânsito.

Figura 2.21: Assentamento ao longo da via.



Fonte : Martijn Thierry/Jasper Vet – Safe Crossings.

Figura 2.22: Ônibus dirigidos em alta velocidade e fazendo ultrapassagens próximas ao vilarejo.



Fonte : Martijn Thierry/Jasper Vet – Safe Crossings.

Figura 2.23: Guias sonoros.



Fonte : Martijn Thierry/Jasper Vet – Safe Crossings.

Figura 2.24: Lombada para redução da velocidade.



Fonte : Martijn Thierry/Jasper Vet – Safe Crossings.

Figura 2.25: Faixa de pedestre.



Fonte : Martijn Thierry/Jasper Vet – Safe Crossings

A replicação do programa de intervenção noutros países é possível e requer uma boa avaliação de base, personalização do programa de intervenção a partir do resultado da avaliação de base, financiamento adequado, criação de uma equipe de implementação forte e aprovação pelas autoridades, conforme necessário.

A Safe Crossings (www.safe-crossings.org) iniciou e gerenciou o programa de intervenção. A implementação foi feita em conjunto com o Centro de Prevenção e Pesquisa de Lesões de Bangladesh (CIPRB) (www.ciprb.org). Para mais informações, veja:

- Horst, A. R. A. van der, Thierry, M. C., Vet, J. M., and Rahman, A. K. M. F. 2017. An evaluation of speed management measures in Bangladesh based upon alternative accident recording, speed measurements, and DOCTOR traffic conflict observations. *Transportation Research Part F* (2016). <http://dx.doi.org/10.1016/j.trf.2016.05.006>.
- Vet, J. M., Thierry, M. C., Horst, A. R. A. van der, and Rahman, A. K. M. F. (2016). The first integrated traffic speed management program benefitting vulnerable road users in Bangladesh: results and implications for LMICs. Paper presented at: The Road Safety on Five Continents 17th International Conference, Rio de Janeiro, Brazil, May 17–19, 2016.

Leitura adicional

- World Bank. 2016. Environmental and Social Standard 10: Stakeholder Engagement and Information Disclosure. In *World Bank Environmental and Social Framework*. Washington DC: World Bank. <https://www.worldbank.org/en/projects-operations/cadre-environnemental-et-social>.
- Global Road Safety Partnership (GRSP). 2010. Proactive Partnership Strategy: A community participation model to address road safety. https://www.gtkp.com/assets/uploads/20100807-132550-1737-GRSP%20PPS%202010_Booklet.pdf.

- Victoria State Department, Department of Transport. 2021. Context Sensitive Design for Road Projects. <https://www.vicroads.vic.gov.au/~media/files/technical-documents-new/road-design-notes/>.
- Victoria State Department, Department of Transport. 2011. A Guide for Engaging the Community and Stakeholders in Local Road Safety Programs. <https://www.vicroads.vic.gov.au/~media/files/documents/safety%20and%20road%20rules/vcrsppcommunityandstakeholderengagementguide.ashx>.

2.6. Inovação

Conforme identificado na seção 1.3, podem decorrer muitos anos ou até duas décadas, desde a identificação, a introdução e avaliação de novas soluções ou abordagens, sejam incluídas nas orientações formais de destinadas ao design de vias.²⁹ Em outros casos, pode haver necessidade de identificar novas soluções, porque não existe atualmente nenhuma solução disponível ou as soluções existentes não são adequadas à finalidade (por exemplo, não produzem os benefícios de segurança necessários; são demasiado dispendiosas; ou as demandas alteram, incluindo as dos usuários da estrada). Por estas razões, existe frequentemente a necessidade de ir além do que está atualmente incluído nas orientações para concepção de vias a fim de atingir os objetivos. Muitas vezes, a inovação é necessária para proporcionar segurança e outros resultados do projeto. No entanto, esta inovação deve ser feita de forma ponderada e baseada em evidências. Os riscos (sejam relacionados com a segurança, financeiros ou outros) precisam ser minimizados e, por isso, é necessário um processo robusto. É também necessário documentar este processo e compartilhar os resultados desta aprendizagem – sejam eles positivos ou negativos. Muitos projetos de segurança amplamente aplicados e utilizados atualmente não eram conhecidos há 20 ou mesmo há 10 anos, e só alcançaram ampla aplicação porque o conhecimento de sua eficácia foi compartilhado.

²⁹ Jurewicz, C. 2017. Innovation and Safe System Road Infrastructure, Proceedings of the 2017 Australasian Road Safety Conference, Perth, Australia.

Há uma série de razões pelas quais alguns projetos e intervenções muito eficazes não são utilizados em alguns países. O PIARC Road Safety Manual ³⁰ sugere as seguintes razões em relação às intervenções de segurança rodoviária:

- Falta de conhecimento sobre a intervenção e sua eficácia
- Falta de experiência sobre como instalar e manter a intervenção
- Questões relativas à transmissibilidade e diferenças nas condições locais
- Preocupação com a responsabilidade legal, se algo der errado
- Preocupação com a compreensão ou aceitabilidade pública.

É necessário ter cuidado ao tentar abordagens inovadoras, e novos projetos devem ser testados e demonstrar que apresentam benefícios positivos, sem impactos negativos inaceitáveis, antes de serem implementados de forma mais ampla. Isto pode envolver a identificação de estudos de caso positivos de outras jurisdições e análises adicionais (incluindo revisões da literatura sobre eficácia e impactos mais amplos; comunicação com aqueles que tentaram uma abordagem inovadora), ensaios em pequena escala (na via ou fora dela, se os riscos são elevados), implementação em maior escala (inclusive como parte de projetos de demonstrativos) e, eventualmente, adoção total. Cada etapa requer monitoramento e documentação cuidadosos; com base nos aprendizados de cada estágio, talvez seja necessário fazer refinamentos.

Urbanismo Tático

O urbanismo tático (também conhecido como urbanismo de guerrilha ou pop-up) é uma abordagem liderada pelos cidadãos, para a construção de comunidades caracterizada por intervenções em curto prazo, baixo custo e escalonáveis, destinadas a catalisar mudanças a longo prazo. É comumente aplicado na demonstração de projetos e em projetos piloto/provisórios por períodos de tempo definidos, para engajar o público na qualidade da construção da cidade e para testar os projetos antes que investimentos sejam feitos. O urbanismo tático também

provou ser uma ferramenta poderosa para as cidades responderem à pandemia da COVID-19, devido ao seu baixo custo e rápida implementação. Por exemplo, as cidades têm vindo transformando as suas ruas utilizando tinta, giz, barricadas e outros materiais de baixo custo, para aumentar o espaço para caminhadas e ciclismo, concebidos para ajudar as pessoas a deslocarem-se, mantendo ao mesmo tempo a distância física.

Estudo de caso: Melhoria de cruzamento HP, Mumbai, Índia

O WRI Índia fez parceria com a Polícia Rodoviária de Mumbai e a Corporação Municipal de Mumbai em 2017, para auditar e melhorar cruzamentos de alto risco em toda a cidade como parte da Bloomberg Philanthropies Initiative for Global Road Safety. O cruzamento da HP Petrol Pump em Mumbai foi selecionado para o primeiro teste. Há muitas décadas existia uma rotatória no cruzamento que ligava três vias arteriais, que posteriormente foi removida para aumentar a capacidade de tráfego. No entanto, o cruzamento permaneceu muito grande, o que tornou a travessia perigosa tanto para os motoristas quanto para os usuários vulneráveis da estrada. Antes da transformação, foram estudados padrões de mobilidade no cruzamento que mostraram que mais de 5.000 veículos e um número equivalente de pedestres atravessavam o cruzamento durante os horários de pico. Infelizmente, não existiam infraestruturas para os usuários vulneráveis das estradas e, até então, as autoridades municipais estavam preocupadas principalmente com a capacidade do cruzamento para lidar com o crescente número de veículos.

A reformulação proposta envolveu a criação de infraestrutura exclusiva para pedestres e a redistribuição do espaço para acomodar todos os usuários da via. Isto incluiu a expansão das calçadas, a extensão dos canteiros centrais, a introdução de áreas de refúgio para pedestres nos canteiros centrais, a recuperação do espaço das áreas residuais do cruzamento para a criação de ilhas de refúgio, a recuperação de espaço das faixas de acesso para criar espaços públicos e a racionalização das faixas de tráfego para garantir um fluxo suave do tráfego. Este projeto criou uma área de interseção compacta e reduziu as distâncias de travessia em 50% para os pedestres.

³⁰ <https://roadsafety.piarc.org/>.

Um teste (usando giz, tinta e barricadas que foram aplicadas e instaladas durante a noite) foi testado pela primeira vez durante um período de 45 dias. Isso permitiu que uma série de entrevistas com pedestres, policiais de trânsito, moradores e lojistas fossem realizadas para solicitar a opinião (feedback) e sugestões, que foram integradas ao projeto final. Os sinistros resultantes de colisão no cruzamento também foram analisados durante o teste, que mostrou que a velocidade média dos veículos caiu 15% e os sinistros de alto, médio e baixo risco foram reduzidos em 71%, 68% e 60%, respectivamente. Além disso, os dados recolhidos mostraram que a capacidade de tráfego não foi afetada negativamente e, em alguns casos, o fluxo de tráfego melhorou devido aos fluxos mais simplificados e claros. Após o teste bem-sucedido, as autoridades municipais decidiram implementar permanentemente o projeto recomendado em dezembro de 2018. As figuras 2.26 a 2.28 mostram a transformação do cruzamento.

Conforme acima sugerido, é necessário um processo completo e documentado para inovar. As etapas a seguir são adaptadas do PIARC Road Safety Manual:

- Conheça o seu problema. Identifique o tipo de sinistro alvo, o tipo de usuário da via e os locais que deverão ser o objetivo para o qual as ações precisam ser direcionadas.
- Identificar possíveis soluções. Isto pode incluir soluções utilizadas no exterior ou pode ser a adaptação de uma intervenção já existente.
- Avalie as soluções. É importante pesquisar minuciosamente as intervenções que serão propostas, para garantir que produzam resultados benéficos na segurança deste novo contexto, assim como a sua aplicabilidade em outros locais e em outros objetivos na política da segurança. Esta avaliação pode basear-se na experiência documentada de outras agências rodoviárias. Em novas intervenções, podem ser usados simuladores para motoristas, visando determinar os efeitos prováveis. Em alguns casos, as intervenções podem ser realizadas em um ambiente controlado (por exemplo, fora da via ou em uma área de baixa velocidade) para determinar os efeitos prováveis.
- Teste a solução selecionada. Um projeto demonstrativo, pode ser uma forma eficaz de testar a intervenção em um contexto específico e em um ambiente controlado. Isso também pode ajudar na preparação da implementação mais ampla dessa intervenção.

Figura 2.26: Antes da melhoria do cruzamento da HP em março de 2017.



Fonte : © Saurabh Jain/WRI India.

Figura 2.27: Intervenções temporárias de baixo custo implementadas (utilizando tinta, giz e barricadas) durante o ensaio (abril de 2017).



Fonte : © Saurabh Jain/WRI India.

Figura 2.28: As alterações tornaram-se permanentes em dezembro de 2018.



Fonte : © Saurabh Jain/WRI India.

Sistemas de transporte inteligentes

Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) são definidos como um conjunto de sistemas de informação e comunicação que funcionam em harmonia para fornecer serviços de transporte e gerenciamento de tráfego. O ITS reúne diversas tecnologias, como coleta de dados, comunicação, prospecção de dados, aprendizagem automática, inteligência artificial e gerenciamento de banco de dados, com vistas a fornecer aplicações destinadas a melhorar a eficiência e a segurança dos sistemas de transporte.

O uso de ITS no sistema rodoviário e em ruas continua a crescer tanto em termos de cobertura e em de diversidade de tecnologia e suas aplicações, como na resposta aos sinais de velocidade, sistemas de alerta ativos em cruzamentos rurais, controle computadorizado de semáforos, sistemas de gerenciamento de incidentes, sistemas de fiscalização de trânsito, adaptação inteligente de velocidade, veículos conectados e autônomos e sistemas de gerenciamento de emergência. Os ITS modificam consideravelmente as interações entre os usuários das estradas e existe potencial para que as soluções ITS contribuam para a segurança rodoviária. Por exemplo, descobriu-se que os sistemas de controle avançado de sinais de trânsito (ATSC), que visam otimizar o ciclo do semáforo em relação ao fluxo de tráfego, reduzem as colisões angulares nos cruzamentos, em até 19,3% em Michigan, EUA,^a reduzem o total de colisões em 34%, os sinistros fatais e os com feridos em 45% na Pensilvânia, EUA^b. Embora as evidências sobre a segurança destas novas soluções de infraestrutura ainda estejam aumentando, os profissionais devem estar abertos às possibilidades de que as soluções ITS possam proporcionar resultados de segurança significativos. (ver 3.2, Gerenciamento da velocidade e moderação do tráfego, para obter exemplo de feedback dos usuários de sinais de velocidade; e Woolley, J., Stokes, C., Turner, B., e Jurewicz, C. 2018. Rumo a uma infraestrutura de sistema segura: um compêndio de conhecimento atual (Nº AP-R560-18), Austroads, para vários exemplos de infraestrutura de ITS).

- a. Fink, J., Kwigizile, V. et Oh, J. S. 2016. Quantifying the impact of adaptive traffic control systems on crash frequency and severity: Evidence from Oakland County, Michigan. *Journal of safety research*, 57, 1-7.
- b. Khattak, Z. H. 2016. Evaluating the Operational & Safety Aspects of Adaptive Traffic Control Systems in Pennsylvania (Doctoral dissertation, University of Pittsburgh).

- Monitorar, analisar e avaliar o estudo. Assegurar-se que os resultados obtidos foram os esperados e que não houve efeitos adversos para a segurança de nenhum usuário da via. Esta avaliação deve incluir uma avaliação da relação custo-eficácia das novas intervenções, especialmente quando comparadas com uma opção já existente.
- Implementar a solução em larga escala. Continuar a monitorar e a avaliar os resultados das intervenções, incluindo a análise de sinistros, após a coleta de dados suficientes. Incluir informações sobre o traçado e as operacionais, em documentos de orientação.
- Informar outras pessoas. Se a nova intervenção for eficaz, é importante informar outras pessoas sobre isso. As informações sobre intervenções que não apresentaram um bom desempenho, também são muito importantes para a comunidade internacional de segurança rodoviária.

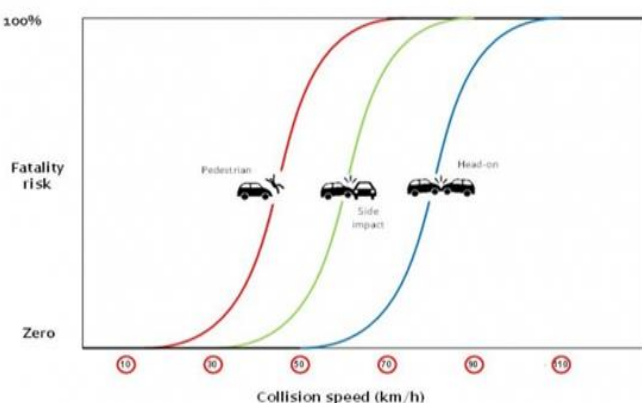
Leitura adicional

- Lydon, M., Garcia, A. et Duany, A. 2015. *Tactical Urbanism: Short-term Action for Long-term Change*. Island Press. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01944363.2015.1054708>
- Street Plans. 2020. *Tactical Urbanist's Guide to getting it done*. <http://tacticalurbanismguide.com/guides/>
- Lydon, M., Pascoe, C. et Stace, S., 21 juillet 2020. *Tactical urbanism—Streets for people* [webinaire]. Austroads. <https://vimeo.com/441917563>.
- Tak, R. et Rizzon, B., 14 mars 2019. *Transforming streets and public spaces with tactical urbanism* [Webinar] World Resources Institute. <https://thecityfixlearn.org/webinar/transforming-streets-and-public-spaces-tactical-urbanism>.
- Bhatt, A., Mascarenhas, B. et Ashar, D. 2010, March 4. *Redesigning one of Mumbai's most dangerous intersections in 3 simple steps*. The City Fix. <https://thecityfix.com/blog/redesigning-one-mum-bais-dangerous-carrefours-3-simple-steps-am-it-bhatt-binoy-mascarenhas-dhawal-ashar/>.

3. ASPECTOS PRINCIPAIS DOS PROJETOS VIÁRIOS NO CONTEXTO DA ENGENHARIA SEGURA

A velocidade é um aspecto importante intimamente ligado ao design das vias. Na elaboração do projeto de estradas, a "velocidade de projeto presumida" (design speed) é usada como um controle no projeto e também para determinar as várias características geométricas da via. A velocidade de projeto presumida deve ser lógica para a topografia, a velocidade operacional prevista, o uso do terreno adjacente e a classificação funcional da via. Por outro lado, a velocidade de deslocamento ou "velocidade operacional" é a velocidade na qual os veículos geralmente operam em uma via. A velocidade excessiva é o fator que contribui mais significativamente para a ocorrência dos sinistros fatais e graves. Quando um pedestre é atropelado por um carro a 30 km/h, ele tem uma chance razoável de sobrevivência, mas acima disso, as chances reduzem drasticamente. O limite crítico para a colisão de carros num cruzamento é de 50 km/h, acima do qual as probabilidades de sobrevivência diminuem rapidamente. Para colisões frontais, o valor é de 70 km/h para veículos bem concebidos e de igual massa (figura 3.1). O gerenciamento eficaz da velocidade pode trazer benefícios excelentes em termos de segurança e outros resultados positivos para vias urbanas, interurbanas e rurais.

Figura 3.1: Curvas de risco de velocidade/lesões.



Fonte : Greater Wellington Regional Council, Survivable Speeds, Wellington, Nouvelle-Zélande. 2015. For additional information see www.gw.govt.nz/survivable-speeds/.

3.1. Velocidade de projeto e velocidade operacional

Descrição geral

A velocidade de projeto (design speed) é definida como "a velocidade máxima segura que pode ser mantida em uma seção específica de uma rodovia, quando as condições são tão favoráveis que as características do design da rodovia são soberanos". Em muitos países, também existem conceitos de velocidade de projeto determinante e velocidade mínima de projeto para um tipo específico de instalação. Embora a ideia seja usar a velocidade de projeto determinante para o projeto de elementos geométricos, em nenhum caso ela deve ser inferior à velocidade mínima de projeto para aquela instalação. A velocidade mínima de projeto é especificamente crucial para evitar um projeto inferior devido a restrições na disponibilidade de terrenos, e assim por diante.

Infelizmente, um projetista tem poucas variáveis que podem ser usadas para comunicar a velocidade para aquele traçado a um motorista, especialmente fora de áreas construídas (urbanas). A relação entre a velocidade decidida para o traçado, os raios da curva e sua superelevação, ou seja, a demanda de atrito lateral, deve ser consistente, assim como a distância para o campo de visão frontal ao longo da rota ou nos cruzamentos. Portanto, o nível de exigência colocado no motorista é muito importante. Consulte a seção 2.2 para obter mais informações sobre o princípio da previsibilidade e "sem surpresas".

Existem fatores de segurança significativos incorporados aos parâmetros que dependem da velocidade selecionada para aquele traçado. Na medida do possível, a via deve ser projetada para operar a uma velocidade igual ou ligeiramente superior (5 km/h) ao limite de velocidade anunciado. Isto pode ser avaliado através de "testes de sensibilidade" do design com motoristas que viajam em velocidades mais altas. Dois exemplos de como isso poderia ser alcançado são (i) a avaliação da superelevação nas curvas e (ii) as exigências que precisam ser atendidas

quanto ao campo de visão. Contudo, deve ser reconhecido que a geometria não é o mecanismo mais apropriado para controlar a velocidade, principalmente porque confia demais na interpretação e sentimento do condutor. Isto é particularmente relevante, por exemplo, quando retas horizontais e declives retos são usados em terrenos predominantemente planos.

Na prática atual, o termo “velocidade operacional” é definido como a velocidade na qual os motoristas são observados dirigindo seus veículos em condições de fluxo livre. Esta pode não ser uma velocidade segura e não deve ser usada para definir o limite de velocidade apropriado. O percentual de 85% da distribuição das velocidades observadas é a medida mais frequentemente utilizada na velocidade operacional, associada a uma localização ou característica geométrica específica (Fitzpatrick et al. 1995). No entanto, tem havido muitas definições de velocidade operacional (NCHRP 2003). (Veja referências em Leituras Adicional.)

A velocidade afixada ou limite de velocidade é a velocidade exibida com um sinal regulamentar e é usada na maioria dos países para definir a velocidade máxima ou mínima legal na qual os veículos que transitam nas rodovias podem trafegar em um determinado trecho da via. Os limites de velocidade estão muitas vezes próximos da percentagem de 85% da velocidade operacional da instalação, mas, como destacado acima, esta medida não deve ser usada para estabelecer limites de velocidade para vias já existentes. No entanto, em muitos países de baixa e média renda (PRMB), os limites de velocidade são fixados em níveis demasiadamente elevados dadas as condições prevalentes dos corredores rodoviários (geometria e acostamento da via) e a combinação e volume de usuários das estradas, especialmente perto de zonas urbanas, além de áreas de mercado (feiras) nas quais transitam muitos pedestres e ciclistas. Nestas circunstâncias, torna-se difícil alcançar condições de viagem seguras, e várias intervenções em infraestrutura relacionadas a fiscalização para a aplicação das leis tornam-se essenciais.

Implicações para a segurança

Embora a relação entre a velocidade operacional e o limite de velocidade exibido possa ser definida, a associação entre a velocidade para o trecho da via e a velocidade operacional ou o limite de velocidade sinalizado, não pode ser definida com o mesmo nível de confiança. Abaixo estão os desafios comuns que podem surgir ao trabalhar com velocidade de projeto (design speed).

- Em primeiro lugar, é possível que, devido a padrões de projeto mais elevados e às condições de tráfego prevalentes, a velocidade de funcionamento de uma determinada instalação seja superior à velocidade projetada para aquele trecho. Essa alta velocidade de operação resultaria em condições inseguras na utilização da via existente, e poria em perigo os usuários daquela instalação.
- Por outro lado, também é possível que, devido a restrições das condições do local, a velocidade mínima de projeto não possa ser seguida, o que levanta a questão da necessidade de consistência no projeto inicial.
- Além disso, os elementos de projeto que seguem a velocidade mínima de projeto como critério podem levar a um projeto de valor que nem sempre resulta em um desempenho mais seguro.

Boas práticas de projeto /intervenções /soluções

- Definir uma meta de velocidade operacional máxima é muitas vezes muito importante, especialmente em países de baixa e média renda onde a fiscalização da velocidade está praticamente ausente.
- Também é essencial utilizar intervenções na segurança rodoviária baseadas em infraestruturas, bem como na fiscalização, para ajudar a restringir a velocidade máxima de operação, em uma determinada instalação.
- A importância de tais intervenções aumenta quando a diferença entre a velocidade de operação e o limite de velocidade afixado é elevada, e a consequência de uma velocidade de operação mais elevada pode levar a sinistros fatais e graves.
- Idealmente, a gestão da velocidade baseada na infraestrutura deveria limitar as velocidades a níveis seguros, o que certamente significa ao design speed projetado para o trecho. Muitas vezes, mesmo isto sendo feito, não é suficiente para levar a um desempenho seguro.

Leitura adicional

- NCHRP Report 504. 2003. “Design Speed, Operating Speed, and Posted Speed Practices.” National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, DC. ISBN 0-309-08767-8 Importante ler: capítulo 3, Interpretation, Appraisal, Applications.
- Fitzpatrick, K., Blaschke, J. D., Shamburger, C. B., Krammes, R. A., and Fambro, D. B. 1995. “Compatibility of Design Speed, Operating Speed, and Posted Speed.” Final Report FHWA/TX95/1465-2F. Texas Department of Transportation, College Station, TX. Leitura importante: 5, Concerns with design speed, operating speed, and posted

speed relationships; 7, Conclusions and recommendations.

3.2. Gestão de velocidade e moderação de tráfego

Descrição geral

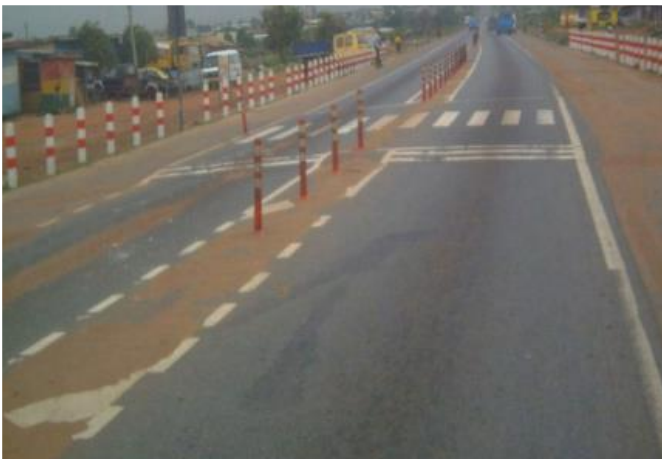
A gestão eficaz da velocidade envolve a identificação da real utilização funcional da via, para as diferentes partes da rede (de modo a refletir todos os grupos de usuários da estrada), a seleção de um limite de velocidade seguro que corresponda a essa utilização e, quando necessário, o fornecimento da infraestrutura adequada para apoiar esses limites de velocidade. (Ver também a discussão na seção 2.2 sobre vias autoexplicativas ou previsíveis). Isto pode incluir o desenvolvimento de intervenções para reforçar a mudança no ambiente rodoviário e os requisitos de velocidade adequados. Pode também exigir o apoio da polícia na aplicação das velocidades definidas especialmente quando a correspondência entre a velocidade segura, a velocidade do trecho e o limite de velocidade não tivessem sido adequadamente considerados no processo de concepção. Cada vez mais, as

tecnologias de bordo estão ajudando a garantir que as velocidades adequadas sejam mantidas.

No que diz respeito ao design das vias, a gestão da velocidade necessita do forte apoio da infraestrutura rodoviária para garantir que os usuários das estradas possam compreender claramente as velocidades definidas para aquela via. Particularmente em ambientes de baixa velocidade, vias bem projetadas contribuem significativamente para a escolha de velocidade feita pelo usuário da estrada. Isto pode muitas vezes ser conseguido através de medidas de moderação do tráfego, incluindo:

- Intervenções nas entradas dos assentamentos usando intervenções tipo 'Gateway' e/ou gestão de velocidade e da desaceleração do tráfego, ao longo de rodovias que têm maior necessidade de acessos devido à mudança das características de utilização daquele trecho.
- Estreitando através de:
 - Alargamento das calçadas,
 - Adicionar um dissuasor (bollard), ou uma jardineira, ou adicionar uma ciclovia ou estacionamento na rua,
 - Alargamento da faixa central (figura 3.2),
 - Expansão/construções de meio-fio (calçadas) (figura 3.3),
 - Estreitar a largura da faixa da pista de rodagem no cruzamento com as faixas de pedestres,

Figura 3.2: Estreitamento da faixa de rodagem, delineadores e lombadas.



Fonte : Afukaar F. K. 2008. Evaluating Road Safety Interventions: The case of Ghana. Acessado em https://rtirn.net/PDFs/Evaluating_Road_Safety_Intervention_The_case_of_Ghana.pdf. December 12, 2019.

Figura 3.3: Estreitamento de vias com ilhas de tráfego e meios-fios estendidos.



Fonte : Ghana Highway Authority, 2007.

Figura 3.4: Sonorizadores em rodovias



Fonte : © Sudeshna Mitra/GRSF/Banco Mundial.

- Estrangulador ou choker (estreitamento localizado),
- Realocação dos espaços em uma rua (“dietas viárias”), por exemplo, permitindo estacionar em um ou ambos os lados de uma rua, para reduzir o número de faixas de rodagem, ou adicionando uma faixa de conversão central, e
- Refúgios para pedestres, ou pequenas ilhas no meio da rua para reduzir a largura das faixas.
- A deflexão vertical ou a elevação de uma parte da superfície da via como plataforma pode criar desconforto para os condutores que viajam a altas velocidades, incluindo a utilização de:
 - Lombadas, quebra-molas, almofadas e mesas,
 - Elevação de faixas de pedestres e interseções,
 - Redutores de velocidade,
 - Alteração do material ou textura da superfície, e
 - Sonorizadores (rumble strips) (figura 3.4).
- O desvio horizontal que exige que os veículos se desviem ligeiramente e redutores de velocidade/chicanas, refúgios para pedestres, extensões de meio-fio e estrangulamentos. As rotatórias também reduzem as velocidades por meio desse mecanismo.
- Bloqueio ou restrição de acesso, para bloquear ou restringir o acesso, tais como:
 - Desviadores (cones) no canteiro central para evitar conversões à esquerda/direita em uma área residencial.
 - Converter um cruzamento em um beco sem saída.

Figura 3.5: Lombada colocada pela comunidade na via que passa pela aldeia – Etiópia.



Fonte : Ghana Highway Authority, 2007.

Figura 3.6: Rua da cidade na Colômbia com sonorizador improvisado.



Fonte : © Soames Job/GRSF/ Banco Mundial.

- Barreira móvel, restringindo o tráfego apenas a veículos autorizados.
- Fechamento de ruas para criação de zonas exclusivas para pedestres.

Vale a pena notar que as pessoas geralmente compreendem o elevado risco das velocidades e muitas vezes querem velocidades mais baixas nas vias que passam pelas cidades e assentamentos. No entanto, é melhor que a concepção de lombadas e outras infraestruturas de moderação do tráfego não sejam deixadas a cargo das comunidades que se sentem negligenciadas, como mostram as figuras 3.5 e 3.6.

Implicações para a segurança

- O gerenciamento eficaz da velocidade pode reduzir a velocidade de deslocamento dos veículos, com subsequentes benefícios na segurança.
- Onde são fornecidas velocidades seguras (correspondendo às atividades exigidas para a via e nas margens da estrada), pode haver uma frequência e gravidade significativamente reduzidas de colisões

(igualando ou até mesmo excedendo 60 por cento na redução de mortes e na ocorrência de ferimentos graves)³¹.

- Mesmo com pequenas alterações na velocidade, podem existir benefícios significativos na segurança.
- A gestão adequada da velocidade pode reduzir a necessidade de fiscalização policial, liberando os recursos para outras atividades de fiscalização.
- Existem também numerosos benefícios para além dos que envolvem a segurança rodoviária, incluindo potenciais incentivos para a utilização de modos ativos (particularmente a pé e de bicicleta, que produzem benefícios mais amplos para a saúde, redução de emissões de gases, de ruído e do consumo de combustível, além de mais espaço “habitável” para residentes e visitantes.

Boas práticas de projeto/ intervenções/ soluções

Os atuais fatores de implementação na desaceleração do tráfego incluem:

- Para obter o máximo efeito, devem ser utilizadas combinações de medidas de moderação do tráfego, de preferência como parte de uma estratégia de transportes integrada.
- O engajamento da comunidade com a comunicação dos benefícios que advirão das intervenções em segurança pode ser necessário para evitar a rejeição/feedback negativo do público, devido à percepção de inconveniência e equívocos sobre danos adicionais. Isso deve ser levado em consideração na definição dos prazos de entrega do projeto finalizado.
- Sempre que relevante, as intervenções devem ser concebidas para atender ciclistas e serviços essenciais de emergência, além de outros veículos pesados, para que estes não sejam prejudicados.
- Estreitar as faixas de circulação dos veículos é eficaz na redução da velocidade e na criação de espaço para outras maneiras de transporte sustentáveis.
- Devem ser utilizadas no traçado, soluções econômicas para desaceleração de tráfego.
- Em muitos casos, opções mais baratas (tais como marcações com faixas estreitas em vez de ilhas construídas) podem ser igualmente eficazes.
- Monitorar os efeitos das intervenções também é importante, começando pelas de custo potencialmente mais baixo, para compreender plenamente como cada uma contribui e, portanto, onde serão necessários valores mais elevados.
- Uma sinalização clara pode ser necessária, particularmente em lugares que visam a desaceleração de tráfego, para alertar os usuários da via e evitar que as medidas de desaceleração de tráfego se tornem perigos para o trânsito. Alguns tipos de intervenções podem atuar como um perigo na via ou na beira da estrada.
- Os limites de velocidade devem ser consistentes e consonantes com a função, padrão e utilização da via.
- As lombadas e outros dispositivos precisam ser bem projetados para que proporcionem o máximo benefício na segurança. Projetos fora do padrão que não são bem compreendidos pelos usuários da via podem criar riscos.
- Alguns tipos de intervenções (lombadas, sonorizadores, chicanas) podem constituir perigos na via se não forem devidamente projetados, sinalizados e mantidos.
- Os limites de velocidade devem ser realistas e críveis para que haja boa adesão dos condutores.
- A manutenção da infraestrutura para desaceleração da velocidade deve ser priorizada após sua implementação, para garantir segurança contínua.
- Como medidas interativas de moderação de tráfego por meio da utilização de tecnologias, um sinal de feedback da velocidade (também chamado de sinal de feedback do motorista ou mensagem variável do sinal) é usado em alguns países como Austrália, Canadá, Reino Unido e Estados Unidos. Um sinal de feedback da velocidade é geralmente construído com uma série de diodos emissores de luz (LEDs) que exibem a velocidade real do veículo aos motoristas conforme eles se aproximam do sinal (figura 3.7). Um estudo dos EUA descobriu que os sinais de feedback de velocidade podem ser eficazes na redução da velocidade média de 85 por cento em diversas situações³² (ver 5.13 Sinais de trânsito para a instalação de sinalização).

³¹ Damsere-Derry, J., Ebel, B. E., Mock, C. N., Afukaar, F., Donkor, P., and Kalowole, T. O. 2019. Evaluation of the effectiveness of traffic calming measures on vehicle speeds and pedestrian injury severity in Ghana. *Traffic Injury Prevention*, 20(3), 336–342.

³² Forbes, G., Gardner, T., McGee, H. W., and Srinivasan, R. 2012. Methods and practices for setting speed limits: An informational report (No. FHWA-SA-12-004). United States. Federal Highway Administration. Office of Safety.

A lombada não marcada indicada na figura 3.8 aumenta o risco de sinistro rodoviário em comparação com a marcação apropriada (figura 3.9) devido à falta de visualização da

lombada pelos motoristas. As lombadas e outras medidas para a desaceleração do tráfego devem ser claramente marcadas e sinalizadas; fundos adequados devem ser alocados para a manutenção.

Figura 3.7: Sinal de feedback de velocidade.



Fonte : Richard Drdul/FHWA.

Figura 3.8: Lombada para redução da velocidade não sinalizada ("invisível") – Zanzibar.



Fonte : © Alina F. Burlacu/GRSF/Banco Mundial.

Figura 3.9: Lombada para redução de velocidade sinalizada



Fonte : © James Robert Markland/Banco Mundial

Estudos de caso

Infraestrutura para desaceleração do tráfego, na África do Sul

Figura 3.10: Faixa de pedestres elevada e mini balão



Fonte : Arrive Alive. Traffic Calming, Speed Calming and Road Safety; Traffic Calming and Pedestrian Safety. Acessado em <https://www.arrivealive.mobi/>. December 17, 2019.

Figura 3.11: Utilização de infraestruturas mistas para desaceleração do tráfego – estreitamentos, lombadas e delineadores



Fonte : Arrive Alive

Na África do Sul, mais de 35 por cento das mortes em sinistros de trânsito são mortes de pedestres. A autoridade rodoviária sul-africana utiliza um sistema de priorização de infraestruturas para desaceleração de tráfego, devido aos fundos limitados. Os pedidos para implementar medidas para desaceleração do tráfego, tais como lombadas, faixas elevadas para pedestres e balões (conforme mostrado nas figuras 3.10 e 3.11 acima) vêm do público, dos vereadores, dos funcionários e das observações das autoridades.

Uma amostra dos resultados obtidos na África do Sul mostra que as lombadas para desaceleração do tráfego melhoraram a segurança no que tange à gravidade das colisões. As colisões graves entre pedestres e veículos (PVCs) diminuíram 23% e 22%, enquanto as colisões fatais diminuíram 68% e 50% em algumas áreas.^a

A desaceleração do tráfego demonstrou ser eficaz na redução do número de PVCs, mas precisa ser apoiada por medidas adicionais para aprimorar ainda mais a segurança dos pedestres.

a Nadesan-Reddy, N., et Knight, S. 2013. The effect of traffic calming on pedestrian injuries and motor vehicle collisions in two areas of the eThekweni Municipality: A before-and-after study. SAMJ: South African Medical Journal, 103(9), 621-625.

Figura 3.12: As crianças não tinham pontos seguros e exclusivos para cruzar a rua, e muitas vezes estavam em constante conflito com os motoristas.



Fonte : (a esquerda) Lusaka Times. Vera Chiluba Primary School: Road re-design that promotes road safety. Acessado em <https://www.lusakatimes.com/2019/11/11/why-we-support-mayor-sampa-lowering-of-speed-limits-around-schools/> . December 17, 2019. (a direita) Guardian News & Media Limited. Why are Ghana's roads so deadly? Latest fatality sparks fury in Accra. Acessado em <https://www.theguardian.com/cities/2018/nov/27/why-are-ghanas-roads-so-deadly-latest-fatality-sparks-fury-in-accra-adenta-madina> . December 19, 2019.

Figura 3.13: As crianças em idade escolar são protegidas por uma faixa elevada com padrão visual de zebra, que é um dispositivo característico para desaceleração do trânsito.



Fonte : (esquerda) Lusaka Times, (direita) Poswayo A. Street Shaper, 2018. Acessado em <https://globaldesigningcities.org/2018/12/12/street-shaperdecember-2018/>. December 19, 2019.

Infraestrutura para desaceleração da velocidade em zonas escolares no Zâmbia e em Gana

O Fundo de Segurança Rodoviária do Zâmbia (ZRST) está preocupado com o impacto do tráfego rodoviário nas crianças. Cerca de 1.550 crianças morreram ou ficaram feridas em 2014 no trânsito rodoviário. O presidente da Câmara de Lusaka, juntamente com o ZRST, planejou reduzir os limites de velocidade em todas as zonas escolares, dos generalizados 40 km/h para 30 km/h. Isto foi feito através da melhoria da infraestrutura dedicada aos pedestres – caminhos para pedestres, faixas zebra,

lombadas, sinais de trânsito e muito mais (ver figuras 3.12 a 3.14 para fotos de antes e depois).

Estas melhorias fazem parte de um programa da ONG Amend, para Avaliação e Melhoria da Segurança Rodoviária em Áreas Escolares (SARSAI), centrado na redução sinistros em torno de áreas escolares na África urbana, onde as crianças são conhecidas por correrem um risco muito elevado de sofrerem lesões causadas por sinistros de trânsito (RTI: Road Traffic Injuries).

Figura 3.14: Instalação da faixa para diminuição da velocidade com marcação quadriculada. Esquerda: antes da intervenção; Direita: Após a intervenção.



Fonte : safe-crossings.org.

Leitura adicional

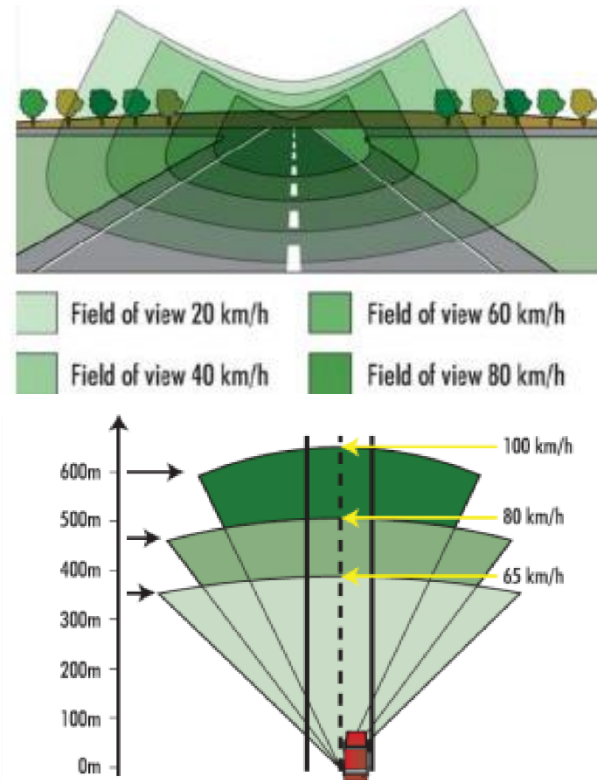
- South Central Regional Council of Governments. 2008. Traffic Calming ReFontes Guide. Importante ler: capítulo 2, Toolbox; capítulo 3, Conteúdo.
- GRSP Speed Management: A guide for practitioners and policy makers. GRSP, Geneva. Importante ler Apêndice 4 a o capítulo 3 subtítulo 3.4.
- FHWA Traffic Calming Guidelines, especialmente capítulo 1, introdução a apêndice A

3.3. Distância de visibilidade

Descrição geral

- A distância de visibilidade é necessária para proporcionar aos condutores tempo suficiente de reação e de manobra (incluindo frenagem) para se adaptarem às condições da via.
- A distância de visibilidade de decisão é fornecida em situações complexas ou inesperadas e permite maior tempo para a tomada de decisão.
- Segundo as pesquisas sobre os fatores humanos que influenciam a segurança, os condutores precisam de 4 a 6 segundos para responder a uma nova situação; isso significa 110 - 170 m à frente se o limite de velocidade for 100 km/h ou 90–135 m para 80 km/h. Quanto mais rápido as pessoas dirigem, mais necessitam de um longo campo de visão frontal e vice-versa (figura 3.15), para ler, compreenderem e reagirem a tempo, a um perigo. Os sinais de alerta e a informação podem,

Figura 3.15: Exemplo de velocidades e do campo de visão periférica, e velocidade e ponto focal.



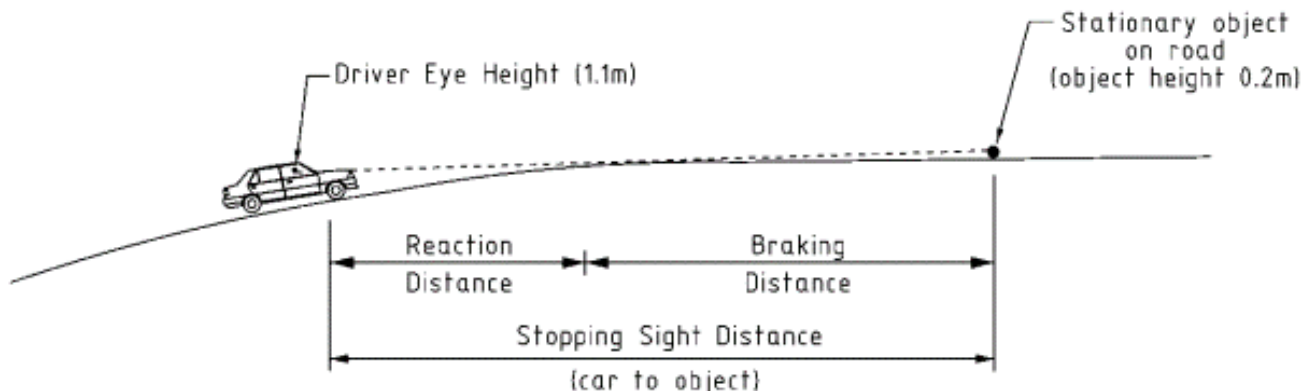
Fonte : PIARC, 2003.

por vezes, estar localizados de tal forma, que têm pouca visibilidade e o detalhamento da via pode não fornecer pistas adicionais suficientes, sobre o perigo ou sobre a decisão que deverá ser tomada.³³

- distância de visibilidade de parada é a distância de visibilidade mínima que sempre deve estar disponível, em qualquer ponto da via.³⁴
- A distância de visibilidade de parada garante que um motorista viajando em uma velocidade apropriada possa parar o veículo com segurança e eficácia, inclusive sendo capaz de ver quaisquer objetos ao longo do trajeto percorrido pelo veículo (figura 3.16).
- A distância de visibilidade de ultrapassagem é estabelecida em locais nos quais a ultrapassagem na faixa oposta é permitida, e permite a conclusão segura da manobra completa de ultrapassagem (figura 3.17).

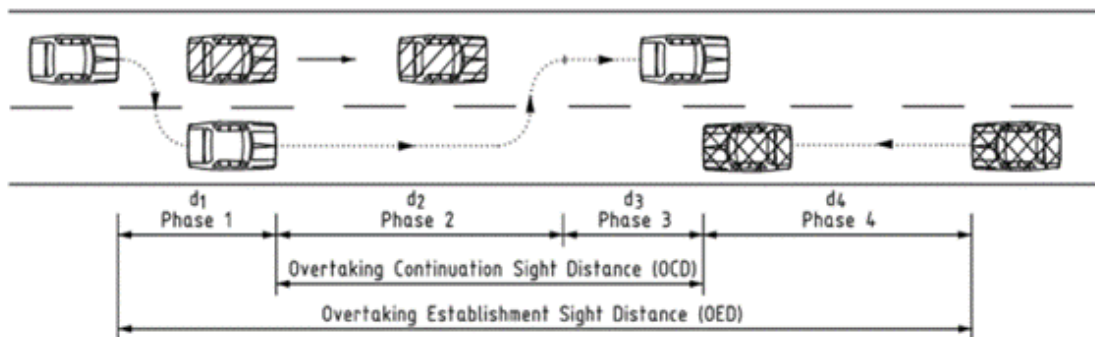
- A distância de visibilidade na interseção envolve um triângulo de distâncias de visibilidade (figura 3.18) que aumenta a visibilidade e a percepção de todos os usuários da via.
- A distância de visibilidade na interseção é normalmente definido como a distância na qual um motorista pode ver os veículos se aproximando antes que seu campo de visão seja bloqueado por uma obstrução próxima ao cruzamento.³⁵ O campo de visão para aproximação ou afastamento que o condutor de um veículo necessita ter a partir da parada em um cruzamento deve ser totalmente desobstruído no cruzamento, incluindo quaisquer dispositivos de controle de tráfego, e o comprimento da via deve ser suficientemente longo no cruzamento para proporcionar ao condutor tempo suficiente para antecipar e evitar potenciais colisões.

Figura 3.16: Distância de visibilidade de parada



Fonte : Austroads, 2021. Austroads. 2021. Guide to Road Design Part 3: Geometric Design.

Figura 3.17: Manobra de ultrapassagem e distância de visibilidade.



Fonte : Austroads. 2021. Guide to Road Design Part 3: Geometric Design.

³³ PIARC. 2018. Practical Guide for Road Safety Auditors and Inspectors.

³⁴ Austroads. 2016. Achieving Safe System Speeds on Urban Arterial Roads: Compendium of Good Practice.

³⁵ FHWA Federal Highway Administration. 2011. Intersection Safety: A Manual for Local Rural Road Owners, US.

- Os pedestres também precisam ver e serem vistos, e os movimentos para a travessia concentram-se frequentemente nos cruzamentos ou próximos a eles.
- O atendimento às distâncias de visibilidade necessárias disponíveis para as vias estreitas, permite que a velocidade de aproximação dos veículos adversários seja também a adequada.
- Nas áreas urbanas, as esquinas funcionam frequentemente como locais de encontro de pessoas e empresas, bem como locais para paradas de ônibus, estacionamento para bicicletas e outros elementos.

O projeto deve facilitar o contato visual entre esses usuários, em vez de focar na criação de linhas de visão claras, apenas para o tráfego em movimento.³⁶

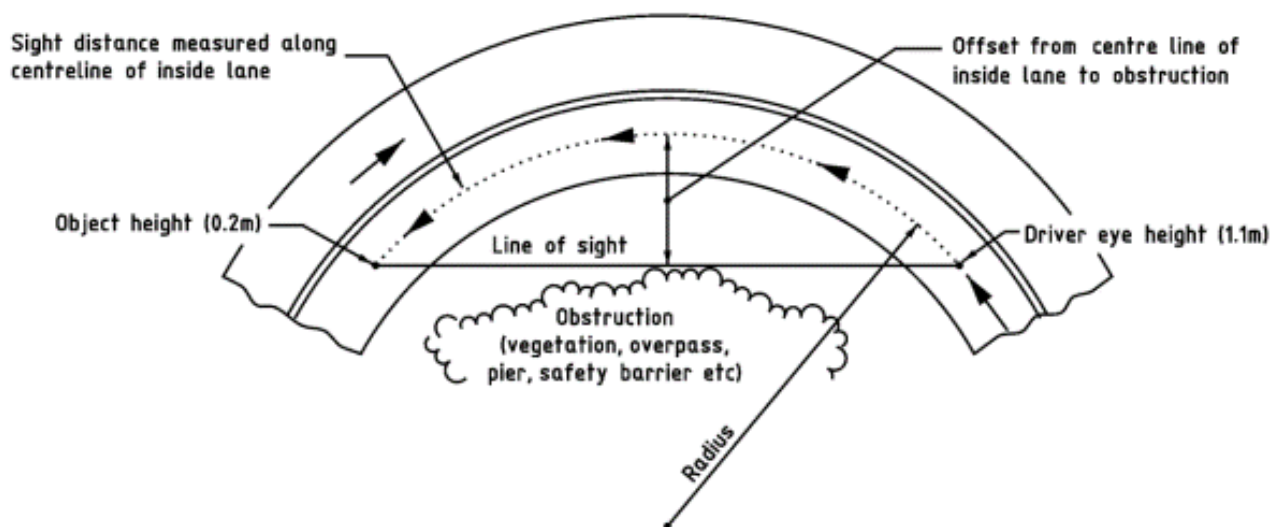
- A distância de visibilidade insuficiente pode ser um fator que contribui para sinistros. Exemplos de obstruções incluem rebanhos de animais, plantas, veículos estacionados, postes de serviços públicos, edifícios e o alinhamento horizontal e vertical da via (ver seções sobre Curvatura horizontal e Curvatura vertical e gradiente). A Figura 3.19 ilustra a distância de visibilidade em uma curva, incluindo os afastamentos necessários das obstruções.

Figura 3.18: Exemplos de triângulos de visibilidade dos condutores nos cruzamentos



Fonte : NACTO, 2019

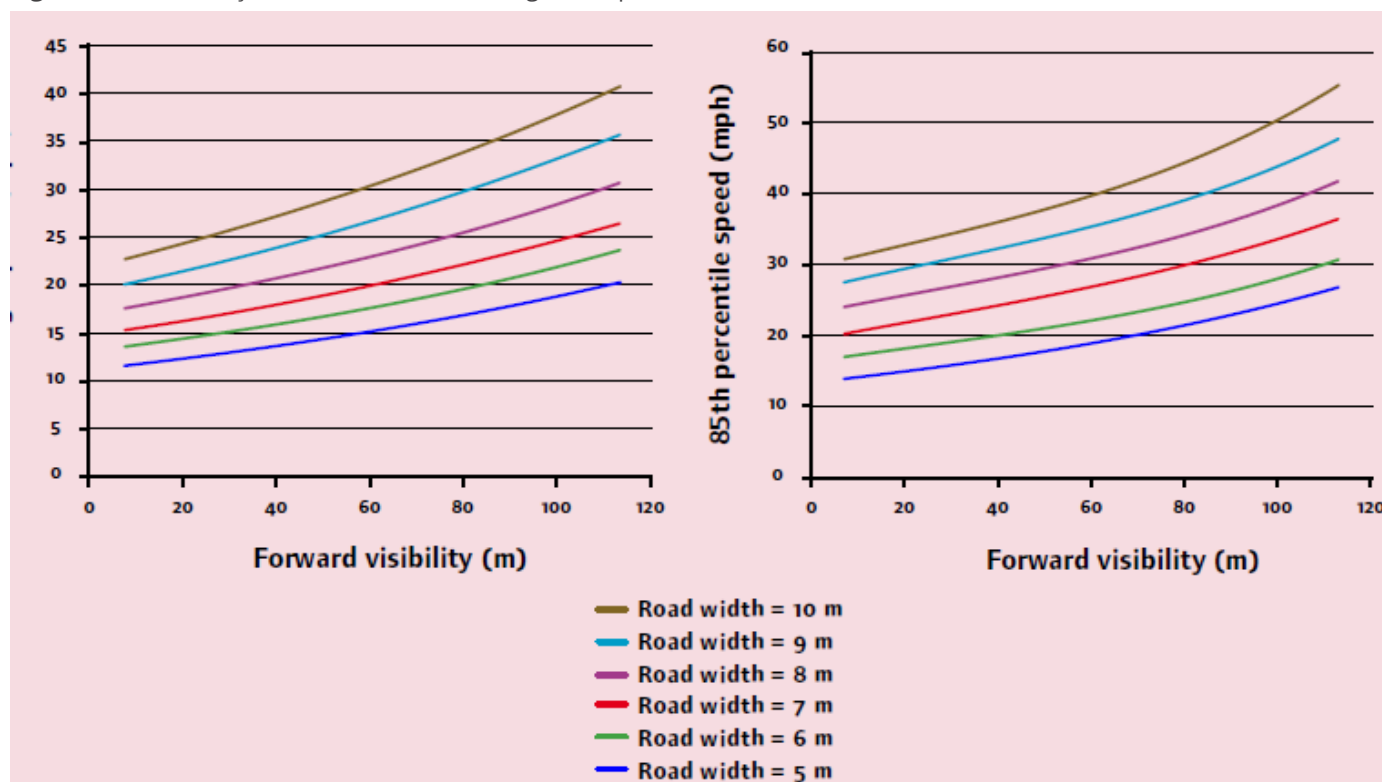
Figura 3.19: Ilustração da distância de visibilidade do motorista nas curvas.



Fonte : NACTO. 2019. Urban Street Design Guide: Acessado em <https://nacto.org/publication/urban-street-design-guide/>.

³⁶ NACTO. 2019. Urban Street Design Guide: Acessado em <https://nacto.org/publication/urban-street-design-guide/>.

Figura 3.20: Correlação entre visibilidade e largura da pista e velocidades dos veículos.



Fonte : Department for Transport, UK.

Um estudo do Reino Unido mostra que a melhoria da visibilidade e/ou o aumento da largura da via estão correlacionados com o aumento da velocidade dos veículos (figura 3.20). Descobriu-se que o aumento da largura para uma determinada visibilidade, ou vice-versa, aumenta a velocidade. Isto implica que a redução da distância visual pode contribuir para reduzir a velocidade dos veículos nos cruzamentos (observando que os critérios de distância visual mínima devem ser mantidos).

Implicações para a segurança

- A distância de visibilidade insuficiente e o correspondente tempo reduzido para reagir, aumentam o risco de colisões traseiras nas aproximações e colisões em ângulos elevados dentro do cruzamento. Isso ocorre porque os motoristas podem não conseguir ver e reagir aos dispositivos de controle de tráfego (ou seja, sinalizações e sinais de parada) ou aos veículos que se aproximam das vias principais e secundárias.
- Há aumentos claros no risco à segurança devido a visibilidade reduzida e implicações legais significativas, caso algum sinistro aconteça como resultado.

- Em estudos australianos, as melhorias na distância de visibilidade resultam em uma redução de cerca de 30 por cento dos sinistros, tanto em vias abertas como em cruzamentos onde anteriormente os sinistros ocorreriam com frequência— um nível médio de confiança é colocado neste número.³⁷

Boas práticas de projeto/ intervenções/ soluções

- Uma distância de visibilidade adequada é essencial para proporcionar aos condutores tempo de reação e de manobra, suficiente para se adaptarem às características da via e aos outros usuários da via. Isto envolve melhorar o triângulo de distância de visibilidade nos cruzamentos, melhorando a visibilidade para todos os usuários da via no cruzamento e, em alguns casos, reduzir a distância excessiva de visibilidade que poderia encorajar a tomada de decisão antecipada, tendo em mente que é sempre necessário manter a distância mínima de visibilidade exigida.

Contra-medidas para corrigir a distância de visibilidade insuficiente em situações específicas (por exemplo, curvas horizontais, cruzamentos, etc.), são detalhadas em cada seção. Abaixo é apresentado um resumo de estratégias

³⁷ Austroads. 2012. Effectiveness of Road Safety Engineering Treatments.

para melhorar a distância de visibilidade. Dependendo dos riscos e tipos de sinistro, uma combinação de contramedidas deve ser considerada. As medidas tomadas devem ter como objetivo alcançar uma situação na qual a distância da visibilidade disponível seja tornada suficiente através do estabelecimento de velocidades operacionais reduzidas (não apenas limites de velocidade) ou outras medidas.

- **Sinalização vertical e horizontal:** Para um cruzamento convencional não semaforizado, deve ser considerada uma melhoria da sinalização vertical e horizontal, embora o efeito possa ser limitado.
- **Dispositivos de moderação de tráfego:** Os triângulos de visibilidade necessários para as distâncias de parada e aproximação dos veículos baseiam-se normalmente na garantia da segurança em cruzamentos sem controles, qualquer que seja a abordagem selecionada. Esta situação raramente ocorre em ambientes urbanos e ocorre apenas em cruzamentos de baixa velocidade e baixo volume. Em locais não controlados nos quais o volume ou a velocidade apresentam preocupações concernentes à segurança, a adição de controles de tráfego ou dispositivos para a desaceleração de tráfego, se faz necessária na abordagem destinada aos cruzamentos (ver seção 3.2 sobre Gestão de velocidade e desaceleração de tráfego).
- **Realocação de obstáculos:** Se os tipos de colisão mais frequentes forem colisões angulares devido a vegetação excessiva, a contramedida mais eficaz seria limpar os triângulos de visibilidade no cruzamento, para melhorar a distância de visibilidade. Da mesma forma, semáforos, sinalizações, edifícios e assim por diante, também devem ser realocados, quando obscurecem o campo de visão.
- **Barreiras físicas e canteiros centrais - medianas:** Como está provado que apenas a colocação de sinalização não é confiável para controlar o movimento do tráfego, barreiras físicas e canteiros centrais devem ser instaladas para reforçar aos motoristas o que é esperado em termos de manobras seguras. Em geral, onde os locais têm visibilidade insuficiente, devem ser proibidas manobras

de ultrapassagem que impliquem a travessia do eixo de vias indivisas ou a travessia do canteiro central das vias sem barreiras físicas ou faixas auxiliares ³⁸ (ver seção 5.6 sobre Faixas de ultrapassagem).

- **Conversão do cruzamento do tipo Y para um cruzamento perpendicular (tipo T) com semaforização, conforme necessário:** Isto não só melhorará a visibilidade, mas também dará uma explicação clara sobre o direito de preferencial de quem está na faixa, resolverá pontos de perigo nos quais podem ocorrer colisões, e melhorará a segurança condições para pedestres e outros usuários vulneráveis. É uma solução relativamente barata e segura. Deve ser verificado se a visibilidade no entroncamento é adequada, tanto na via secundária como na via principal, e semaforizada quando necessário.

Reconstrução de cruzamentos e curvas: A modificação de um alinhamento horizontal/vertical é muitas vezes demasiado dispendiosa e pode ter impactos significativos na utilização do solo adjacente. É muito melhor planejar corretamente a via antes de ela ser construída do que a reconstruir.

Leitura adicional

- AASHTO. 2018. The Green Book. Ver capítulo 3.2, Sight distance.
- PIARC. 2019. Road Safety Manual. Acessado em <https://roadsafety.piarc.org/en>. Ver capítulo 8.2, 'Designing infrastructure to encourage safe behavior'.
- Austroads. 2016. Achieving Safe System Speeds on Urban Arterial Roads: Capítulo 4 é importante. Chapter 'Speed as a contributor to urban arterial crashes'; Appendix A 'Engineering treatments'.
- FHWA. 2011. Intersection Safety: A Manual for Local Rural Road Owners. Acessado em https://safety.fhwa.dot.gov/local_rural/training/fhwasa1108/. Importante ler: capítulo 3, 'Safety analysis'

³⁸ AASHTO. 2011. A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 6th edition.

- NACTO. 2013. Urban Street Design Guide. Acessado em <https://nacto.org/publication/urban-street-design-guide/>. Importante ler: 'Intersections; Intersection design elements'.

3.4. Assentamentos Lineares

Descrição geral

Os assentamentos lineares (figura 3.21) são um grupo de edifícios, pequenas aldeias ou outros empreendimentos (incluindo propriedades residenciais, barracas na beira de via, mercados, feiras e outros negócios) ao longo das principais rotas, que resultam na incompatibilidade entre o design da via e a utilização desta. Esta situação também se aplica onde as vias principais passam pelas cidades. Os problemas de trânsito ocorrem devido ao mal planejamento da rede rodoviária, à má aplicação das regras para o planejamento (quando estas existem), e à pressão das empresas locais que consideram estes locais como sendo propícios ao acesso ao comércio pelos motoristas que passam pela via. Estes problemas são acentuados pela falta de compreensão dos riscos de segurança.

Implicações para a segurança

- Os assentamentos lineares levam a uma mistura de tráfego de alta velocidade com o tráfego local lento e também com os usuários vulneráveis da estrada. Esta função mista pode levar a riscos muito elevados, especialmente para estes usuários, que podem estar tentando atravessar a via ou estão caminhando ao longo da via (as figuras 3.22 a 3.26 ilustram movimentos perigosos na travessia de pedestres em ambientes de alto risco devido à falta de, ou a concepção incorreta das instalações).
- Outros riscos incluem pontos de embarque e desembarque mal concebidos para o transporte público (formal ou informal), que também representam riscos para os pedestres que tentam atravessar ou caminhar ao longo da via.
- Também pode haver tráfego local lento manobrando veículos, incluindo movimentos de veículos saindo de pontos de saída locais ou para vias vicinais, e fazendo retornos em "U". Apesar desses movimentos dos usuários locais, o projeto dessas vias que atravessam vilarejos ou assentamentos lineares geralmente permanece inalterado, com vias largas, instalações precárias para tráfego local e usuários vulneráveis, além de altas velocidades.

Figura 3.21: Exemplo de um assentamento linear.



Fonte : © 2021 CNES/Airbus/Google Earth

Figura 3.22: Não há trilhas ou facilidades para a travessia de pedestres



Fonte : © Soames Job/GRSF/ Banco Mundial.

Figura 3.23: Falta de locais definidos para a travessia de pedestres



Fonte : FIA Foundation

Figura 3.24: Passarela para pedestres não utilizada.



Fonte : © Alina F. Burlacu/GRSF/ Banco Mundial.

Figura 3.25: Não há calçadas para pedestres.



Fonte : © Soames Job/GRSF/ Banco Mundial

Figura 3.26: Canteiro central mal concebido para impedir a travessia de pedestres – Romênia.



Fonte : © Alina F. Burlacu/GRSF/ Banco Mundial.

- Em essência, o que anteriormente eram autoestradas foi convertido ao longo do tempo em 'ruas' locais no que tange a sua utilização, mas sem ser adaptada ou atualizada para se adequar às condições atuais. Isto cria confusão para os usuários da via e níveis de risco elevados. Este problema pode ocorrer em pontos distintos da via (de um ou dois vendedores ambulantes de frutas até trechos de vários quilômetros de comprimento com barracas que vendem uma grande variedade de produtos.

Boas práticas de projeto/ intervenções/ soluções

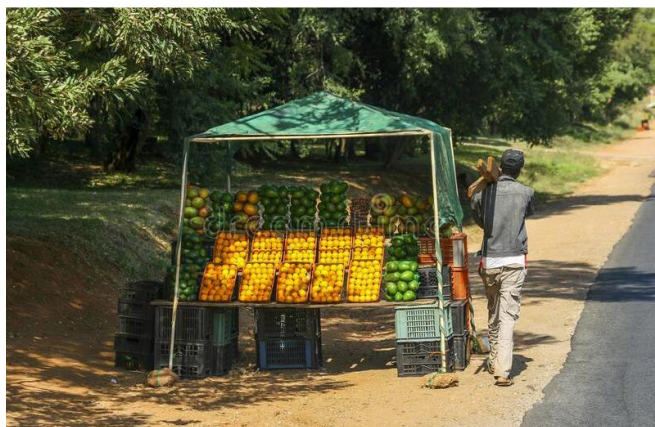
Várias soluções podem ser aplicadas para resolver este problema de 'desenvolvimento linear'. Estas soluções são de dois tipos principais: regulatórias e de infraestrutura.

- As abordagens regulatórias incluem o desenvolvimento e a aplicação de um planejamento rigoroso no uso das vias e dos solos adjacentes para impedir o desenvolvimento de casas e empresas nas margens das vias. Isto também pode exigir leis específicas, fiscalização e os recursos adequados para aplicá-los. Estas abordagens também

podem exigir a educação da comunidade local sobre os riscos de segurança rodoviária e às possíveis sanções por violação das leis vigentes.

- Os mercados à beira da estrada (por exemplo, comércio/vendedores informais) representam um grande perigo em povoados lineares e usuários da estrada, devido a obstáculos (por exemplo, barracas, compradores e estacionamentos para compras) e ao estreitamento do caminho/via (figura 3.27). Estas devem ser abordadas através da disponibilização de áreas destinadas aos mercados, que sejam localizadas fora da estrada, sejam seguras e que disponham de adequado espaço para estacionamento (figura 3.28)
- Uma variedade de soluções destinadas a infraestrutura também está disponível. O custo mais elevado e a resposta mais substancial consistem em oferecer ao usuário uma via secundária construída em torno da área afetada (Figura 3.29). É importante garantir que a nova rota tenha controles de planejamento rigorosos, e também que novos empreendimentos residenciais e comerciais não sejam permitidos nesta rota secundária.

Figura 3.27: Instalação perigosa no acostamento da via.



Fonte : © Kafkasyali/deamstime.

Figura 3.28: Espaço para comércio com estacionamento separado da via, Dar es Salam corridor between Morogoro and Mafinga, Tanzania.



Fonte : © James Robert Markland/ Banco Mundial.

Figura 3.29: Exemplos de vias secundárias (bypass roads).



Fonte : © Google Earth.

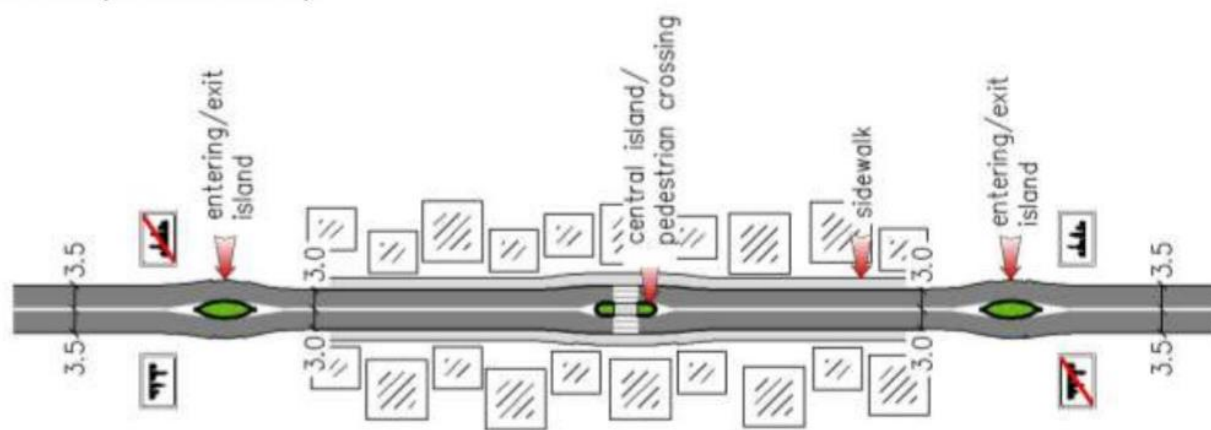
- construída para desviar o tráfego. Esta abordagem também requer melhorias de infraestruturas no assentamento linear (a via já existente) para fornecer instalações melhores e de menor velocidade, que visam atender os usuários presentes na via. Isto envolve frequentemente o estreitamento de vias, o alargamento de caminhos destinados aos pedestres e a

disponibilização de intervenções seguras para a travessia de pedestres. Com reduções significativas no tráfego, o que pode ter sido uma via de quatro pistas (duas pistas em cada sentido) agora pode ser reduzida para apenas duas pistas, com provisão adequada para pedestres e outros grupos de usuários mais lentos da via. A Figura 3.30 mostra um exemplo de elementos viários ao longo de uma via em uma área construída.

- Outras opções incluem a disponibilização de uma via de serviço que proporcione acesso de menor velocidade ao tráfego local e aos usuários vulneráveis da estrada (figuras 3.31 e 3.32). Estas vias de serviço podem ser usadas como locais para negócios permanentes, paradas para os transportes públicos, ou para mercados, e ainda para os vendedores temporários. Para áreas de menor atividade na via, uma área de estacionamento bem projetada pode ser adequada. É provável que sejam necessárias medidas adicionais na via principal, uma vez que normalmente será necessário que os usuários da estrada local atravessem a via. Também é necessário que haja uma boa provisão de pontos de entrada e saída entre a via de passagem e a via de serviço.
- Outra opção inclui a redução das velocidades para todos os usuários da estrada, apoiada por infraestrutura. Isto normalmente inclui a realização de intervenções do tipo Gateway ou “porta de entrada” (figuras 3.33 a 3.35) antes do início da área de maior desenvolvimento. Estes dispositivos incentivam velocidades mais baixas nas aproximações por meio da utilização de sinais rodoviários de grandes dimensões, em ambos os lados da via, estreitamento da via (seja através de ilhas construídas ou pintadas), ou da textura, ou ainda com a coloração diferente da via.

Figura 3.30: Esboço de elementos viários dentro de áreas urbanizadas.

Sketches (with dimensions):



Example of road elements within the built up areas

Fonte : Vollpracht et al. 2018

Figura 3.31: Via de serviço – Índia.



Fonte : © Sudeshna Mitra/GRSF/Banco Mundial.

Figura 3.32: Moldávia – via de serviço para veículos lentos.



Fonte : © Alina F. Burlacu/GRSF/Banco Mundial.

Figura 3.33: Sinalização de velocidade e lombada para tratamento de porta de entrada (Gateway) na Índia.



Fonte : © Sudeshna Mitra.

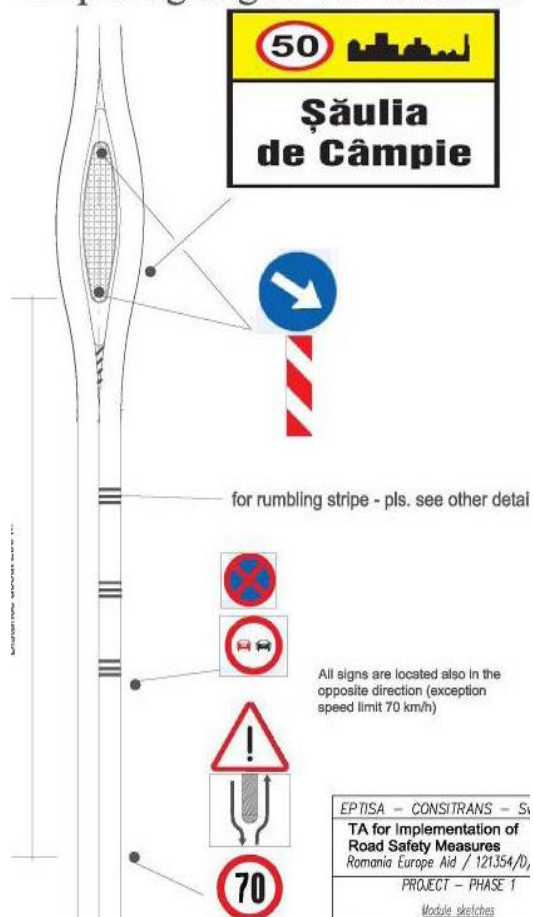
Figura 3.34: Intervenções na porta de entrada (Gateway) na Índia.



Fonte : © Sudeshna Mitra.

Figura 3.35: Tratamento para a “porta de entrada-gateway” misto – Romênia

Proper signing of the entrances



Fonte : Compania Nationala de Autostrazi si Drumuri Nationale. 2007.
Catalog de măsuri pentru siguranța circulației în satele liniare.

- Estas medidas podem muitas vezes ser de baixo custo e demonstraram produzir benefícios consideráveis em termos de segurança rodoviária. A velocidade reduzida talvez necessite ainda do apoio de outras intervenções na

infraestrutura, incluindo o estreitamento da via, lombadas e outras medidas para desaceleração de tráfego (ver seção 3.2). É necessário cuidado especial para oferecer pontos de passagem seguros e de baixa velocidade dedicados aos pedestres (ver também a seção 4.2).

Leitura adicional

- Kostic, N., Lipovac, K., Radovic, M., et Vollpracht, H. 2013. Improvement of Road Safety Management and Conditions in Republika Srpska, World Road Association (PIARC), Routes/Roads 360, 54–63.
- Vollpracht, H. 2010. They call them coffin roads, World Road Association (PIARC), Routes/Roads 347, 42–52.
- DfID. 2003. Roadside, Village and Ribbon Development, Highway Design Note 4/01, UK Department for International Development, United Kingdom. <http://transport-links.com/research-archive/case-highway-design-note-4-roadside-village-and-ribbon-development/>.
- Brumec, U., et Bricelj, A. 2011. Urbanism as a major factor of roads' function and safety, 14th International Conference on Transport Science, Portoroz, Slovenia. Importante: capitulos 2 e 4.
- Sharma, A. K., Bahadur, A. P., et Tandon, Yashi. 2011. Linear Settlements and Safety Issues along Highways in India: A Case for integrated Approach for Highway Development, 24th World Road Congress, Mexico City, Mexico. Ler especialmente capítulo 1 'Histórico', e capítulo 2, 'Tipologias de melhoria de rodovias - segregação de tráfego'

- Vollpracht, H. et al. 2018. Practical Guide for Road Safety Auditors and Inspectors, Automobile and Motorcycle Association of Serbia. Acessado em <https://amss-cmv.co.rs/wp-content/uploads/2017/12/Practical-Guide-for-Road-Safety-Auditors-and-Inspectors-EN.pdf>. Ler especialmente capítulo 1, Função rodoviária (Road Function).

3.5. Controle de acesso

Descrição geral

O gerenciamento/controle de acesso é um dos elementos críticos do projeto geométrico e está relacionado ao gerenciamento de interferências com o trânsito. Onde o acesso a uma rodovia é gerenciado, interferências resultantes dos veículos, pedestres e ciclistas, na entrada e saída da via, é minimizado. Os usuários da estrada têm os pontos de entrada e a saída destacados, resultando na mobilidade desejada e na utilização do solo circundante. Os negócios ao lado da via desenvolvem-se de forma aleatória na ausência do gerenciamento dos acessos. Esse tema emergiu como uma grande preocupação na segurança rodoviária em países de baixa e média renda. Embora o acesso e a mobilidade sejam as duas funções principais de um sistema rodoviário, estas funções precisam de ser equilibradas para manter o propósito da via. Uma via de alta velocidade com acesso ilimitado não poderá servir ao propósito da mobilidade e, ao mesmo tempo, representará um risco elevado para os usuários. No entanto, no contexto dos PRMB, o equilíbrio entre acesso e mobilidade (movimento e o lugar) continua a ser um desafio

Figura 3.36: Tráfego local não separado da via expressa.



Fonte : © ONG LEESA/Banco Mundial.

significativo devido à elevada percentagem do trânsito não motorizado. O planejamento e a concepção das instalações de alta velocidade ignoram frequentemente as necessidades dos utilizadores vulneráveis não motorizados no tráfego rodoviário, conduzindo a riscos de segurança. Uma elevada percentagem de usuários não motorizados requer uma abordagem inovadora para acomodar todas as suas necessidades nos PRMBs.

Os objetivos do gerenciamento de acesso são: limitar o número de pontos nos quais ocorrem sinistros, separar os pontos de colisão, remover o volume de retornos e os engarrafamentos. Os benefícios incluem não apenas a redução de sinistros, mas também o aumento da capacidade da estrada e a redução do tempo de viagem.

Implicações para a segurança

Os problemas na segurança comumente encontrados em um contexto de tráfego misto são os seguintes:

- Desequilíbrio de acesso e mobilidade (movimento e o lugar) levando a ambientes de alta velocidade onde os usuários não motorizados e vulneráveis das estradas, não estão separados do tráfego de alta velocidade (figuras 3.36 e 3.37).
- Consideração inadequada das necessidades dos usuários não motorizados das estradas durante o processo de planejamento e no desenho do traçado (figura 3.38).
- Oportunidades de travessia inadequadas e inseguras para usuários não motorizados das estradas (figura 3.39).

Figura 3.37: Acesso direto da via local à via expressa.



Fonte : © Banco Mundial.

Figura 3.38: Falta de calçada para pedestres.



Fonte : © ONG LEESA/Banco Mundial.

Figura 3.39: Um passadiço central em Lusaka, Zâmbia.



Fonte : ITDP Africa

- A travessia insegura de pedestres em ambientes de alta velocidade, com grande número de acessos descontrolados das ruas locais, para a rodovia principal.

Boas práticas de projeto, intervenções e soluções

Para melhores resultados na segurança é útil ter corredores separados que tenham uso restrito e/ou prioridades definidas, ou seja, que nem todos os corredores sejam fornecidos para todos os tipos de usuários. Alguns podem ser designados para a circulação de mercadorias/automóveis com acesso limitado aos usuários vulneráveis das estradas, enquanto outros dão prioridade com elevada acessibilidade ao transporte público e à bicicleta. Caso tal separação não seja possível para resolver a questão da gestão de acesso insegura, as seguintes

Figura 3.40: A lateral opaca da passarela pode impedir que os pedestres utilizem a instalação, devido a questões de segurança



Fonte : © Banco Mundial.

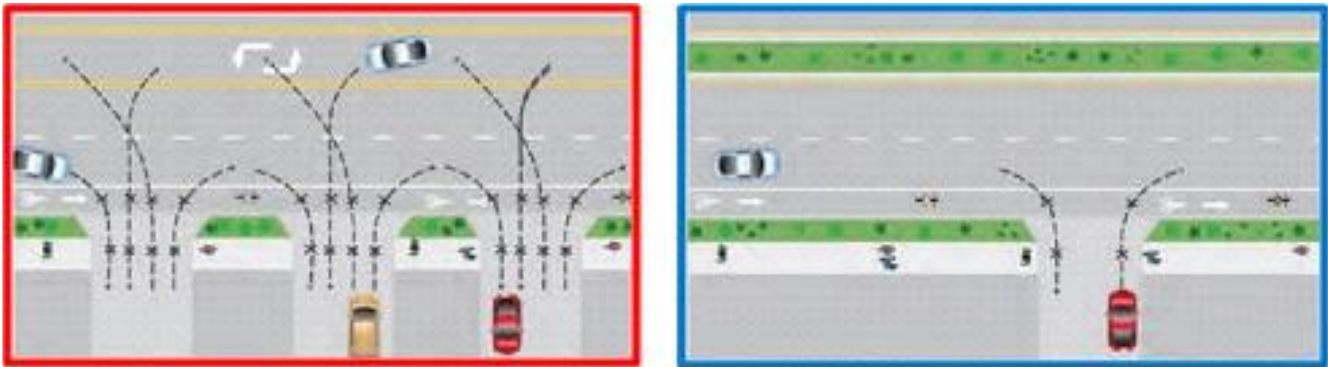
Figura 3.41: Instalações para caminhadas e ciclismo com zona tampão.



Fonte : Shreya Gadepalli, Ranchi Mobility for All

intervenções e práticas para o desenho do traçado precisam ser seguidas sempre que uma rodovia adentra em assentamentos e áreas construídas.

- Instalações de passagem de nível com marcação nos cruzamentos não controlados em vias de duas faixas e/ou gradações em cruzamentos controlados e/ou separados por nível, em vias mais largas, tais como rodovias de quatro, seis ou faixas mais altas.
- Instalação de caminhos/calçadas e ciclovias para separar o tráfego de veículos do tráfego dos pedestres e dos ciclistas (figuras 3.40 e 3.41).
- Instalação de grades de proteção/guardrails para canalizar a direção dos pedestres apenas para as faixas de pedestres marcadas, de modo que o cruzamento aleatório de vias, em locais não definidos, possa ser evitado.
- Paradas para o transporte público seguras e sinalizadas, com instalações para embarque e desembarque.

Figura 3.42: Gerenciamento de acesso

Fonte : Michele Weisbar/Los Angeles County. 2011. Model Design Manual for Living Streets.

Acessado em http://modelstreetdesignmanual.com/model_street_design_manual.pdf.

- Onde as vias principais são circundadas por edifícios comerciais ou residenciais, múltiplos acessos secundários podem ser ligados a uma via de serviço que se liga à via principal, através de um entroncamento devidamente concebido. Consulte também a seção 3.4.

A presença de muitas calçadas (driveways) instaladas entre os cruzamentos necessários cria conflitos entre veículos que entram ou saem de uma rua e ciclistas e pedestres caminhando pela rua. Sempre que possível, as calçadas antigas devem ser eliminadas ou consolidadas, e os canteiros centrais elevados devem ser colocados para limitar as curvas à esquerda ou à direita (figura 3.42)

Há pesquisas realizadas que evidenciam que em PRMBs os pedestres preferem atravessar em nível e muitas vezes não usam as instalações para a travessia, separadas por níveis (Tiwari et al.). O sucesso da utilização das instalações separadas por níveis depende, portanto, da facilidade de acesso e do quanto desviam o pedestre do seu destino, segurança e controle de acessos alternativo composto por travessias inseguras. Portanto, é essencial fazer um equilíbrio e utilizar um traçado inovador, de modo que a distância extra percorrida pelos pedestres possa ser reduzida, o que é provavelmente o desafio mais crítico enfrentado atualmente, pelos projetos para desenvolvimento rodoviário nos PRMBs.

3.6. Construção, Operação e Manutenção

Descrição geral

Como parte da construção, manutenção e operação de uma rede rodoviária, haverá a necessidade de rever as características de segurança e implementar medidas, para garantir a utilização segura da rede por todos os usuários. Isto muitas vezes exigirá obras rodoviárias, bloqueios temporários ou gestão de incidentes que permitam que o tráfego flua simultaneamente e tão livremente quanto possível. Além disso, serão necessárias revisões adicionais dos dispositivos de segurança ao longo da vida útil da via para garantir que a operação segura da rodovia seja mantida. As Figuras 3.43 a 3.47 ilustram algumas práticas seguras e inseguras em zonas de trabalho.

Para garantir que os benefícios resultantes das medidas de segurança da estrada sejam mantidos durante a sua vida operacional é importante fazer as revisões periódicas da rede em utilização. Isto é conseguido através de um programa regular de inspeção e avaliação da segurança rodoviária. Envolve o exame de uma estrada existente com o objetivo de identificar aspectos da estrada ou do ambiente rodoviário, que contribuem para o risco à segurança e os locais nos quais a segurança pode ser melhorada através da modificação do ambiente rodoviário. Isto não deve ser confundido com as inspeções de rotina, destinadas a manutenção, que examinam o estado da infraestrutura rodoviária existente.

Figura 3.43: Total falta de sinalização e controle – Quênia.



Fonte : © John Barrell.

Figura 3.44: Sinalização sem controle – Romênia



Source: © Alina F. Burlacu/GRSF/ Banco Mundial.

Figura 3.45: Local bem sinalizado e controlado – Tanzânia



Fonte : © John Barrell.

Figura 3.46: Nenhuma provisão para pedestres – Catar.



Fonte : © John Barrell.

Figura 3.47: Zona de trabalho bem sinalizada e protegida – Abu Dhabi.



Fonte : © John Barrell.

Mesmo quando não estão sendo realizadas obras na rede operacional, ainda é necessário avaliar a segurança da sua utilização e seu desempenho. Mesmo quando as estradas são construídas segundo os melhores e mais recentes padrões de segurança, o desempenho das características da

autoestrada pode mudar ao longo do tempo, devido à interação em constante mudança que existe entre o desempenho do veículo, o comportamento dos usuários da estrada e a infraestrutura rodoviária.

Implicações para a segurança

- Mesmo o melhor projeto produzirá resultados fracos se a construção for deficiente (incluindo a não observância das especificações do projeto, a utilização de materiais diferentes, soluções acrescentadas durante a construção e a não adaptação adequada aos fatores locais (tais como serviços públicos e combinação de tráfego).
- Zonas de trabalho mal definidas podem aumentar o risco na segurança rodoviária para todos os usuários (figuras 3.48 a 3.51)
- Mesmo nos locais nos quais são fornecidas demarcações adequadas e abrangentes para a gestão do tráfego na zona de trabalho, estas não mudam em cada fase da operação. Materiais e objetos muitas vezes não são protegidos ou são deixados para trás, quando a construção é concluída nessa área (figuras 3.52 e 3.53)
- Os materiais/objetos utilizados na construção, muitas vezes não são removidos, mesmo depois de a via estar aberta ao público.

Figura 3.48: Obras em curso sem medidas de segurança temporárias – Bengala Ocidental.



Fonte : Banco Mundial.

Figura 3.50: Construção sem proteção ou segregação da zona de trabalho e o tráfego geral - Roménia.



Fonte : © Alina F. Burlacu/GRSF/ Banco Mundial.

- A falta de manutenção em geral e dos recursos de segurança pode resultar em mau comportamento do condutor (figuras 3.54 e 3.55).
- Sabe-se relativamente pouco sobre a verdadeira eficácia das intervenções em diferentes circunstâncias nos países de baixa e média renda.
- Avaliações adequadas de ações e intervenções de segurança rodoviária em todo o mundo raramente são realizadas. É especialmente o caso em países de baixo e médio rendimento.
- É necessário basear-se (e extrapolar a partir de) em evidências sobre a eficácia de medidas provenientes dos países de rendimento elevado, nos quais o comportamento dos usuários das estradas e a mistura no tráfego não serão uma combinação perfeita para o novo local.

Figura 3.49: Obra de escavação desprotegida, e sem separação entre o canteiro de obra e o tráfego em geral, - Quênia.



Fonte : © John Barrell

Figura 3.51: Total falta de equipamentos de proteção para os trabalhadores rodoviários ou da demarcação adequada da zona de trabalho.



Fonte : Banco Mundial.

Figura 3.52: Áreas de trabalho e materiais desprotegidos – Índia.



Fonte : Banco Mundial.

Figura 3.54: Superfície rodoviária mal conservada – Romênia.



Fonte : © Sudeshna Mitra/GRSF/Banco Mundial.

Boas práticas de projeto, intervenções e soluções

- Todas as obras devem ser planejadas visando otimizar a segurança rodoviária, o espaço rodoviário e a eficiência do trabalho, minimizando ao mesmo tempo congestionamentos, atrasos e inconveniências, para todos os usuários da estrada.

Construção e manutenção

- Todas as medidas razoáveis devem ser tomadas para garantir que a interrupção devido as obras na via seja reduzida ao mínimo.

Figura 3.53: Material de construção empilhado e sem proteção ao longo da rodovia – Índia



Fonte : Banco Mundial.

Figura 3.55: Via bem conservada com marcações claras – Índia.



Fonte : Martijn Thierry/Jasper Vet – Safe Crossings.

- Os canteiros de obra devem ser claramente definidos e protegidos para permitir que tanto os trabalhadores da obra da via como o público em geral se adaptem com segurança às mudanças no espaço e no alinhamento.
- A segurança do trânsito e dos trabalhadores da obra na rodovia deve ser elemento integrante e de alta prioridade em cada projeto de construção de vias ou atividade de manutenção de vias, desde o processo de planejamento até à conclusão da obra ou do trabalho de manutenção.
- A gestão do tráfego na zona da obra não deve ser associada a uma segurança rodoviária deficiente. As condições incomuns e/ou restritivas encontradas nas zonas da obra exigem padrões de segurança ainda mais elevados.

- Sujeito à obtenção de um nível aceitável para a segurança dos usuários e trabalhadores da obra na via, os movimentos do trânsito em uma zona de trabalho devem ser tão próximos quanto possível daqueles previstos na operação normal da via, incluindo velocidade, movimentos permitidos, acesso a propriedades adjacentes e disposições para o tráfego não veicular. Contudo, em muitos casos são necessárias restrições em alguns ou em todos estes aspectos. Essas restrições exigem aviso prévio claro, sinalização e orientação para operar com segurança.
- Os mesmos princípios para o traçado geométrico e para segurança que se aplicam ao traçado de estradas permanentes também regem o traçado das intervenções e a gestão da zona da obra. Por exemplo, mudanças de faixa, estreitamento de faixa, curvas acentuadas ou outras mudanças geométricas abruptas ou frequentes devem ser adequadamente projetadas e implementadas em termos de velocidade na zona da obra, aviso prévio, sinalização e delimitação, para fornecer aos usuários da via uma orientação eficaz, clara e positiva.
- Isto também pode exigir a introdução de alterações geométricas em passos individuais ou em estágios, por exemplo, o fechamento de duas faixas em uma rodovia com várias faixas deve ser feito em duas etapas individuais, para permitir que o tráfego mude de faixa de maneira suave e segura. Um fechamento de faixa não deveria terminar e uma curva horizontal acentuada começar no mesmo ponto, mas deveria ser separada.

Observação: O tópico sobre gestão de tráfego para zonas em obra de estradas é um manual completo e não há espaço suficiente neste documento para abordá-lo completamente. Numerosas diretrizes nacionais estão disponíveis contendo exemplos de boas práticas – ver leitura adicional abaixo.

- Os materiais de construção de vias (em uso ou excedentes) devem estar contidos dentro da zona de construção demarcada. Caso seja necessário colocar materiais ao longo da rodovia, devem ser fornecida delimitação, demarcação e sinalização para alertar e orientar os motoristas.
- Todos os materiais para a construção/materiais armazenados na faixa de domínio (ROW) que possam potencialmente prejudicar os usuários da estrada, ou fazer com que se comportem de tal forma que possa potencialmente levá-los a uma situação insegura, devem ser removidos.
- Todas as fases da obra (ou seja, diferentes layouts do local e desvios no acesso/rotas) precisam ser submetidas a uma auditoria independente para segurança rodoviária.
- Todo o processo de construção deve ser sujeito a uma avaliação minuciosa sobre a segurança, que considere o risco tanto para os trabalhadores como para os usuários da estrada, durante a implementação de quaisquer obras, incluindo auditorias de segurança rodoviária durante a construção. Isso às vezes é chamado de Revisão de “Segurança do traçado”. Isto compara opções para o traçado, construção, operação e descomissionamento do ativo, e avalia qual apresenta o menor risco para a força de trabalho e para o público viajante durante cada fase. Isto não conduz necessariamente a uma mudança na preferência por uma opção; no entanto, os riscos devem ser identificados e considerados para as fases subsequentes do projeto. É necessário desenvolver um Plano de Gestão de Tráfego específico, que demonstre o encaminhamento seguro do tráfego motorizado e não motorizado durante a construção, juntamente com a proteção adequada dos trabalhadores do canteiro de obra.
- É essencial que o custo das inspeções e da manutenção de rotina sejam incorporados ao desenho do esquema para a avaliação do projeto, desde o início.

Operação

- Quando um esquema é implementado e aberto para uso, ainda é importante monitorar e revisar o desempenho da segurança no projeto, para garantir que a segurança prevista seja alcançada.
- Antes de implementar as intervenções propostas, normalmente é necessário avaliar o seu impacto potencial a fim de apresentar um argumento comercial para o investimento. As informações sobre a eficácia das intervenções geralmente são compiladas de pesquisas realizadas em países da Europa, nos EUA e na Austrália.

- Os países de baixa e média renda devem procurar construir uma base de dados sobre o que funciona (ou não) nas suas próprias situações. A base de dados pode progredir se for monitorado de perto o desempenho da segurança em novas vias e nas já existentes que estão sendo usadas.
- Só será estabelecida uma compreensão da eficácia local, se as autoridades rodoviárias monitorarem e avaliarem o desempenho de quaisquer medidas implementadas.
- As organizações precisam, portanto, introduzir um sistema para o monitoramento e para a revisão do desempenho de qualquer recomendação implementada, destinada a inspeção da segurança rodoviária ou da avaliação de segurança rodoviária. Isto poderá então ser utilizado para identificar as melhorias na segurança mais apropriadas para serem incorporadas as revisões dos padrões de traçado. Isto é particularmente importante em qualquer país no qual o desenvolvimento da rede rodoviária esteja ocorrendo em ritmo acelerado e no qual não esteja disponível pesquisas sobre as características das vias e o seu impacto nos resultados da segurança rodoviária.
- A auditoria na segurança rodoviária (ver seção 7.3) inclui as fases pós-abertura de uma nova via e analisa a segurança real da nova via, em comparação com o que foi previsto. Um programa regular de revisões destinadas a segurança pós-abertura da via pode contribuir para alterações de traçados relevantes para as circunstâncias locais.
- Uma sequência regular de inspeções e ações, garante que tanto as condições de segurança das vias sejam revistas, quanto que sejam implementadas ações corretivas apropriadas destinadas a manter o desempenho ótimo da rede.

Leitura adicional

Wisconsin Department of Transportation. 2019. Work Zone Guidelines for Construction, Maintenance, and Utility Operations.

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2018. Estimating the Safety Effects of Work Zone Characteristics and Countermeasures: A Guidebook. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/25007>.

European Union Road Federation. 2015. Towards Safer Workzones—A constructive vision of the performance of safety equipment for work zones deployed on TEN-T roads.

African Development Bank. 2014. Road Safety Manuals for Africa:

1. New Roads and Schemes Road Safety Audit;
2. Existing Roads—Proactive Approaches;
3. Existing Roads—Reactive Approaches.

4. PROJETOS DE INFRAESTRUTURA PARA USUÁRIOS VULNERÁVEIS DA VIA

Descrição geral

Os usuários vulneráveis da estrada geralmente referem-se aos meios de transporte que não incluem automóveis, transportes públicos ou veículos comerciais licenciados – aqueles em que os usuários da estrada estão protegidos contra lesões provocadas por um veículo fechado. Inclui viagens não motorizadas e motocicletas.

O uso de motocicletas e ciclomotores (veículos de duas rodas com capacidade máxima de velocidade de até 50 Km/h) está aumentando. Estes oferecem uma solução para o crescente congestionamento do tráfego, problemas de estacionamento e para o elevado custo da propriedade de automóveis particulares. Os usuários vão desde ciclistas esportivos dirigindo motocicletas de alta potência, até jovens e profissionais que viajam de ciclomotor. Uma discussão mais detalhada sobre questões de segurança para esses motoristas é fornecida na seção 4.3.

Uma forma emergente de viagens personalizadas é a utilização de e-scooters (patinetes motorizados), que estão sendo amplamente utilizadas em vários países. No entanto, enquanto este artigo foi escrito, ainda não havia sido alcançado um consenso específico para esses veículos, quanto à situação jurídica da sua utilização em vias ou calçadas de pedestres/ciclovias. A sua velocidade relativa ao tráfego normal motorizado e não motorizado é uma preocupação particular, assim como a proteção adequada dos condutores.³⁹

As viagens independentes não motorizadas (NMT), que incluem caminhadas e ciclismo, são uma parte essencial de qualquer viagem em países de baixa e média renda (PRMB), e todas as viagens incluem um elemento de caminhada ou movimento independente. No entanto, a disposição para a realização deste tipo de viagens é muitas vezes desarticulada ou incluída como uma reflexão tardia sobre os seus benefícios em relação aos das viagens motorizadas.

Os crescentes problemas globais das alterações climáticas e da obesidade, sublinham a importância desse movimento independente, que é muitas vezes a única forma de viagem disponível em muitos países de baixa e média renda, para aumentar a saúde pessoal e reduzir as emissões de CO₂. O desenvolvimento de redes adequadas e contínuas que permitam o máximo possível de viagens independentes é um elemento-chave para viagens sustentáveis. A melhoria positiva destas formas de transporte em qualquer trabalho sobre segurança rodoviária é essencial.

Os PRMB são particularmente favoráveis à implementação de políticas independentes de NMT. Embora as políticas em muitos países ocidentais se concentrem no aumento da percentagem de viagens não motorizadas, os países de baixa e média renda já têm uma proporção substancial dos seus residentes que se deslocam de forma sustentável.

A chave para projetos bem-sucedidos de NMT seguro é garantir que essas viagens sejam diretas, coerentes, confortáveis, seguras e agradáveis. Há também evidências obtidas em PRMBs, de que os utilizadores de NMT, especialmente os ciclistas, preferem percursos mais seguros, em comparação com percursos mais curtos, porém há certos limites.⁴⁰ Embora em muitos casos os usuários do NMT sigam a rede de rotas motorizadas, isto não deve ser uma condição prévia. Redes independentes e livres de tráfego motorizado, proporcionam rotas mais seguras, diretas e agradáveis. Quando têm que seguir rotas motorizadas, precisam de ser incorporadas como parte de um projeto de “ruas completas” (ver seção 2.4.3).

Em 2012, o Programa Internacional de Avaliação de Estradas (iRAP) informou que 84 por cento dos cerca de 50.000 km de vias avaliadas em países de baixa e média renda onde estão presentes pedestres, transportam tráfego a 40 km/h ou mais e não têm caminhos para pedestres.

³⁹ ETSC. 2019. Safer Roads, Safer Cities: How to Improve Urban Safety in EU.

⁴⁰ Majumdar, B. B., et Mitra, S. 2018. Analysis of bicycle route-related improvement strategies for two Indian cities using a stated preference survey, Transport Policy, Volume 63, pages 176-188.

Implicações para a segurança

- O traçado das estradas geralmente atende às necessidades do tráfego motorizado de quatro rodas, negligenciando as necessidades dos pedestres, ciclistas ou motociclistas.
- As instalações para um pedestre “típico” podem não acomodar uma parcela significativa de usuários, incluindo idosos, pessoas com deficiência e crianças.
- O aumento da velocidade dos veículos está associado ao aumento da gravidade dos ferimentos e à morte dos usuários vulneráveis da estrada. A disponibilização de vias arteriais, cruzamentos e faixas de tráfego rápido sem a devida atenção às instalações destinadas para outros meios de transporte, resulta em um aumento da probabilidade de que as pessoas morram ou fiquem feridas, quando utilizam a via.
- Motocicletas, bicicletas e pedestres são menos fáceis de ver, especialmente por veículos em movimento mais rápido.

Figura 4.1: Separação de uma via de circulação veicular, ciclovia e calçada, em uma via arterial urbana com blocos de pavimentação de concreto na calçada e ciclovia vedada.



- Fonte : ITDP, 2019

- A alta velocidade e o grande volume de veículos motorizados exigem a separação e proteção tanto dos pedestres, como dos ciclistas (figura 4.1). O risco de lesões nos pedestres é elevado quando os pedestres partilham a via com veículos que circulam a velocidades rápidas (superiores a 30 km/h). Colisões entre veículos e pedestres têm 1,5 a 2,0 vezes mais probabilidade de ocorrer em vias sem calçadas.⁴¹
- Os projetos de estradas nos quais instalações como percursos pedestres definidos e travessias sinalizadas estão em falta, são inadequadas ou estão em más condições, aumentam o risco de lesões para os pedestres.
- A queda de pedestres nas vias ocorre onde há muito pouco atrito ou tração entre o calçado e a superfície de caminhada devido a superfícies molhadas, riscos climáticos e pisos ou outras superfícies de caminhada, que não têm o mesmo grau de tração em todas as áreas (figura 4.2). Além disso, a visibilidade obstruída nos caminhos dos pedestres (por exemplo, sinais ou árvores mal colocados, iluminação deficiente) também aumenta o risco. A qualidade das calçadas para os pedestres é importante para a segurança dos usuários dos passeios, incluindo pessoas com deficiência (disabledFriendly),
- Cruzamentos são associados com altas taxas de colisão ou de ferimentos porque incluem muitos pontos de vulnerabilidade para a ocorrência de sinistros.
- Cruzamentos sem controle exacerbam a ocorrência destes sinistros, uma vez que usuários vulneráveis podem encontrar veículos que trafegam em elevada velocidade se aproximando, que não tem que parar ou ceder passagem.
- Separação vertical (pontes e passagens subterrâneas) são caras e necessitam de muito espaço. Elas também podem ser inacessíveis para alguns usuários, ou serem inseguras dentro da perspectiva de segurança pessoal.

Os requisitos específicos para o traçado de intervenções destinadas a pedestres, ciclistas e motocicletas são considerados na seção seguinte.

⁴¹ Knoblauch R. L., et al. 1988. Investigation of exposure-based pedestrian accident areas: crosswalks, sidewalks, local streets, and major arterials. Washington, DC, Federal Highway Administration.

Figura 4.2: Perigo de tropeçar ou piso derrapante.

Fonte : Deep Dive on accessibility and transportation/Banco Mundial.

4.1. Projeto de Instalações para Pedestres – Calçadas/trilhas

Boas práticas de projeto, intervenções e soluções

Calçadas separadas

- Nos PRMBs, a utilização mista do espaço rodoviário é comum tanto nas zonas urbanas, como nas rurais. Uma consideração fundamental para a oferta de rotas e de instalações seguras destinadas aos usuários vulneráveis é a velocidade, o tamanho e o volume de todos os tipos de veículos.
- Para promover um ambiente seguro para caminhar, os pedestres devem dispor de uma rede completa, com espaço suficiente para caminhar em paralelo a via pública.
- Em áreas urbanas e suburbanas onde o volume de pedestres pode ser elevado, a forma mais comum de provisão é a inclusão de uma calçada pavimentada ou selada, imediatamente adjacente e elevada acima da faixa de rodagem para veículos (figuras 4.3 e 4.4)
- Se a velocidade e os volumes forem baixos, será necessária menos segregação e proteção e, em certos casos, os utilizadores vulneráveis poderão dominar o

espaço da rua (figuras 4.5 a 4.7).

- 1,8 m é considerado o mínimo absoluto de largura livre que permite aos pedestres passarem uns pelos outros, sem ter que invadir o caminho do veículo. Pode ser necessário aumentar a largura à medida que o fluxo de pedestres aumenta, para evitar o transbordamento para outras áreas de uso (ou seja, ciclovias ou faixas de tráfego).

Nota: As implicações da COVID-19 na largura dos passeios podem exigir um aumento para 2,5 m.

- É necessária uma inclinação transversal positiva (positive crossfall) em direção à via nas calçadas para auxiliar a drenagem. Normalmente, isso é 2,5% ou 1 em 40, embora gradientes mais baixos possam ser usados em áreas com invernos rigorosos e gelo. Gradientes superiores a 3,3% (1 em 30) dificultam a caminhada, especialmente ao empurrar carrinhos de bebê ou para usuários de cadeiras de rodas.
- A largura das calçadas, a necessidade de um caminho seguro para os pedestres é determinada primeiramente pelo tipo e densidade do terreno utilizado e pelo volume e necessidades do tráfego de transeuntes e de veículos.

Figura 4.3: Calçada urbana típica – Gana.



Fonte : © John Barrell.

Figura 4.4: Calçada urbana com proteção contra tráfego e declives perigosos - Gana.



Fonte : © John Barrell.

Figura 4.5: Espaço compartilhado em área urbana.



Fonte : © Soames Job.

Figura 4.6: Espaço compartilhado – Índia.



Fonte : © Soames Job

Figura 4.7: Tráfego misto em vias rurais.



Fonte : Banco Mundial

Normalmente, estes são expressos em diferentes níveis de serviço dedicados as calçadas, com base nas taxas de fluxo, espaço por pessoa e descrição do fluxo.

- Além da largura mínima de passagem mencionada acima, também é necessário considerar a utilização do terreno adjacente e a probabilidade de invasão na rota livre para os pedestres.
- Um conceito de zoneamento que divide o corredor em três zonas principais – a zona frontal, a zona para pedestres e a zona mobiliária – pode permitir a utilização segura e conveniente do espaço pelos pedestres. Cada uma destas zonas desempenha um papel importante em um corredor restrito aos pedestres, para que este funcione bem.

- As calçadas (passeios) devem ser elevadas acima da faixa de rodagem em pelo menos 75 mm, com limites definidos em ambos os lados.
- Se os motoristas invadem frequentemente o meio-fio de uma calçada, o uso de uma borda de meio-fio alta também deve ser considerado como uma alternativa ao uso de uma linha de “tartarugas” (objeto normalmente feito em concreto, pouco elevado e de forma arredondada). Uma calçada de 125 mm a 140 mm geralmente impedirá que os motoristas subam na borda da calçada ao parar.
- É crucial que a calçada não esteja obstruída e também é importante compreender as características de toda a população de pedestres que pode utilizar as instalações para garantir que a concepção das instalações destinadas aos pedestres acomoda a gama de habilidades/capacidades destes (figura 4.8).

Figura 4.8: Calçada obstruída e baixo meio-fio em Manila.

Fonte : © Blair Turner/GRSF

Figura 4.9: Zoneamento adequado da calçada com rota clara para os pedestres e guia tátil.

Fonte : © John Barrell

Figura 4.10: Grade de proteção/guardrail para pedestres mal conservado – Inspeção da Manutenção.

Fonte : TRL

Figura 4.11: Trecho para pedestres desprotegido na via nacional rural.

Fonte : PIARC

- Os pedestres têm uma vasta gama de características e necessidades, tais como velocidade de marcha, necessidades espaciais, problemas de mobilidade e capacidades cognitivas. Necessitam de orientações claras para rotas seguras e identificação dos pontos potenciais para colisão com veículos, por exemplo, a utilização de pavimentação tátil e um contraste visual de superfícies (figura 4.9).
- As instalações para pedestres necessitam de manutenção regular, para garantir a sua segurança e funcionamento (ver figura 4.10 para um exemplo grades de proteção (guardrails) mal conservados).
- Nas zonas rurais, onde o tráfego de pedestres pode ser menos frequente, acostamentos transitáveis podem ser suficientes nos pontos cujo fluxo de veículos é elevado. Também será necessário ter cuidado para garantir que os

costamentos não se tornem faixas de circulação ou de parada de veículos que possam colocar em risco a utilização pelos pedestres (ver figura 4.11 como exemplo de pedestres expostos a riscos elevados devido à falta de proteção contra o tráfego de veículos).

- Para fluxos reduzidos de veículos e velocidades baixas, a não previsão de trilhas separadas também pode ser uma solução apropriada, mas é necessário cuidado para gerenciar a velocidade dos veículos e garantir que os utilizadores vulneráveis não fiquem escondidos pelo alinhamento da via.
- Trilhas separadas ou caminhos de uso compartilhado podem transportar pedestres com segurança ao longo de rotas rurais adjacentes à rota dos veículos ou completamente separadas (figura 4.12).

Figura 4.12: Instalação segregada de transporte pedestre/não motorizado em vias rurais.



Fonte : PIARC.

Figura 4.13: Passagem urbana livre no canteiro central – Quênia.



Fonte : © Watetu Mbugua/GRSF/Banco Mundial.

Figura 4.14: Projeto de calçada movimentada – transformação de nenhuma calçada para um passeio protegida.(antes e depois).



Fonte : Prefeitura Municipal de Fortaleza and Bloomer Philanthropies, PIARC

- Nas rotas rurais, e particularmente nas autoestradas urbanas de grande volume, é essencial uma separação e proteção adequadas para a rota dedicada aos pedestres (figura 4.13).
- Idealmente, as rotas para pedestres devem ser separadas na parte traseira mais distante da zona livre, para minimizar o impacto de veículos errantes.
- Uma zona tampão entre o movimento de pedestres e veículos pode ser fornecida para a instalação de sinalização, iluminação ou plantação. Deve-se ter cuidado para que estes não constituam perigos na via (ver seção 5.7 sobre acostamentos da via).
- Se a segregação não for possível, será necessário fornecer um sistema adequado para a servir de entrave/ restrição dos veículos. Isto também pode dissuadir os pedestres de atravessar a via; no entanto, também podem ser necessárias medidas adicionais para evitar interações inseguras entre os pedestres e o tráfego e proporcionar pontos de passagem seguros e convenientes para dissuadir a travessia insegura.
- Pedestres e veículos podem compartilhar o mesmo espaço com segurança em locais onde as velocidades são inferiores a 20 km/h. Nestas zonas partilhadas, os movimentos dos pedestres têm a mesma prioridade que os dos veículos e as velocidades dos veículos são baixas. Muitas vezes isto é resultado do elevado número de pedestres em comparação com o de veículos. Estes não são corredores cruciais para transportes importantes e rotas alternativas para os veículos devem estar disponíveis.
- Nas velocidades de 30 km/h, é necessário prever disposições separadas onde se prevê a utilização frequente de pedestres (ver figura 4.14).

4.2. Projeto de instalações para pedestres - Travessias

Boas práticas de projeto/ intervenções/ soluções

Um aspecto crucial da concepção de um percurso destinado aos pedestres que seja seguro e acessível é lidar adequadamente com os requisitos para travessias de um corredor motorizado. Isto pode ser feito de diversas maneiras que dependem da concentração e do volume de pedestres e de veículos que ali transitam.

Muitas vezes, os pedestres precisam ser orientados em direção aos pontos de passagem apropriados ou dissuadidos de atravessar em locais inseguros. Isso geralmente é conseguido usando cercas para pedestres ou grades de proteção próximas à borda do meio-fio. A menos que estejam disponíveis pontos de passagem seguros alternativos que sejam considerados convenientes, quaisquer barreiras poderão em breve ser danificadas ou roubadas para recriar o ponto de passagem mais direto (embora perigoso).

Ao considerar a travessia de pedestres em cruzamentos, a capacidade de atravessar a via secundária com segurança é tão importante quanto a travessia da via principal, a fim de proporcionar uma continuidade consistente para a rota dos pedestres. O nível de provisão na via secundária não necessita de ser o mesmo que na via principal, mas é

normalmente mais seguro manter o mesmo nível de controle em cada braço da rede.

Talvez seja necessário considerar ainda mais os locais de travessia de escolas (school crossings), dada a vulnerabilidade extra das crianças. Isto pode incluir zonas de velocidade mais baixa, sinalização adicional, facilidades de travessia melhoradas ou até mesmo supervisores para a travessia. Igual consideração deve ser dada à travessia de pedestres em vias secundárias e aos acessos fora dos cruzamentos formais.

Passagem de nível separada/controlada

- As travessias separadas por níveis (figuras 4.15 a 4.17), quer sob ou sobre vias, são peças de infraestrutura dispendiosas para instalar e precisam de ser justificadas pelo tamanho da demanda e a oferecer conveniência para as travessias, caso contrário serão ignoradas.
- Onde grandes volumes de pedestres estão concentrados em locais pouco frequentes e específicos, as travessias separadas por níveis podem ser apropriadas, seja como uma passarela elevada ou passagem subterrânea para pedestres. Eles envolvem a separação dos pedestres do tráfego, colocando-os em níveis diferentes e são frequentemente usados onde os sinais de travessia de pedestres causariam atrasos e filas ou sinistros (devido às altas velocidades do tráfego). As passagens superiores e inferiores para pedestres exigem que os usuários se desviem da linha desejada - uma travessia direta de A para B. A seleção da rota para pedestres é normalmente determinada pela rota mais curta, mais rápida ou a mais conveniente.⁴²

Figura 4.15: Passarela separada por níveis – Etiópia.



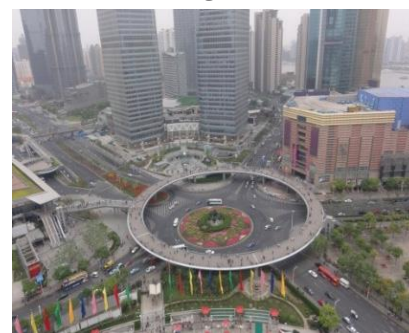
Fonte : © John Barrell

Figura 4.16: Passagem subterrânea separada por níveis – EUA.



Fonte : Passagem subterrânea separada por níveis – EUA. Acessado em <https://greenbelt2012.wordpress.com/2012/12/17/greenbelts-original-pedestrian-underpasses/>.

Figura 4.17: Passarela bem desenhada – Xangai.



Fonte : © Alina F. Burlacu/GRSF/Banco Mundial.

⁴² A. Agrawal, M. Schlossberg et K. Irvin. 2008. How far, by which route and why? A spatial analysis of pedestrian preference Journal of Urban Design, vol. 13 n° 1, 81-98.

Figura 4.18: Sinais para travessia de pedestres.



Source: iRAP.

Figura 4.19: Interseção embaralhada (scramble intersection).



Source: London Evening Standard, April 13, 2012.

- Qualquer desvio desta linha reta, quer vertical, quer horizontalmente, reduz a atratividade dessa rota e aumenta a probabilidade de não ser utilizada. O encerramento ou obstrução da rota direta é necessário para encorajar a utilização da alternativa mais segura.
- Idealmente, estas instalações deveriam ter rampas em vez de degraus para acomodar pessoas com mobilidade reduzida, mas isto muitas vezes aumenta a extensão de qualquer desvio (ver capítulo 5.12 Bons exemplos de desenhos de meio-fio para cruzamentos).
- Devem ser fornecidas linhas de visão claras na aproximação e através da passagem, além de iluminação suficiente, sem locais para as pessoas se esconderem pois podem ser vistos como um risco à segurança criando oportunidades para ataques pessoais, especialmente à noite.
- O risco de ataque pessoal reduz a sua atratividade e aumenta a probabilidade de as travessias não serem utilizadas.
- Para serem eficazes necessitam de uma concepção e localização muito cuidadosas para garantir a facilidade de acesso. Elas também requerem iluminação suficiente, drenagem e manutenção adequada para mantê-las limpas e arrumadas.
- Muitas vezes, a provisão da inclusão de revendedores ou de vendedores é boa para aumentar a segurança, e deve ser incentivado na elaboração do projeto.
- Uma vez construídos, eles não podem ser facilmente movidos para acomodar mudanças nos padrões de movimento!
- Para passagens inferiores (underpasses) é possível utilizar uma altura reduzida (2,5 m) e elevar a faixa de rodagem no máximo 1,5 m, bem como rebaixar o passeio para reduzir custos e impactos.

Semáforos para a travessia de pedestres

É muito mais fácil proporcionar travessias no mesmo nível do resto do percurso, mas isso requer segregação no tempo, ou seja, horários específicos para pedestres e veículos utilizarem o mesmo espaço.

- As travessias de pedestres semaforizadas nos cruzamentos (figura 4.18) visam reduzir os conflitos entre veículos e pedestres.
- Elas proporcionam o direito de passagem dos pedestres durante a fase verde do semáforo, mesmo quando ocorre colisão ou todo o tráfego está parado.
- Em cruzamentos com alto volume de pedestres, também é comum tratá-los como cruzamentos scramble (figura 4.19), onde os movimentos de pedestres de todas as direções são permitidos em uma única fase verde, incluindo movimentos diagonais.
- O tempo de luz verde dos semáforos destinado aos pedestres deve ser cronometrado, para dar aos pedestres tempo suficiente para completar a travessia, antes que os semáforos mudem de cor para permitir que o tráfego de veículos comece a passar novamente pelo cruzamento. (Suponha que a velocidade de caminhada do pedestre seja de 1,2 m/s.)
- Longos tempos de espera para os pedestres podem aumentar a probabilidade de violações.
- É necessário tempo suficiente para que os pedestres passem pelo cruzamento antes que o tráfego possa começar e quando nenhum movimento é permitido para as duas partes (período de blackout ou “todo vermelho”).
- Pode haver problemas de adesão dos condutores dos veículos levando-os a não obedecerem aos semáforos ou a não cederem a vez aos pedestres ao fazerem a conversão nos semáforos. Esse é um problema comum.

Figura 4.20: Passagem de nível bem definida – Ruanda.



Fonte : © John Barrell.

Figura 4.21: Passagem elevada para baixar velocidade– Quênia.



Fonte : © John Barrell.

Figura 4.22: Cruzamento bem definido com sinalização -Singapura.



Source: © Alina F. Burlacu/GRSF/ Banco Mundial.

Uma fase de avanço pode ser incluída nos semáforos para dar aos pedestres uma partida antecipada antes que outros usuários da via possam partir. Isto é útil para reduzir a incidência de atropelamentos por veículos em conversão nas interseções, pois dá maior visibilidade aos pedestres que atravessam.

- Deve ser providenciada pavimentação tátil para guiar os pedestres com deficiência visual através da passagem, e o estacionamento deve ser removido das imediações da travessia, para proporcionar campo de visão adequado.
- Para manter a segurança e a segregação de usos, é importante que as faixas de filtro sejam omitidas onde houver travessias para pedestres.
- Contadores regressivos nos semáforos também podem fornecer aos pedestres, informações sobre a duração das fases. Os temporizadores apresentam o tempo restante até ao final ou início de uma fase verde para pedestres e tiram algumas dúvidas de todos os usuários.
- Além das travessias semaforizadas, outras travessias que dão prioridade aos pedestres consistem normalmente em sinais e marcações rodoviárias pintadas (“passagens de zebra”).
- Formalizam a localização da travessia, dando aos pedestres o direito de passagem sobre os veículos. Também aumentam a sensibilização dos outros usuários da estrada, quanto a possibilidade da presença de pedestres, melhorando as expectativas sobre a necessidade de parar.
- Também atendem às pessoas com mobilidade reduzida, as calçadas rebaixadas até ao nível da faixa de rodagem ou com a faixa de rodagem elevada até ao nível do passeio.

- O aviso sonoro e tátil da fase de travessia de pedestres também pode ser fornecido no poste de sinalização.
- Especialmente onde as velocidades de aproximação dos veículos são elevadas, as travessias de pedestres em níveis elevados podem melhorar a segurança, mas precisam de ser claramente sinalizadas e ter aviso prévio suficiente, para que os condutores possam reagir à sua presença (figuras 4.20 a 4.22).
- É necessário cuidado extra ao projetar travessias de pedestres semaforizadas, seja em cruzamentos ou fora deles, em ambientes de alta velocidade e com múltiplas faixas. Os veículos podem não conseguir parar porque não conseguem ver os semáforos ou não os obedecem, e isso resulta em sinistros de alta gravidade.
- As travessias de pedestres elevadas têm um perfil e um efeito de redução de velocidade semelhantes às lombadas planas (plataformas de segurança), mas diferem na medida em que dão prioridade aos pedestres em vez dos automobilistas.
- Consistem numa plataforma elevada, com passagem para pedestres assinalada no topo.
- A travessia elevada serve para desacelerar veículos, tal qual a lombada ou uma plataforma, mas também aumenta a visibilidade dos pedestres devido ao aumento da altura.

Como são elevados ao nível da calçada, não necessitam da construção de rampa, mas ainda necessitam de pavimentação tátil para ajudar os cegos e amblíopes (pessoas com baixa visão).

Figura 4.23: Refúgio para pedestres



Fonte : © John Barrell.

Figura 4.24: Refúgio para pedestres.



Fonte : © John Barrell.

Figura 4.25: Falta de espaço para pedestres no canteiro central- Ilhas Maurício.



Fonte : TRL.

Figura 4.26: Aproximação da travessia com pintura e estreitamento.



Fonte : © Alina F. Burlacu/GRSF/Banco Mundial.

- Outros recursos para redução de velocidade podem ser usados antes das travessias de pedestres e normalmente resultam em menor probabilidade de ocorrência de sinistro e menor gravidade quando ocorrem colisões com pedestres.
- O estreitamento da via também pode proporcionar benefícios para a segurança; uma vez que os pedestres têm menos distância para atravessar, podem ser incluídas instalações para torná-los mais visíveis e as velocidades podem ser reduzidas. Alternativamente, o movimento de travessia pode ser dividido em dois com a disponibilização de um canteiro central protegido ou refúgio para pedestres (veja também a seção sobre travessias não controladas abaixo).

Travessias não semaforizadas

- Travessias largas (com mais de duas faixas) podem ser estreitadas através da criação de 'ilhas centrais de refúgio' para limitar o tempo que os pedestres ficam expostos ao trânsito.

- Os pedestres e os condutores precisam de manter-se alertas quando os pedestres atravessam vias com várias faixas, uma vez que estão muitas vezes escondidos da vista dos condutores, e vice-versa, por veículos em faixas adjacentes.
- Os refúgios para pedestres são ilhas elevadas no meio da via que proporcionam uma área na qual os pedestres podem esperar com segurança, até que uma lacuna apropriada no tráfego lhes permita atravessar (figuras 4.23 e 4.24).
- As ilhas precisam ser suficientemente largas para proteger do trânsito (1,8 m), os pedestres com carrinhos de bebê (e ciclistas) (figuras 4.25 e 4.26).
- Isto simplifica a travessia dos pedestres, criando o equivalente a duas ruas de mão única mais estreitas, em vez de uma rua larga de mão dupla.
- Os refúgios são particularmente úteis para aqueles que estão em cadeiras de rodas, idosos ou que não conseguem atravessar completamente a pista em um único movimento.

- As ilhas também podem ter benefícios adicionais, incluindo agir para separar o tráfego que se desloca em sentidos opostos, controlar a velocidade dos veículos através do estreitamento da via e fornece aos motoristas uma indicação do ponto no qual os pedestres podem atravessar a via.
- É necessário incluir rampas com pavimento tátil para torná-las adequadas a todas as condições de mobilidade dos transeuntes.

- Os refúgios por si só não dão prioridade à travessia dos pedestres.

Estudo de caso

As Figuras 4.27 a 4.29 abaixo ilustram instalações que facilitam a travessia de pedestres.

Figura 4.27: Transformação de local não demarcado para travessias, para local elevado e bem destacado com sinalização para a travessia.



Fonte : Prefeitura Municipal de Fortaleza and Bloomberg Philanthropies, PIARC.

Figura 4.28: Instalação de refúgio para pedestres – Vietnã.



Fonte : iRAP

Figura 4.29: Instalação de travessia elevada com sinalização e calçada protegida – Zâmbia



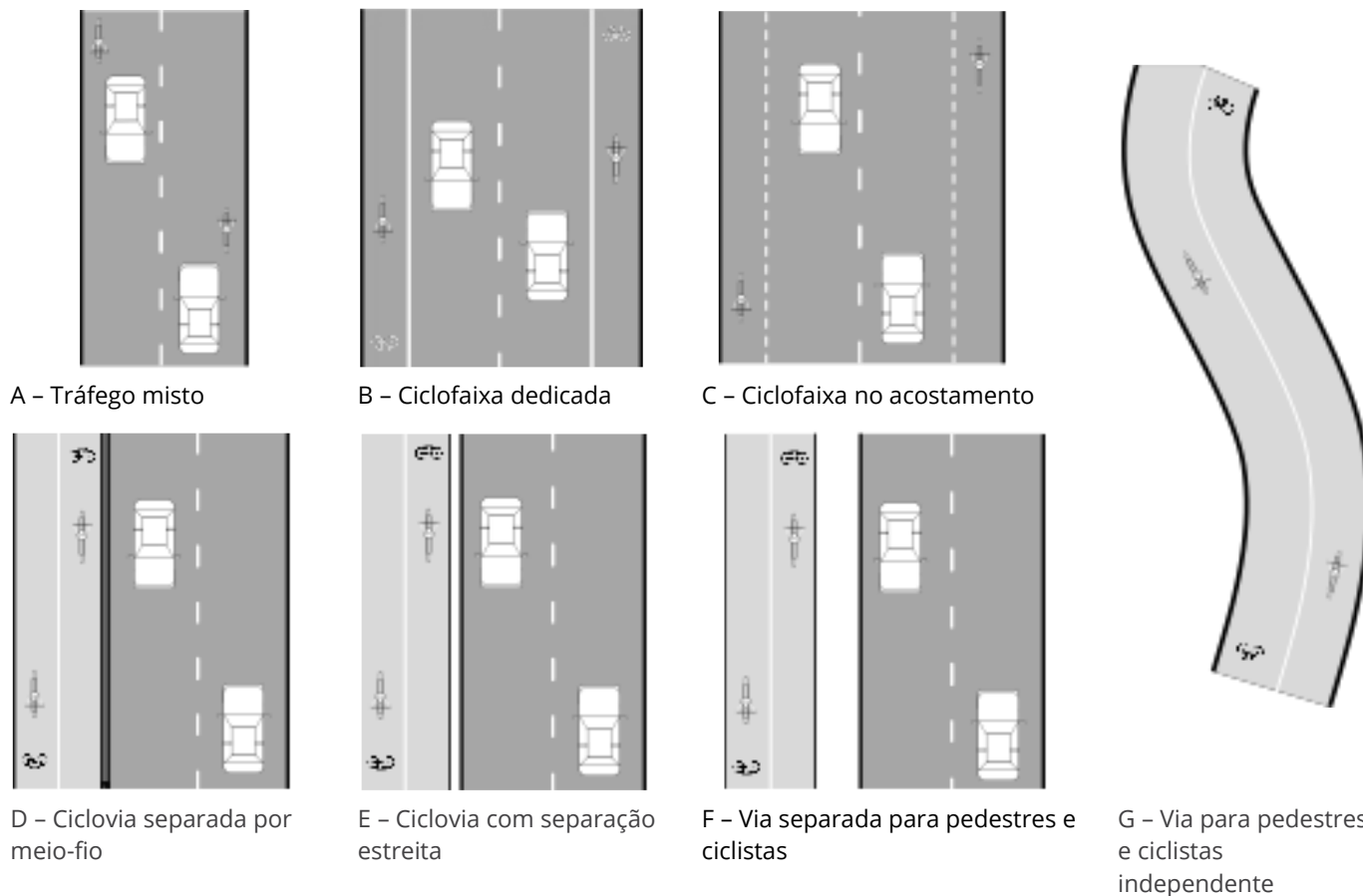
Fonte : iRAP

4.3. Projeto de infraestruturas para ciclistas

A provisão de facilidades seguras para o trânsito de bicicletas pode ser alcançada de diversas maneiras, desde vias separadas para ciclistas, até ciclofaixas pintadas nas vias (figura 4.30).

As ciclovias ‘independentes’ das vias (cycle highways) são trechos, vias ou percursos, especialmente separados para a utilização por ciclistas (e pedestres), distante do tráfego motorizado (ver G acima e figura 4.31). Elas podem facilitar viagens diárias e as de longa distância para os ciclistas. Pode ser uma conexão regional, uma rota suburbana para um distrito comercial ou entre áreas residenciais.

Figura 4.30: Exemplos de infraestrutura ciclovária



Fonte : © Milly Lumumba/GRSF/Banco Mundial.

As ciclovias ‘independentes’ das vias (cycle highways) são trechos, vias ou percursos, especialmente separados para a utilização por ciclistas (e pedestres), distante do tráfego motorizado (ver G acima e figura 4.31). Elas podem facilitar viagens diárias e as de longa distância para os ciclistas. Pode ser uma conexão regional, uma rota suburbana para um distrito comercial ou entre áreas residenciais.

Elas foram descritas como a ‘espinha dorsal’ da rede ciclovária mais ampla, já que as ciclovias geralmente conectam múltiplas redes locais. O Reino Unido tem uma rede ciclovária nacional que foi desenvolvida ao longo de muitos anos, utilizando antigos corredores ferroviários, trilhas, além de vias tranquilas e com baixo volume de tráfego. O desenvolvimento mais recente foram as Barclays Cycle Superhighways em Londres, todas destinadas a incentivar viagens de bicicleta seguras e confortáveis. As ciclovias fornecem trilhas diretas, planas e contínuas que muitas vezes ligam origens e destinos populares.

Figura 4.31: Corredor Verde —La Rochelle França.

Fonte : European Committee. Accessed at https://ec.europa.eu/transport/themes/urban/cycling/guidance-cycling-projects-eu/cycling-measures/cycle-highways_en.

Elas foram descritas como a ‘espinha dorsal’ da rede cicloviária mais ampla, já que as ciclovias geralmente conectam múltiplas redes locais. O Reino Unido tem uma rede cicloviária nacional que foi desenvolvida ao longo de muitos anos, utilizando antigos corredores ferroviários, trilhas, além de vias tranquilas e com baixo volume de tráfego. O desenvolvimento mais recente foram as Barclays Cycle Superhighways em Londres, todas destinadas a incentivar viagens de bicicleta seguras e confortáveis. As ciclovias fornecem trilhas diretas, planas e contínuas que muitas vezes ligam origens e destinos populares.

As ciclorrotas, “ciclo-avenidas” ou “ciclo-boulevares” (cycle streets) também são uma forma de via com tráfego misto, nas quais as necessidades dos ciclistas (e possivelmente dos pedestres) são priorizadas, em relação a dos veículos motorizados. Estas ciclovias proporcionam um espaço fisicamente separado no qual as pessoas que andam de bicicleta podem viajar sem se misturar com veículos motorizados – através de uma barreira física ou de elevação da pista a um nível mais alto (ou ambos), incorporando a esta, espaço lateral apropriado (ver E ou F na figura 4.30) As ciclovias podem ser relativamente rápidas e baratas para implementar, o que as torna uma das formas mais comuns de ciclovias implementadas nas cidades. Podem ser na via (ver B ou C na figura 4.30) ou fora dela, e/ou compartilhadas com os caminhos para pedestres (ver D na figura 4.30), e permitem que as pessoas que andam de bicicleta, tenham as vantagens da acessibilidade que a rede viária existente proporciona.

Boas práticas de projeto/ intervenções/ soluções

Os ciclistas consistem de uma ampla gama de habilidades e usos, desde o uso recreativo ocasional, até as atividades de ciclistas regulares e esportivos. As necessidades de cada grupo são diferentes e precisam ser acomodadas em qualquer provisão específica.

Os princípios básicos de design de qualidade visam a aumentar a segurança real e percebida, e incluem:

- Limitar os choques entre ciclistas, ou com pedestres, ou motoristas.
- Garantir ambientes de baixo estresse, nos quais a mistura com outros usuários seja limitada e controlada.
- Separar as rotas principais destinadas aos ciclistas, das rotas para pedestres.
- Reduzir os volumes de tráfego de veículos motorizados e as velocidades em torno dos ciclistas, especialmente quando os usuários da estrada se misturam.
- Separar os ciclistas do tráfego motorizado rápido/pesado, reduzindo o número de encontros perigosos – incluindo a separação em rotas e/ou em cruzamentos e no estacionamento da rua.
- Garantir que os pontos de choque nas interseções e nos cruzamentos, sejam claramente apresentados, para que os usuários estejam cientes dos riscos e possam adaptar adequadamente seu comportamento.
- A visibilidade dos ciclistas para enxergarem os motoristas deve ser maximizada na aproximação de cruzamentos.
- Garantir que a infraestrutura cicloviária seja bem mantida – especialmente a qualidade do pavimento e sua continuidade através dos cruzamentos. Podem ser fornecidos acostamentos largos que permitam o uso pelos ciclistas, juntamente com proteção contra o tráfego de veículos, usando faixas de segurança nos acostamentos ou barreiras físicas (figuras 4.32 e 4.33).

Cicloviás (cycle tracks)

- Para os ciclistas, a utilização de cicloviás segregadas (figuras 4.34 a 4.37) é a solução ideal; é entretanto, é necessário considerar a utilização dessas faixas por motocicletas/veículos de três rodas, fato que pode tornar a situação mais difícil para os pedestres (e ciclistas).

Figura 4.32: Ciclistas usando acostamento estreito – Ruanda.



Fonte : © John Barrell.

Figura 4.33: Ciclistas em acostamento vedado com sobreposição à rodovia com diferença no nível – Ruanda.



Fonte : © John Barrell.

Figura 4.34: Ciclovía urbana na China.



Fonte : © John Barrell.

Figura 4.35: Ciclovía em Pequim, China.



Fonte : © Blair Turner/GRSF/Banco Mundial.

Figura 4.36: Ciclovía separada da via, paralela a uma autoestrada na Etiópia.



Fonte : Dipan Bose/Banco Mundial

Figura 4.37: Ciclovía bem projetada – Xangai.



Fonte : © Alina F. Burlacu/GRSF/Banco Mundial.

- Para serem eficazes, exigem a fiscalização do estacionamento de veículos, para evitar que estes bloqueiem a passagem dos ciclistas e o tratamento cuidadoso nos cruzamentos.
- Ao longo de trechos paralelos a faixa de rodagem, as pistas segregadas proporcionam maior proteção às pessoas que pedalam, em comparação com as ciclovias, pois estão fisicamente separadas das faixas de tráfego.
- Zonas tampão entre ciclovias e veículos estacionados, ou de automóveis que estão em movimento no tráfego, são fortemente recomendadas.
- Nos cruzamentos, os projetos devem garantir que a visibilidade das pessoas que pedalam, até os motoristas seja maximizada.
- Sempre que possível, nos cruzamentos das vias com as ciclovias, a prioridade deve ser dada às pessoas que pedalam nas ciclovias (especialmente quando o tráfego de veículos tem a prioridade na faixa de rodagem adjacente).
- Devem existir marcações claras e sinalização de acompanhamento para aumentar a visibilidade nas ciclovias.
- Devem ser suficientemente largas para que as pessoas que pedalam se sintam confortáveis e seguras (mínimo 3 m) e permitir ultrapassagens entre ciclistas que se deslocam no mesmo sentido ou em sentidos opostos.
- A largura total dependerá do volume de ciclistas.
- Onde permitirem ciclismo nos dois sentidos, devem ser utilizadas marcações centrais ao longo da pista e nos cruzamentos para aumentar a consciencialização.
- A superfície das ciclovias deve ser lisa (pavimentação de superfície fechada), nivelada e bem conservada.
- Os objetos à beira da estrada podem representar um perigo para os ciclistas, especialmente quando estão em velocidades mais elevadas, e por isso devem ser removidos ou protegidos sempre que possível.
- De preferência, a superfície deve ser colorida e usar símbolos de ciclismo para melhorar a consciência e a compreensão.

Ciclofaixas (bike lanes)

- Quando o desenho da ciclovia segue as melhores práticas e a implementação faz parte de uma rede coerente, as ciclofaixas oferecem uma rota segura e conveniente para as que as pessoas que andam de bicicleta se deslocam pela cidade.
- Nas áreas rurais, ciclofaixas também podem ser instaladas nos acostamentos pavimentados (aplicam-se as advertências quanto ao uso por pedestres discutidas acima).
- Devem ser aplicados somente em vias nas quais o volume de veículos automotores é médio ou baixo, e a velocidade também.
- Onde a velocidade e/ou o volume dos veículos forem elevados, deverão ser utilizadas ciclovias separadas (figuras 4.38 e 4.39).
- As ciclofaixas devem ser largas o suficiente para que as pessoas que andam de bicicleta se sintam confortáveis e seguras, permitindo uma passagem confortável dos outros utilizadores, com superfícies lisas e niveladas.

Figura 4.38: Passeio/ciclovia compartilhada na Tanzânia.



Fonte : © John Barrell.

Figura 4.39: Ciclovia separada do tráfego de veículos da rodovia – Bucareste, Romênia.



Fonte : © Alina F. Burlacu/GRSF/Banco Mundial.

Figura 4.40: Ciclofaixa malsucedida separada do tráfego/estacionamento de veículos – Bucareste, Romênia.



Fonte : © Alina F. Burlacu/GRSF/Banco Mundial.

- A largura mínima recomendada é de 2,5 m para um único sentido.
- Devem existir marcações claras e sinalização contínua, para aumentar a visibilidade das ciclofaixas.
- Podem ser consideradas zonas tampão entre a ciclofaixa e o tráfego motorizado, onde a segurança é uma preocupação, particularmente onde há tráfego intenso de mercadorias,
- Zonas tampão entre a ciclofaixa e os estacionamentos para veículos são fortemente recomendadas.
- Ciclofaixas simplesmente separadas do tráfego motorizado, por meio de marcações pintadas na via, levam a invasão e ao estacionamento de veículos na ciclovia (figura 4.40).

Ciclovias/ciclofaixas em contrafluxo

- Contrafluxo refere-se a ciclistas que viajam em ambas as direções na mesma infraestrutura.
- Isto pode contribuir para melhorar as condições da utilização da bicicleta, incluindo maior acessibilidade, coerência e conveniência, especialmente em redes urbanas de sentido único.⁴³
- A bicicleta em contrafluxo, também pode contribuir para melhorar as condições para a utilização da bicicleta de forma mais geral dentro de uma cidade, melhorando a conveniência de viajar. Isto pode ser implementado através de:
 - Ciclismo de mão dupla não segregado, em uma via não sinalizada (vias pouco movimentadas), que pode ser implementada através do uso de sinalização.
 - O uso de faixas de contrafluxo para uso exclusivo dos ciclistas, em vias de mão única com alto volume de tráfego.
- Dado que quase todos os choques ocorrem nos cruzamentos rodoviários, muitas vezes é considerado suficiente marcar faixas de contrafluxo apenas nos cruzamentos (10 m de comprimento).

- Geralmente em trechos retos não é necessária nenhuma marcação.
- Este custo mais baixo permite que o ciclista circule centralmente na via quando não há trânsito à frente, reduzindo o risco quando da abertura de portas ou de veículos estacionando, e desse modo facilitando a mudança de direção na via de mão única.
- A implementação de faixas de contrafluxo pode envolver faixas segregadas e a pavimentação destas. Sua instalação deve ser decidida com base em fatores que incluem o volume, a velocidade do tráfego e a largura da via.

Ruas para ciclismo (cycle streets)

A bicicleta deveria ser o modo dominante de transporte, enquanto o número de veículos motorizados deveria ser minimizado. Desse modo, ruas para ciclismo são mais prováveis que venham a ser implementadas, através ou em vias principais ou secundárias, nas quais o tráfego motorizado requer o acesso a destinos localizados nas vias (figura 4.41). O traçado e a sinalização devem atribuir claramente prioridade aos ciclistas e o percurso deve ser atraente para os ciclistas, devido ao seu conveniência, conforto e ausência de obstáculos.

Figura 4.41: Rua para ciclismo—Reino Unido



Fonte : Mudança no olhar: Uma visão ousada para ciclismo e caminhadas

⁴³ https://ec.europa.eu/transport/themes/urban/cycling/guidance-cycling-projects-eu/cycling-measure/contra-flow-cycling_en.

Figura 4.42: Linha para parada avançada dedicada as bicicletas (bike box) com ciclofaixa em contrafluxo.



Fonte : Brighton & Hove City Council.

Figura 4.43: Direito preferencial para os ciclistas no cruzamento—Holanda.



Fonte : Dutch Cycling Embassy.

Cruzamentos/intersecções

A intensidade, a velocidade e o número de faixas destinadas ao tráfego, devem orientar a escolha do tipo de traçado mais adequado para o cruzamento. Em qualquer cruzamento, existirão pontos vulneráveis a choques entre os diferentes meios de transporte, mas um traçado eficaz para os cruzamentos, pode reduzir possíveis choques e aumentar a segurança e o conforto dos ciclistas.

Está aumentando o conhecimento disponível sobre os tipos de infraestrutura que podem ser fornecidas nos cruzamentos, com vistas à para melhorar a segurança dos ciclistas. Um bom traçado geralmente incluirá os seguintes princípios:

- Evite misturar tráfego motorizado com ciclistas em locais nos quais o fluxo e/ou velocidade do tráfego é normalmente elevado.
 - Em pistas com baixos volumes e baixas velocidades de tráfego (normalmente 30 km/h ou menos), os ciclistas geralmente se misturam ao tráfego e normalmente não é necessária uma infraestrutura específica para ciclistas nesses cruzamentos.
 - Maximizar a separação dos ciclistas do tráfego com movimentação perigosos.
 - Fases de semáforos separadas para pessoas que andam de bicicleta e de automóvel ou rotas separadas por passagens superiores/subterrâneas.
 - Maximizar a visibilidade dos ciclistas.
 - Alertar os motoristas sobre a presença de ciclistas ao se aproximarem de um cruzamento.
 - Demarque espaços para serem usados pelas bicicletas
- (figura 4.42) e avanço no sinal verde, para permitir que os ciclistas passem por um cruzamento antes dos outros veículos que compõem o tráfego rodoviário.
- Os cruzamentos devem ser fáceis de identificar, compreender e seguros para utilização por todos os usuários dos transportes. Isto requer desenhos específicos para destacar o status prioritário que os ciclistas têm.
 - Para qualquer tipo de cruzamento a principal consideração para a segurança é a visibilidade dos ciclistas.
 - Em situações nas quais os ciclistas e o tráfego motorizado se aproximam de um cruzamento (ou seja, ciclovias ou tráfego misto) presume-se que os condutores estão cientes da presença dos ciclistas nos arredores.
 - Nas situações em que os ciclistas estão separados da pista na qual trafegam outros veículos, é aconselhável a demarcação de um espaço destinado exclusivamente aos ciclistas, a medida em que estes se aproximam do cruzamento, para aumentar a consciência dos condutores sobre a possibilidade de haver ciclistas nos arredores.
 - Avanço da faixa para a parada de bicicletas/demarcação de espaço tipo caixas para as bicicletas, dá aos ciclistas vantagem extra para fazer a transição que leva até o ponto de parada sinalizado.
 - Podem ser necessárias provisões para a conversão nos cruzamentos destinadas aos veículos motorizados quando estes cruzam as ciclovias, para garantir que os ciclistas estejam bastante visíveis. Isso inclui revestimentos coloridos para a ciclovia e sinalização adicional.

Figura 4.44: Rotatória para ciclistas - Holanda.



Fonte : Bicycle Dutch.

Rotatórias de faixa única são consideradas a maneira mais segura de traçado para cruzamentos e se destinam a todos os usuários de vias moderadamente movimentadas, desde que tenham sido projetadas corretamente. Elas reduzem a velocidade de aproximação do tráfego nos cruzamentos e permitem um fluxo suave do cruzamento. Rotatórias com duas pistas são particularmente perigosas para ciclistas devido ao movimento dos veículos motorizados nas duas linhas.

- Os cruzamentos preferenciais para a passagem dos ciclistas (figura 4.43) são a solução mais simples para o cruzamento de vias com baixa intensidade de tráfego, enquanto que os cruzamentos sinalizados, são recomendadas quando uma rota para ciclistas atravessa uma via principal, com elevados volumes de tráfego, particularmente se houver múltiplas faixas na via.
- As rotatórias de faixa única (figura 4.44) são normalmente uma alternativa mais segura em comparação com as interseções semaforizadas, devido ao ambiente de velocidade mais baixa que criam e à redução dos pontos de conflito, embora não permitam a passagem de tantos veículos simultaneamente.
- Quando uma ciclovia movimentada cruza uma via principal com grandes volumes de tráfego, é preferível uma travessia separada por níveis (figura 4.45).

Estudo de caso/ciclismo em geral (exemplo)

Nairóbi, Quênia: Nairóbi foi o primeiro país a implantar o projeto piloto “Partilhar a Via” (Share the Road). Foi construída uma “via modelo” inteiramente financiada pelo governo. A adequação dos 1,70 km da Avenida ONU incluiu a construção de uma calçada de três metros de largura em ambos os lados e uma ciclovia de mão dupla, com três metros, e exclusiva para ciclistas (figura 4.46). A reabilitação também incluiu o redesenho do cruzamento da Estrada Limuru e a adição de uma faixa de conversão com a construção de uma ilha na esquina para facilitar a travessia de pedestres. O ponto de ônibus foi realocado a alguns metros para evitar choques com os veículos que fazem as curvas. A via foi selecionada porque ocorreram sinistros graves recorrentes durante um curto período de tempo, o

Figura 4.45: Rotatória elevada para ciclistas - Holanda.



Fonte : Ronald Otten/Bicycle Dutch.

que destacou a necessidade de melhorar as condições da via.

A separação dos pedestres e ciclistas dos veículos através da infraestrutura NMT reduziu a gravidade e o número de sinistros. No entanto, a melhoria das condições de condução aumentou, na verdade, a velocidade dos veículos, bem como o seu número. As medidas de desaceleração do tráfego, como passarelas elevadas e ilhas centrais de refúgio, melhoram as condições de travessia. Mas nas partes onde os veículos continuam a circular em alta velocidade, as passarelas apenas pintadas no chão têm pouco efeito no trânsito.

Apesar das mudanças na ciclovia para facilitar o NMT, após seis meses, de operação o número de ciclistas

Figura 4.46: Ciclovias separadas dos pedestres.



Fonte : Share the Road Design Guide UNEP/FIA.

Figura 4.47: Instalação de travessia com linha de parada avançada para bicicletas – Índia.



Fonte : iRAP.

permaneceu estável no trecho rodoviário. Pesquisas mostram que a maioria dos ciclistas utiliza a avenida como via de acesso, enquanto os pedestres geralmente apenas iniciam ou terminam seu trajeto no bairro. As viagens de bicicleta tendem a ser mais longas do que a área de intervenção.

Como estudo de caso adicional, a figura 4.47 ilustra intervenções com instalações para travessia, incluindo uma linha de 'paragem antecipada (advance cycle stopline) para bicicletas na Índia.

Leitura adicional

- OMS. 2013. Pedestrian safety: a road safety manual for decision-makers and practitioners, <https://www.who.int/publications/i/item/pedestrian-safety-a-road-safety-manual-for-decision-makers-and-practitioners>. Capítulo 2 é relevante, Pedestrian safety in roadway design and land-use planning,
- UN-Habitat & Institute for Transportation and Development Policy. Juillet 2018. Streets for walking & cycling—Designing for safety, accessibility, and comfort in African cities: Deve ler a seção sobre trilha, ciclovia, interseção e processo de projeto.
- ARRB Project Report No: PRS17017. 2017. Road safety measures to achieve Safe System outcomes for pedestrians.
- FHWA. 2007. Pedestrian Road Safety Audit Guide-lines and

Prompt Lists FWHA-SA-07-007. Deve ler o capítulo 4, Using the guidelines and RSA prompt lists, e o capítulo 5, Guidelines—detailed descriptions of prompts.

- United Nations Environment Programme. 2013. Share the Road—Design Guidelines for NonMotorised Transport in Africa. Deve ler o capítulo 1, Policy for Walking and Cycling, chapter 2, Improving Pedestrian Facilities, and chapter 3, Cycling Infrastructure.

4.4. Projeto de instalações para motociclistas

Descrição geral

A utilização de motocicletas e ciclomotores (mopeds) está aumentando e oferece uma solução para o crescente congestionamento do tráfego, para os problemas de estacionamento e o para elevado custo de automóveis particulares. Os usuários incluem desde motociclistas de lazer que dirigem máquinas de alta potência até jovens, profissionais que se deslocam em ciclomotores, transportadores de mercadorias e usuários de transportes públicos (figuras 4.48 e 4.49). São um meio de transporte popular porque são relativamente baratos em comparação com outras formas de veículos motorizados, proporcionam mobilidade a milhões de pessoas em todo o mundo e as suas necessidades devem ser refletidas no desenho viário e nas medidas de gestão do tráfego.

Figura 4.48: Transporte de mercadorias em motocicletas – Quênia.



Fonte : © John Barrell.

Figura 4.49: Motocicletas “Boda Boda” - Quênia.



Fonte : © John Barrell.

Embora existam poucas instalações físicas de engenharia que possam melhorar a segurança dos motociclistas, algumas medidas foram identificadas e são consideradas importantes. Além disso, os motociclistas se beneficiarão de medidas de redução de velocidade onde há tráfego misto, uma vez que são menos visíveis para os condutores (têm um perfil mais pequeno) e muitas vezes aparecem onde menos se espera.

É preciso ter cuidado especial com o projeto das instalações de engenharia de tráfego e de vias onde se espera um grande número de motociclistas no fluxo de tráfego. Embora tais medidas não eliminem completamente os sinistros de motociclismo, irão minimizar a sua ocorrência e reduzir a sua gravidade quando ocorrerem.

Implicações para a segurança

- Ao contrário de outras formas de transporte motorizado, há pouca proteção para motociclistas e garupas, devido ao seu tamanho, falta de estabilidade e de maneabilidade.
- Uma avaliação recente do iRAP realizada em 1.400 km de rodovias em Bangladesh indicou a gravidade dos riscos na segurança rodoviária para os motociclistas, pois a avaliação revelou que 71 por cento das rodovias avaliadas são de 2 estrelas ou menos (de 5 estrelas possíveis), indicando um nível relativamente alto de risco de mortes e ferimentos. Abordar a segurança das motocicletas e dos motociclistas é, portanto, um enorme desafio para os profissionais de engenharia de transportes.
- Quando ocorrem sinistros, muitas vezes têm consequências muito graves, especialmente nas velocidades mais elevadas ou em situações onde estão envolvidos veículos maiores.
- A probabilidade de um motociclista ou garupa sobreviver a uma colisão com um carro é bastante reduzida em velocidades superiores a 30 km/h.
- Embora muitos sinistros de moto envolvam colisões com outros veículos, um número significativo de sinistros é com um único veículo. Essas falhas incluem o piloto:
 - Perder o controle e sair da via;
 - Ultrapassar ou cruzar a linha central (geralmente em curvas);
 - Bater em outro veículo (ou outra obstrução) por trás; ou
 - Ser arremessado da motocicleta e atingir a superfície da via.
- O ambiente viário tem uma influência significativa no risco de sinistros envolvendo motociclistas. Os fatores contribuintes incluem:
 - Interação com veículos de maior porte (carros, caminhões);
 - Problemas na superfície da via (como rugosidade, buracos ou detritos) e baixa resistência à derrapagem;
 - Água, óleo ou umidade na via;
 - Marcação excessiva de linhas ou uso de marcadores elevados no pavimento;
 - Mau traçado horizontal e vertical da via;
 - Presença de diversos perigos na via; e
- Número de veículos e outros motociclistas que utilizam o trajeto.

- As motocicletas também apresentam características de desempenho na via muito diferentes de outros tipos de veículos. Eles:
 - São menos estáveis;
 - Podem acelerar muito mais rapidamente do que outros veículos;
 - Podem aparecer em posições nas quais os outros usuários da estrada não os esperam;
 - Podem também trocar repentinamente de faixa de rodagem para evitar perigos ou irregularidades na superfície;
 - São muito mais manobráveis que carros ou veículos mais pesados; e
 - Podem desviar de obstáculos restritivos com muito mais facilidade.
- Esta última característica representa grandes desafios para os projetistas e tem uma influência significativa no risco de sinistros envolvendo motociclistas. Outro desafio é a qualidade do revestimento e a manutenção de vias esburacadas e tampas de esgoto, telefone etc.
- Quando os condutores saem de vias vicinais – ou chegam ao fim de faixas segregadas – a sua visão pode ser obscurecida, aumentando a probabilidade de não conseguirem ver os motociclistas.
- Entradas largas em cruzamentos preferenciais podem encorajar os motoristas a parar de modo a causar o impedimento do motociclista, especialmente se este estiver em uma máquina de baixa potência. Isto aumenta o potencial de lesões ao sair e competir pelo mesmo espaço na pista de frente.
- A largura excessiva da porta de entrada que dá acesso à via, também pode encorajar dois carros a pararem lado a lado, obscurecendo a visão do condutor adjacente, sobre o tráfego vindo do sentido contrário na via principal e dessa forma aumentar o risco para os motociclistas.
- O posicionamento do mobiliário urbano (postes, equipamentos, lixeiras, etc) e da vegetação, afetam a visibilidade clara, que é fundamental para a segurança nos cruzamentos.

Boas práticas de projeto/ intervenções/ soluções

1.1.18.2 O aumento da segurança pode ser alcançado através da separação das motocicletas de outros veículos motorizados. Essa segregação pode assumir uma de duas formas. Podem ser fornecidas faixas exclusivas para motocicletas ou faixas inclusivas. Essas faixas conjuntas fornecem rotas que ciclistas e outros veículos não motorizados também podem usar. As motocicletas também podem compartilhar faixas prioritárias para ônibus em determinados países.

Faixas exclusivas para motociclistas

As faixas exclusivas para motocicletas exigem uma faixa de rodagem separada daquela utilizada por outros veículos.

- Elas podem minimizar colisões nos cruzamentos por oferecerem rotas segregadas ou o controle.
- A largura e adequação dependerão do uso específico - quanto maior a utilização, maior tem que ser a largura e o controle da junção.

Faixas inclusivas para motocicletas

- Faixas inclusivas para motocicletas são instaladas em vias já existentes e geralmente estão localizadas no lado do motorista, próximas à faixa de rodagem principal (próximo a calçadas ou acostamentos) para cada sentido do fluxo do tráfego.
- As pistas para motocicletas podem ser separadas do resto da via por linhas pintadas ou barreiras físicas.
- Alguma separação entre motocicletas e veículos motorizados pode ser alcançada permitindo o uso compartilhado de corredores de ônibus. No entanto, é importante considerar integralmente os fluxos de tráfego de ambos os tipos de veículos – a utilização partilhada em horários específicos do dia pode ser uma medida passível de ser aplicada.
- Podem ser permitidas medidas alternativas em ligações compartilhadas para impedir o acesso de veículos de quatro rodas, ou seja, através da utilização de postes nos pontos de entrada/saída.

- É necessário ter cuidado para não encorajar o compartilhamento de todas as instalações, tais como medidas destinadas aos ciclistas em cruzamentos ou mesmo em passarelas, devidos às diferenças nas respectivas velocidades dos veículos.

Apesar da disponibilização de faixas separadas para veículos pequenos em movimento (SMV), a utilização partilhada por veículos não motorizados (NMUs) e motocicletas geralmente não é permitida, e as motocicletas normalmente devem utilizar a faixa de rodagem principal.

Alinhamento

Para atender plenamente às necessidades dos motociclistas, o projeto do traçado das estradas precisa considerar:

- Alinhamento horizontal consistente, evitando, por exemplo, curvas que se apertam após a entrada.
- Transições suaves no alinhamento vertical para minimizar a perda de aderência dos pneus e evitar a acumulação de água. Isto tem um efeito maior nas motocicletas do que nos veículos nas pistas de via dupla (ou seja, rampas para desaceleração do tráfego nos cruzamentos).
- Projetos de seção transversal consistentes com a velocidade da via e o raio das curvas, onde a curvatura adversa ou a superelevação inadequada podem ter consequências mais graves para os motociclistas do que para outros veículos.
- A especificação e o posicionamento do mobiliário urbano, incluindo as características de impacto quando atingido por um corpo caído ou deslizante, são cruciais para minimizar o número de obstáculos, especialmente em curvas de maior velocidade. Deve-se ainda utilizar suportes que não se rompam ou deixem restos pontiagudos ou saliências, que poderiam ser um obstáculo a mais para o motociclista acidentado.
- Em vias de alta velocidade também deve ser considerada a “trajetória varrida” do motociclista que se inclina nas curvas para evitar obstáculos na beira da estrada e o tráfego em sentido contrário.

- Em comparação com todos os outros sinistros de motocicleta com um único veículo, descobriu-se que os impactos de motocicletas com barreiras são significativamente mais prováveis em curvas horizontais de raio menor e em seções com inclinações superiores a 3%. No que diz respeito à única recomendação quantitativa de colocar contramedidas em curvas horizontais com raios inferiores a 250 metros, os projetistas devem considerar cuidadosamente se a aplicação direta deste critério é prudente, tendo-se em vista os dados disponíveis.⁴⁴

Cruzamentos/ Interseções

- Nos cruzamentos, as faixas inclusivas para motocicletas voltam a juntar-se às faixas de tráfego geral para permitir que os motociclistas mudem de direção ou rota.
- Uma proporção significativa de colisões entre motocicletas e automóveis em áreas urbanas, é causada por condutores que não conseguem ver a aproximação das motocicletas ou as motocicletas adjacentes. Isto pode ser ajudado por faixas avançadas de parada (stop lines) para motociclistas, semelhantes às faixas de parada para ciclistas (figuras 4.50 e 4.51).
- É importante otimizar as linhas de visão e proporcionar boas superfícies para frenagem a todos os que utilizam a via.
- Os motociclistas devem ser capazes de frear e parar em pé, viajando em linha reta e em uma superfície que ofereça aderência consistente. Superfícies de alta fricção nos cruzamentos podem maximizar as chances de o motociclista frear com segurança.
- Garanta uma resistência à derrapagem consistente e apropriada, incluindo características extras de superfície, como manchas coloridas e marcações termoplásticas. Sinais de alerta claros e prévios e de direção, devem minimizar a necessidade de tal sinalização na superfície. A necessidade de inclinar-se nas curvas aumenta a probabilidade de perda de controle quando há uma

⁴⁴ Gabauer, D.J. 2016. Characterization of roadway geometry associated with motorcycle crashes into longitudinal barriers. Journal of Transportation Safety & Security, 8(1), 75-96.

Figura 4.50: Motociclistas no cruzamento – Tailândia.

Fonte : Bangkok post.

variação substancial na resistência à derrapagem entre dois tipos diferentes de material. O seguinte deve ser considerado:

- Evitar utilizar diferentes materiais no revestimento da superfície, por exemplo blocos de granito, para enfatizar uma mudança nas circunstâncias em pontos de viragem.
- Marcações termoplásticas da rodovia, alguns tipos de pavimentação com blocos e tampas metálicas (para esgoto etc) podem ser obstáculos graves para os motociclistas.
- Deve-se pensar cuidadosamente antes de usar grandes áreas de sombreamento no tracejo.
- A utilização de um material antiderrapante colorido de alta qualidade, aplicado a frio, proporciona o efeito visual necessário, sem representar perigo para os motociclistas.
- As rotatórias também precisam de ser concebidas com curvatura e largura que auxiliem a entrada na rotatória, de modo a contribuir para reduzir a velocidade dos veículos e garantir que os veículos que se aproximam não sejam posicionados em um ângulo excessivamente oblíquo.
- Áreas concêntricas para ultrapassagem aparecem nas rotatórias para aumentar a deflexão, reduzir velocidades e serem mais visíveis para os veículos que se aproximam.
- É necessário ter cuidado com este tipo de tratamento para garantir que não introduza um perigo adicional

Figura 4.51: Linha avançada para a parada das motocicletas.

Fonte : Westminster cycling campaign. <http://www.westminstercyclists.org.uk/asl.htm>.

para os motociclistas. Por exemplo, onde as áreas de ultrapassagem têm um leve suporte do meio-fio (10–20 mm) entre a área estendida e a faixa de rodagem restante, como uma motocicleta deve inclinar-se para contornar uma rotatória, atravessar o suporte pode fazer com que o motociclista se perca ao controle.

- As rotatórias de faixa única são consideradas o projeto de interseção mais seguro para todos os usuários em vias moderadamente movimentadas. Eles reduzem a velocidade do tráfego que se aproxima e permitem o fluxo suave do tráfego no cruzamento. As rotatórias de duas pistas são particularmente perigosas para os motociclistas devido ao movimento do tráfego motorizado entre as pistas.

Barreiras laterais nas estradas

- As barreiras anti-colisão ou de segurança nas vias de mão dupla são projetadas para conter o impacto de um veículo, evitando que ele cruze o caminho do tráfego em sentido contrário ou saia da faixa de rodagem e colida com um perigo grave.
- A maioria dos sistemas de barreiras de segurança rodoviárias atualmente utilizados são concebidos para fazer com que os automóveis de passageiros e/ou veículos pesados parem de forma controlada e segura. No entanto, quando atingidos por motociclistas errantes, estes sistemas podem não fornecer o mesmo nível de proteção.

Figura 4.52: Impacto de motociclista com barreira de cabo de aço.



Fonte : FEMA.

Figura 4.53: Barreira metálica típica.



Fonte : John Barrell.

- Pesquisas demonstram que existem dois tipos dominantes de colisões entre motocicletas e barreiras.⁴⁵ No primeiro tipo, os motociclistas atingiram a barreira ao deslizarem no solo, tendo caído da motocicleta. Neste tipo de colisão, o impacto ocorre principalmente com a parte inferior da barreira. No segundo tipo, os motociclistas batem na barreira na posição vertical, enquanto ainda estão na motocicleta. Neste tipo de evento o impacto ocorre principalmente com a parte superior da barreira.
- Para os pilotos que batem na barreira na posição vertical, os cantos agudos localizados no topo dos postes também representam um perigo significativo. O Manual 231 da Administração de Estradas Públicas da Noruega⁴⁶, identificou o topo dos postes como sendo particularmente perigosos para os motociclistas, se estes desmontarem da sua motocicleta durante um impacto e caírem em cima deles, o que é uma opinião partilhada por Gibson e Benetatos (2000)⁴⁷ e Duncan et al. (2000).⁴⁸
- O cabo de aço (figura 4.52) é outro tipo de barreira comum que apresenta perigos semelhantes para os motociclistas errantes, assim como os outros sistemas produzidos em aço (“vigas W” etc.). Ao contrário da crença popular entre os motociclistas, pesquisas mostram que são os postes

expostos que representam o maior perigo, e não os cabos de aço. Por exemplo, um estudo comparando barreiras de viga W e barreiras de cabos de aço na segurança de motocicletas realizado na Índia, descobriu que as barreiras de cabos de aço podem restringir o condutor na via em todos os casos. Embora as lesões nas extremidades inferiores tenham aumentado em alguns casos, as lesões potencialmente fatais na cabeça do piloto foram reduzidas pela barreira de cabo de aço.⁴⁹ Duncan et al. (2000) afirmaram que não há evidências substanciais que demonstrem que as barreiras de cabos de aço representam um risco maior para os motociclistas, do que os objetos que foram projetadas para proteger os usuários da estrada, como árvores, postes ou tráfego em sentido contrário. Duncan et al. (2000) também acrescentaram que não há evidência do “efeito cortador de queijo” durante eventos de lesão.

- A abertura abaixo do painel principal dos tipos de barreira contínua, pode permitir que os motociclistas deslizem e colidam com os postes de fixação (figura 4.53).

⁴⁵ C. Erginbas et G. Williams. 2015. « Motorcyclists and Barriers on the Highways Agency Road Network », TRL (Unpublished).

⁴⁶ Norwegian Public Roads Administration, « MC Safety Design and Operation of Roads and Traffic Systems », Directorate of Public Roads, Norvège, 2004.

⁴⁷ T. Gibson et E. Benetatos. 2000. « Motorcycles and Crash Barriers », NSW Motorcycle Council, New South Wales.

⁴⁸ C. Duncan, B. Corben, N. Truedsson et C. Tiugvall. 2000. « Motorcycle and Safety Barrier Crash-Testing: Feasibility Study », Crash Research Centre, Monash University.

⁴⁹ Patel, H., Jani, D. et Joshi, A. 2018. Comparison of potential injuries to the head and lower extremities of a motorcyclist during impact with W-beam and wire rope barriers using FE simulations. International Journal of Crashworthiness, 23(1), 11-17.

Figura 4.54: “Saia” adicionada a barreira metálica para proteger motociclistas - Vietnã.



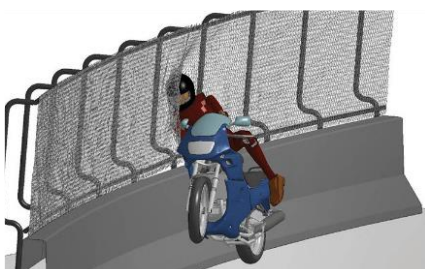
Fonte : iRAP.

Figura 4.55: Faixa para motocicletas separada por barreira de concreto na Indonésia.



Fonte : Banco Mundial.

Figura 4.56: Postes em forma de U modificados e fixados a uma barreira curva de concreto



Fonte : © Texas A&M Transportation Institute/FHWA

- Trilhos que protegem os motociclistas dos postes e apresentam uma superfície contínua (figura 4.54), atenuadores de impacto que cobrem os próprios postes de apoio ou barreiras contínuas de concreto (figura 4.55) estão sendo cada vez mais implementados para reduzir sinistros envolvendo motociclistas.
- Um estudo realizado nos EUA identificou que um novo sistema de contenção, feito com de cerca de arame apoiado por postes modificados em forma de U e presos a uma barreira curva de concreto, impediria que os motociclistas fossem ejetados por cima da barreira, reduzindo assim a gravidade das lesões do ciclista durante o impacto (figura 4.56). Esta descoberta foi confirmada pela análise de elementos finitos (FEM) simulados em computador e um teste de colisão em escala real.⁵⁰

Estudo de caso

- A faixa exclusiva para motociclistas na Malásia (figura 4.57) tem 14 km de comprimento e foi registrada uma redução de 27 por cento nas colisões, com uma relação do custo/benefício para construção da faixa, avaliada em cerca de três. Estima-se que uma extensão subsequente construída em 1992 tenha reduzido os sinistros de motocicleta em 34% ao longo do trecho da via em questão.
- As ciclovias também podem ser inclusivas, conforme ilustrado na figura 4.58.

⁵⁰ Silvestri Dobrovolny, C., Shi, S., Kovar, J. et Bligh, R. P. 2019. Development and evaluation of concrete barrier containment options for errant motorcycle riders. Transportation research record, 2673(10), 14–24.

Figura 4.57: : Faixa exclusiva para motocicletas – Malásia.



Fonte : © Hussain Hamid

Figura 4.58: : Faixa exclusiva para motocicletas – Malásia.



Fonte : iRAP.

Leitura Adicional

- Austroads guide on motorcycle and infrastructure. Acessado em <https://austroads.com.au/publications/road-safety/ap-r515-16>.
- WHO guide for powered 2 and 3 wheeled vehicles. Acessado em <https://apps.who.int/iris/rest/bitstreams/1081388/retrieve>.
- iRAP Road Safety Toolkit. <http://www.toolkit.irap.org/>.
- FHWA. 2016. Motorcycle Road Safety Audit Case Studies and Checklists. Acessado em <https://safety.fhwa.dot.gov/rsa/resources/docs/fhwas16026.pdf>.
- IHE Guidelines for Motorcycling Road Design and Traffic Engineering. Acessado em <http://www.motorcyclinguidelines.org.uk>. Importante ler: capítulo 3.
- Asian Development Bank. 2003. Vulnerable Road Users in the Asia and Pacific Region. Importante ler: capítulo 5 (Motorcycles).
- EuroRAP. 2008. Barriers to Change—Designing Safe Roads for Motorcyclists. Acessado em <https://road-safetyfoundation.org/project/barriers-change-designing-safe-roads-motorcyclists/>.
- Phathai Singkham. 2016. Separate lane for motor-cycle to reduce severity of road traffic injury among motorcyclist in Thailand. Dissertação apresentada em cumprimento parcial da exigência do grau de Mestre em Saúde Pública. Acessado em https://bibalex.org/baifa/Attachment/Documents/ntpjD-1a5OV_20170507113930220.pdf.
- To Quyen Le et Zuni Asih Nurhidayiti. 2016. A Study of Motorcycle Lane Design in Some Asian Countries.
- VicRoads. 2014. Making Roads Motorcycle Friendly.
- Banco Mundial. 2013. Improving Accessibility to Transport for People with Limited Mobility: A Practical Guidance Note. Washington, DC. <https://open-knowledge.worldbank.org/handle/10986/17592> License : CC BY 3.0 IGO

4.5. Transporte Público – Paradas de ônibus; Sistema Rápido de Ônibus-BRT e outros meios de transporte público

Descrição geral

Os transportes públicos são geralmente referem-se a ônibus urbano, ônibus de larga distância e possivelmente trens (figura 4.59) que operam em horários regulares e anunciados, tanto em áreas rurais como urbanas, totalmente dentro dos limites estabelecidos para a via pública. Nas áreas urbanas, o transporte público proporciona um meio de transporte eficiente para um grande número de pessoas e reduz o congestionamento em cidades movimentadas.

Figura 4.59: Sistema de bonde – Ucrânia.



Fonte : © John Barrell.

Figura 4.61: Serviço de ônibus Matatu – Quênia.



Fonte : © John Barrell.

No entanto, os ônibus urbanos e os de larga distância são apenas uma pequena parte da rede total de mobilidade pública, trânsito público ou transporte de massa. O transporte público é um sistema de transporte disponível para utilização pelo público em geral, normalmente gerido de acordo com horários, operado em rotas estabelecidas e que cobra uma taxa fixa por cada viagem, dependendo da sua duração. As viagens podem ser realizadas em veículos de diferentes tamanhos e diferentes condições de controle. Nos países de baixa e média renda, a variedade de transporte público é extensa, desde o transporte rápido por ônibus (BRT) formal (ver figura 4.60), que circula em corredores definidos e protegidos, até táxis compartilhados ou mototáxis ou ciclotáxis, mal regulamentados (figuras 4.61 e 4.62).

Figura 4.60: Faixa BRT—Bolívia.



Fonte : Banco Mundial.

Figura 4.62: Táxi riquixá – Índia.



Fonte : Banco Mundial.

Há uma grande variedade de veículos utilizados para o transporte de passageiros e mercadorias nas vias, como ciclo riquixás, riquixás motorizados, carros (incluindo táxis), minivans, ônibus e caminhões. Estes tipos de serviços são predominantes na África e na Ásia.

O grau de regulação e controle dos serviços de transportes público varia de país para país e, particularmente nos PRMB, este nível de controle pode ser muito limitado. Embora os transportes públicos sejam considerados um meio de transporte mais seguro, quando os serviços são mal regulamentados e os veículos são mal conservados e muitas vezes superlotados, estes problemas podem resultar em sinistros com um grande número de vítimas fatais. Este é frequentemente o caso em países de baixa e média renda, onde a superlotação, o excesso de velocidade e a manutenção ruim dos veículos, podem resultar em colisões frequentes com múltiplas mortes.

Sistemas de transporte público bem regulamentados funcionam ao longo de rotas fixas, com pontos de embarque/desembarque definidos, em horários pré-estabelecidos, com os serviços mais frequentes operando com intervalo (por exemplo, "a cada 15 minutos", em vez de serem programados para qualquer horário específico do dia).

"Paratransporte" (transporte complementar) é o termo usado para serviços de transporte que complementam o transporte coletivo (com rotas fixas), fornecendo viagens individualizadas sem rotas ou horários fixos. Os serviços de transporte complementares podem variar consideravelmente no grau de flexibilidade que oferecem aos seus clientes. Na sua forma mais simples, podem consistir num táxi ou num micro-ônibus que percorrerá um percurso mais ou menos definido, e parando para embarcar ou desembarcar passageiros quando solicitado. No outro extremo do espectro – transporte totalmente responsivo à procura – os sistemas de transporte alternativo mais flexíveis, oferecem serviço a pedido, chamada com embarque e desembarque, porta-a-porta, requisitados a partir de qualquer origem e para qualquer destino, dentro do limite de sua área de serviço. Além das agências de transporte público, os serviços de transporte alternativo podem ser operados por grupos comunitários ou organizações sem fins lucrativos, e por empresas ou operadores privados com fins lucrativos. O controle e a regulamentação dos pontos para embarque e de desembarque destes são difíceis e os veículos podem ser usados para transportar pessoas à destinos inadequados e

inseguros.

Os táxis compartilhados oferecem serviços sob chamada em muitas partes do mundo, que podem competir com as linhas fixas de transporte público, ou complementá-las, trazendo passageiros para as baldeações. Estes serviços de trânsito menos formais são por vezes utilizados em áreas de baixa procura e para pessoas que necessitam de um serviço porta-a-porta.

Implicações para a segurança

- Viajar em transportes públicos formalizados é muito seguro e é percebido dessa forma pelos usuários.⁵¹ As estimativas da Noruega para 1998-2002 indicaram 0,93 mortes em sinistros de trânsito/ por cada bilhão de passageiros por quilômetro, em viagens de ônibus, contra 3,82 mortes, por bilhão de quilômetros, para os ocupantes de automóveis (condutor e passageiro), aproximadamente um quarto das causadas em sinistros que envolveram automóveis.⁵² Os serviços menos regulamentados e superlotados que transitam nos países de baixa e média renda, têm uma elevada incidência de mortes quando ocorrem sinistros.
- Por ser um veículo grande, um ônibus protege bem seus ocupantes. Os veículos menores e menos estáveis são mais arriscados.
- A maioria dos ferimentos decorrentes de colisões que envolvem ônibus regulamentados são causados por outros usuários da estrada.⁵³
- Cada tipo de veículo tem os seus próprios e específicos problemas de segurança, porém, um problema em comum entre todos eles é que os sinistros envolvendo esses veículos resultam frequentemente em múltiplos feridos e mortos (até 80 ou mais em algumas regiões nos ônibus superlotados).⁵⁴
- Outro problema comum é que o perigo existe não só quando se desloca na rede rodoviária, mas também quando se embarca ou desembarca passageiros, sendo necessário ter cuidado extra nesses locais.
- Os ônibus também podem bloquear a visão dos pedestres que tentam atravessar nos semáforos. Existe, portanto, um risco aumentado de sinistros associados ao descumprimento não intencional dos sinais.
- As tarifas são muitas vezes baixas, por isso os operadores de transportes públicos frequentemente trabalham muitas horas para manterem o negócio.

⁵¹ Elvik, R. et Bjørnskau, T. 2005. How accurately does the public perceive differences in transport risks? An exploratory analysis of scales representing perceived risk. *Accid. Anal. Prev.* 37, 1005–1011.

⁵² Litman, T. 2020. *Terrorism, Transit and Public Safety: Evaluating the Risks* by Victoria Transport Policy Institute. March 20, 2020

⁵³ Elvik, R. 2019. Risk of non-collision injuries to public transport passengers: Synthesis of evidence from eleven studies *Journal of Transport and Health* Vol. 13, pp. 128–136.

⁵⁴ iRAP Road Safety Toolkit.

- Podem também dirigir em altas velocidades para competir com outros operadores e podem fazer paradas súbitas e frequentes, para embarcar passageiros.
- Os veículos do transporte público constituem perigos para os passageiros embarcados (ou sobre eles) e também podem constituir um risco para os outros usuários da via. Isto é particularmente verdade quanto maior for o tamanho do veículo.
- A localização das paradas de ônibus, que obscurecem cruzamentos ou sinais, ou obstruem a circulação do tráfego, apresentam problemas específicos de segurança, que afetam todos os usuários.
- As quedas das pessoas ao caminhar para ou das paradas de transporte público contribuem substancialmente para o risco total de viagens porta a porta usando o transporte público.
- Uma melhor manutenção das vias, especialmente durante o Inverno, também pode reduzir o número de quedas.
- As faixas de ônibus aparentemente resultam em um maior número de sinistros, no mínimo nas colisões que resultam em feridos. O aumento dos sinistros é maior nos corredores de ônibus no estilo americano, onde também são permitidos esquemas de compartilhamento de carona com carros particulares. Pode haver vários motivos pelos quais esse tipo de faixa de ônibus leva a mais sinistros, incluindo:
 - Essas faixas de ônibus são frequentemente construídas na reserva central ou na faixa esquerda das rodovias onde o trânsito é mais rápido.
 - Para entrar ou sair dessas faixas de ônibus, podem haver várias mudanças de faixa (as grandes rodovias nos EUA geralmente têm três, quatro ou cinco faixas de tráfego no mesmo sentido).⁵⁵
- Pode haver grandes diferenças de velocidade entre uma faixa de ônibus e outras faixas de tráfego. Além disso, ônibus e carros leves utilizam o corredor de ônibus. Esse tipo de faixa de ônibus também parece aumentar o número de sinistros. Na Noruega, bicicletas, ciclomotores e motocicletas também são permitidos na faixa de ônibus. Isto significa que os veículos mais pesados e os mais leves utilizam a mesma faixa de trânsito.
- Ao virar em um cruzamento pode ser necessário cruzar a faixa de ônibus. No trânsito denso, as diferenças de velocidade entre uma faixa de ônibus e as outras faixas de tráfego podem ser relativamente grandes.

Boas práticas de projeto/ intervenções/ soluções

Trânsito Rápido de Ônibus (BRT)

- Ônibus de trânsito rápido (BRT) (figura 4.63) é um modo de transporte de massa eficiente e de alta qualidade, proporcionando capacidade e velocidade comparáveis ao transporte ferroviário urbano (trem leve e pesado).
- Nas cidades do mundo em desenvolvimento, a implementação de sistemas de BRT que usam a faixa mediana das vias, tem demonstrado um impacto positivo na segurança. Pesquisas realizadas na Austrália indicam que os sistemas prioritários para ônibus (incluindo prioridade de sinalização e faixas exclusivas) também tiveram um impacto positivo na segurança.⁵⁶
- Em média, os BRTs no contexto latino-americano contribuíram para uma redução de fatalidades e de feridos em mais de 40%, e para uma redução de 33% nos sinistros apenas com danos materiais (PDO) nas ruas onde foram implementados. O efeito médio é bastante consistente em diferentes regiões do mundo, conforme evidenciado pelos impactos similares sofridos com o BRT de Janmarg em Ahmedabad, na Índia.⁵⁷

⁵⁵ Elvik, R. et al. 2009. Handbook of Road Safety Measures, 2nd ed.

⁵⁶ Duduta, N. et al. 2015. Traffic Safety on Bus Priority Systems, EMBARQ WRI.

⁵⁷ Carrigan, A. et al. 2013. Social, Environmental and Economic Impacts of Bus Rapid Transit, EMBARQ WRI.

Figura 4.63: Faixas exclusivas BRT.



Fonte : Dubuta, N. et al. 2015.

- A principal razão pela qual os sistemas BRT tiveram impactos positivos na segurança na América Latina foi que para a instalação da infraestrutura do BRT, a cidade removeu faixas, introduziu canteiros centrais, encurtou, forneceu, aprimorou as faixas de pedestres e proibiu a travessia nas curvas, pelo tráfego geral, na maioria dos cruzamentos.
- Nos sistemas de transporte rápido de ônibus-BRT, os pontos de ônibus podem ser mais elaborados do que os pontos de ônibus urbanos comuns e podem ser denominados “estações para embarque e desembarque” para refletir esta diferença. Eles podem ter áreas fechadas separadas da faixa do ônibus, agilizando o embarque e ser mais espaçadas, tais quais as paradas de bonde. Os pontos de ônibus em uma linha de ônibus de trânsito rápido, também podem ter uma construção mais complexa, que permite o embarque em plataformas niveladas e a instalação de portas que separam os usuários do recinto do ônibus, até o início do novo embarque.

Faixas de ônibus (bus lanes)

- Estas são faixas exclusivas para o trânsito do BRT, dentro da faixa de rodagem principal e permitem que os ônibus não sejam detidos por congestionamentos do tráfego (figura 4.64). Eles geralmente estão localizados na parte mais próxima da faixa de rodagem para permitir o fácil acesso dos passageiros oriundos de uma faixa de pedestres adjacente. Frequentemente, são separados do tráfego principal por uma única linha branca sólida, embora em alguns casos possam ser separados por um canteiro central.



- A disponibilização de faixas exclusivas para ônibus impede a utilização dessa pista pelo tráfego geral e restringe o estacionamento e o carregamento de outros veículos nas propriedades adjacentes. A obstrução da faixa de ônibus por outros veículos anula as vantagens de uma faixa exclusiva e exige uma manobra perigosa para ambos os veículos entrarem e saírem do fluxo de tráfego geral.
- É necessário cuidado especial nos cruzamentos onde a faixa de ônibus termina, para permitir que todo o tráfego faça fila ou que os ônibus façam curvas no fluxo de tráfego principal.
- Podem ser concedidos benefícios adicionais aos ônibus em cruzamentos controlados por semáforos, com linhas de paragem e de fases estagiadas de liberação específicas para os diferentes veículos.

Figura 4.64: Faixa de ônibus e sinal prioritário – Reino Unido.



Fonte : Google Street view.

Paradas de ônibus

- Os pontos de ônibus, são os locais nos quais os passageiros embarcam e desembarcam e mudam de denominação passando de passageiros a pedestres (figura 4.65). Dependendo do número, tamanho e frequência dos veículos que utilizam as paradas, sua complexidade pode variar.
- Os pedestres devem poder acessar os pontos de ônibus com segurança. Se os pedestres tiverem que atravessar vias movimentadas, nas quais ocorrem manobras complexas para embarcar ou desembarcar dos ônibus, correrão risco de sofrerem sinistros.
- Nas zonas rurais onde os serviços são menos frequentes, é necessária uma identificação clara dos pontos de ônibus formais para evitar manobras inseguras e a deterioração do acostamento da autoestrada (ver figura 4.66).
- As paradas de ônibus têm de ser claramente identificadas e acessíveis e seguras, qualquer que seja o tipo de veículo que as utilize e onde quer que estejam localizadas.
- A infraestrutura dos pontos de ônibus varia desde um simples poste sinalizado, ou de um abrigo rudimentar, até estruturas sofisticadas. A sinalização mínima usualmente utilizada é uma bandeira montada em mastro com nome/símbolo adequados.
- Os abrigos dos pontos de ônibus podem ter cobertura total ou parcial, sustentados por construção de duas, três ou quatro faces. Os batentes modernos são meras construções de aço e vidro/Perspex, embora em outros lugares os batentes possam ser construídos em madeira, tijolo ou concreto.
- Os pontos de ônibus individuais podem simplesmente ser colocados próximos à via (nas zonas rurais, frequentemente, sem qualquer provisão para pedestres), embora possam ser colocadas para facilitar a utilização de uma via de ônibus. Instalações mais complexas podem incluir a construção de uma parada de ônibus no acostamento (baia) ou a instalação de um sinal iluminado indicativo de ponto de parada de ônibus para ajudar o gerenciamento do tráfego, embora o uso de uma faixa de ônibus possa tornar estas instalações desnecessárias.
- As paradas de ônibus não devem estar localizadas em locais nos quais os ônibus parados obstruam a linha de visão do semáforo.
- Onde existem áreas de parada temporária (lay-bys) (ver figura 4.67), elas podem estar lotadas de passageiros à espera, e os motoristas de ônibus tendem a não utilizá-las. Este comportamento é frequentemente observado em vias com tráfego intenso, onde é mais provável que o motorista tenha dificuldade para retornar ao fluxo da via principal.
- Diversas paradas de ônibus podem ser agrupadas para facilitar a transferência entre rotas. Estas podem ser dispostas numa fila simples ao longo da rua, ou em filas paralelas ou diagonais contendo múltiplas paradas. Grupos de pontos de ônibus podem ser parte integrante dos centros de transporte. Com instalações extras, como sala de espera ou bilheteria, agrupamentos externos de pontos de ônibus podem ser classificados como uma 'estação rodoviária' rudimentar, com mobiliário como bancos, iluminação e lixeiras.

Figura 4.65: Parada de ônibus elétricos/bonde na calçada com abrigo e quiosque – Ucrânia.



Fonte : © John Barrell.

Figura 4.66: Ponto de ônibus numa aldeia rural, sem sinalização ou instalações - Burundi.



Fonte : Banco Mundial.

Figura 4.67: Parada de ônibus (tipo lay-by), usada como oficina mecânica - Gana e Romênia.



Fonte : © John Barrell et Alina F. Burlacu/GRSF/Banco Mundial.

- Nos centros urbanos mais movimentados, podem ser necessários intercâmbios complexos para acomodar um grande número de veículos e passageiros. Eles precisam segregar os usuários até o momento do embarque e ter baias de embarque individuais.
- Qualquer que seja o nível de provisão feito, os elementos-chave são garantir que:
 - Os veículos devem poder entrar, parar e sair do local com segurança e tranquilidade.
 - Os locais de estacionamento devem ser posicionados em trechos retos e nivelados da via e devem ser visíveis a uma boa distância em ambas as direções.
 - O acesso a um acostamento deve ser cômodo e seguro para veículos e, também para pedestres no caso de paradas de ônibus.
 - Devem ser instalados sinais com avisos prévios para alertar os condutores sobre a aproximação das paradas de ônibus e sobre a possível presença de pedestres mais à frente.
 - Os passageiros devem receber avisos antecipados suficientes (dentro do veículo ou por sinalização externa) que permitam que se levantem e permaneçam em pé com segurança e conforto.
 - Devem estar disponíveis áreas adequadas para a formação de filas, de modo que os passageiros que estão aguardando, não utilizem a via ou o local reservado exclusivamente para a parada do ônibus.
 - As instalações para a travessia de pedestres, devem ser colocadas antes do ponto de ônibus, de modo a contribuir para com a visibilidade dos pedestres que atravessam, além de facilitar a partida do ônibus, seja no meio-fio ou dentro de uma área do estacionamento.
- Rotas adequadas e seguras são fornecidas, até e desde as paradas dos ônibus, para a rede de pedestres que transitam no local.
- Os locais de parada e espera estão claramente identificados e protegidos.
- Paradas informais na rodovia ou acostamento devem ser evitadas.
- Melhorias das calçadas, nos percursos bem conservados para os pedestres e distâncias curtas entre as paradas de ônibus, podem reduzir as distâncias a pé e, portanto, o número de feridos.

Leitura adicional

- Traffic Safety on Bus Priority Systems. 2105. EMBARQ WRI. especialmente capítulos 4 e 8 sobre os estudos de caso do BRT.
- Bus Stop Design and Safety Guideline Handbook. 2014. Imperial County Transportation Commission USA. especialmente seção 5 - pontos de ônibus na rua - e seção 6, pontos de transporte público localizados fora da rua.
- Public Transport Interchange Design Guidance, Auckland Transport NZ. 2013. Consultar o capítulo 3, Princípios de design, e capítulo 4, Hierarquia de Intercâmbio em Auckland.
- Interchange Best Practice Guidance. 2009. Transport for London, UK, especialmente o material sobre temas e princípios de design.

5. SEÇÃO TRANSVERSAL E ALINHAMENTO

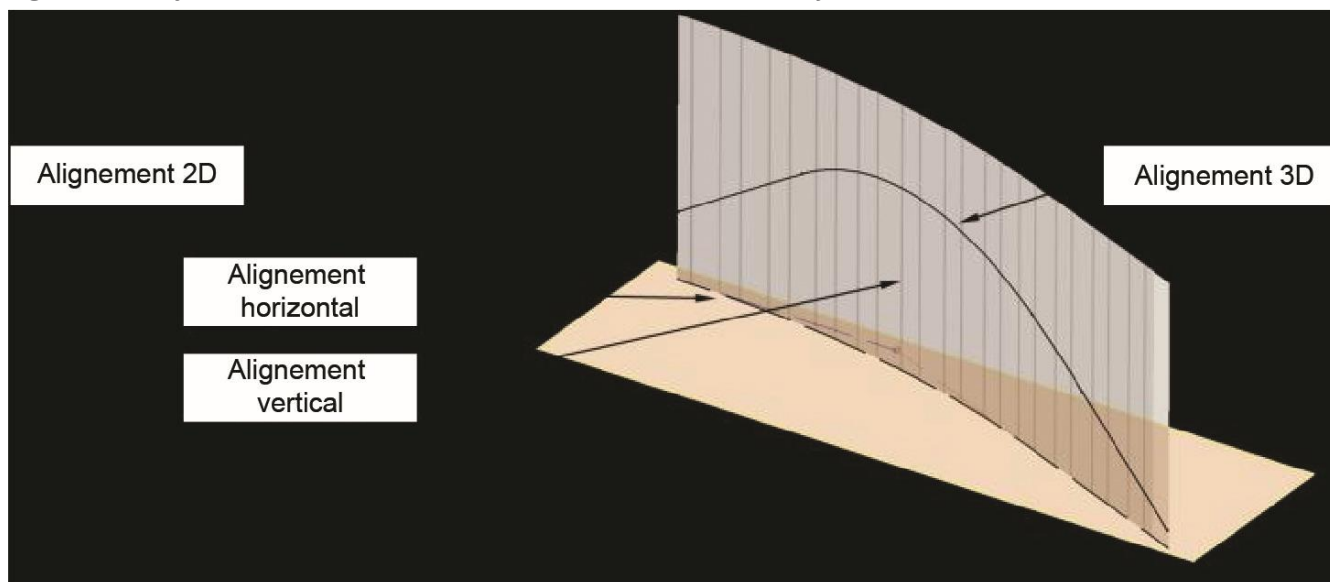
O projeto da via pode ser dividido em três partes principais: alinhamento horizontal, perfil/alinhamento vertical e seção transversal. Combinadas, elas fornecem um layout tridimensional para uma via (figura 5.1).

- O alinhamento horizontal é o traçado da via, definido como uma série de tangentes horizontais (retas) e curvas (geralmente circulares). Isso geralmente é representado na forma de um plano contendo a geometria da linha central, incluindo as linhas de pista e das bordas.
- O alinhamento de perfil/vertical é o aspecto vertical da via, incluindo curvas de crista e flecha, e as linhas de declividade retas que as conectam. Isso geralmente é representado em forma de perfil e inclui um corte no terreno existente ao longo da linha central da via.
- A seção (corte) transversal mostra a posição e o número de faixas de rodagem, incluindo ciclovias e acostamentos transversal mostra a posição e o número de faixas de rodagem, incluindo ciclovias e acostamentos, juntamente

com a sua inclinação transversal ou inclinação. As seções transversais também mostram as estruturas para drenagem, estrutura do pavimento e outros itens fora da categoria de traçado geométrico. Esta poderia ser uma “seção típica” mostrando as larguras padrão ou recomendadas para cada componente do projeto, ou recortes em locais específicos para destacar características específicas.

Cada uma dessas partes é composta por elementos de desenho geométrico, incluindo curvas e retas horizontais, curvas e gradientes verticais, larguras da pista, larguras do acostamento, larguras medianas, superelevações e cruzamentos, dentre outros. O design destes elementos influencia a segurança. Projetos muito restritivos contendo curvas horizontais acentuadas ou faixas muito estreitas, em relação às velocidades de deslocamento, pode resultar em taxas de colisão consideravelmente mais altas.

Figura 5.1: Layout tridimensional combinado com alinhamento dos traçados horizontais e verticais.



Fonte : © Julian Amann

Certas combinações destes elementos também podem resultar em consequências graves de colisão. É importante ter em mente os princípios para um bom desenho geométrico, conforme discutido na seção 2.1. O projeto deve resultar em um ambiente rodoviário que seja consistente com as expectativas dos usuários da estrada, e “não surpreendente” e “tolerante” no sentido de que os erros cometidos pelos usuários da estrada possam, na medida do possível, ser corrigidos, ou até evitados. A ‘velocidade de projeto’ selecionada na qual o alinhamento da via e as características da seção transversal são determinados precisa ser realista e compatível com a ‘velocidade operacional’ esperada (ver a seção 3.1). Deve ainda, estar de acordo com o tipo e as exigências funcionais da via, e também ser compatível com o ambiente rodoviário (ver capítulos 2 e 1).

Os princípios fundamentais ao projetar uma via são proporcionar consistência, legibilidade e previsibilidade. Como tal, os elementos do alinhamento que sejam inconsistentes ou fora de contexto com o resto do traçado devem ser evitados ou sinalizados claramente com sinalização adicional para o motorista, delimitação da área e outras indicações visuais cabíveis. O contexto também é importante quando se considera a forma, a função e o propósito principal da via. Isto influenciará na largura da via, na sua aparência e na forma como os motoristas poderão selecionar a sua velocidade de condução.

Nas seções seguintes, as implicações de segurança (a relação entre o elemento de design e a segurança) bem como o uso de boas práticas relacionadas com vários elementos do corte transversal e do alinhamento horizontal e vertical, são discutidas em detalhes. A combinação de curvas horizontais e verticais é discutida na seção 5.3. Vários estudos de caso/exemplos de boas e más práticas também são fornecidos em cada seção. Os elementos de concepção para os usuários vulneráveis da estrada, incluindo caminhos para pedestres e instalações para bicicletas e motocicletas, embora façam parte da seção transversal, são discutidos separadamente no capítulo 4.

5.1. Largura da via

Descrição geral

A largura da via é definida como sendo a largura total da parte da via que permite o movimento dos veículos que compõem o tráfego, incluindo acostamentos, mas excluindo instalações como os meios-fios, ciclovias separadas, calçadas ou faixas de estacionamento.⁵⁸ a largura total da faixa de rodagem, incluindo todas as faixas de rodagem e acostamentos adjacentes (se presentes).

A largura da faixa é a dimensão da seção transversal de uma faixa de tráfego, perpendicular à direção de deslocamento, medida entre o centro das marcações da pista e as faces dos meios-fios ou a linha de borda no acostamento, conforme aplicável.

A largura da via afeta a segurança, por influenciar nas velocidades e na capacidade de um veículo permanecer dentro da faixa atribuída para o seu trânsito. Geralmente, instalações de alta velocidade requerem vias/faixas mais largas em comparação com instalações de baixa velocidade. O ambiente (urbano ou rural) e a função das vias também desempenham papéis críticos na seleção da largura das vias.

Implicações para a segurança

É importante que a atribuição do espaço disponível na via seja consistente e bem discutida para alcançar um elevado nível de ‘legibilidade’ (readability) e de previsibilidade. Isso significa que todos os meios de transporte que compartilham o corredor rodoviário compreendem onde cada um deve estar e qual deve ser sua posição em relação ao outro, seja em faixas e acostamentos adjacentes ou em faixas opostas.

Vias/faixas mais largas geralmente incentivam e estão associadas a velocidades operacionais mais altas do que vias/faixas mais estreitas. Como tal, a utilização de vias/faixas largas pode representar riscos significativos na segurança, especialmente no tráfego urbano no qual os pedestres, os ciclistas e os veículos estão integrados na mistura

⁵⁸ Essas instalações (meio-fio, instalações para bicicletas, calçadas, faixas de estacionamento) também são elementos essenciais da seção transversal da estrada dentro da faixa de domínio (área total do terreno adquirida para a construção de uma estrada) e são detalhadas em seções separadas. Os acostamentos também são discutidos em detalhes na seção a seguir.

Figura 5.2: Utilização de faixas largas numa área urbana em detrimento dos usuários vulneráveis (pedestres e ciclistas).



Fonte : Global Designing Cities Initiative et National Association of City Transportation Officials (NACTO).

do tráfego (figura 5.2; ver também a figura 5.3 para a utilização adequada de faixas largas). Velocidades operacionais mais altas e maiores distâncias sem visibilidade dos pontos de parada associados podem tornar mais difícil para os motoristas fazerem uma parada rápida de seus veículos visando evitar colisões. Isso ocorre porque as distâncias seguintes em velocidades mais altas podem parecer excessivas, fazendo com que os veículos atravessem vias com várias faixas e haja uma tendência dos motoristas de dirigirem mais próximos do carro à sua frente. A gravidade das colisões também pode ser aumentada.

- Larguras maiores das vias/faixas em áreas urbanas aumentam a exposição e a distância da travessia para os pedestres em cruzamentos e travessias no meio da quadra.
- Pistas muito estreitas (normalmente menos de 2,8 a 3,0 m) apresentam riscos devido ao aumento da indisciplina devido a altas velocidades, tais como colisões de um único veículo fora da via e colisões de vários veículos na mesma direção, colisão lateral (side-swipe) em sentido oposto e colisão lateral no mesmo sentido. Isto pode ser devido a invasões das faixas adjacentes, espaço insuficiente para ultrapassar veículos longos, ou campo de visão reduzido para enxergar outros veículos nos congestionamentos. Nas áreas urbanas, o estreitamento das faixas pode ser utilizado para controlar a velocidade.

Figura 5.3: Uso adequado de faixas largas em rodovias.



Fonte :IRAP.

- Pistas excessivamente largas têm maior frequência de sinistros. Estudos relatam que o benefício em segurança advindo do alargamento das faixas cessa quando as faixas atingem uma largura de aproximadamente 3,4 m, com a frequência de sinistros aumentando à medida que as faixas se aproximam ou excedem 3,7 m.^{59 60} Utilização de faixas superiores a 3,6 m pode, de fato, ser utilizada como duas faixas, entretanto pode levar a um aumento das colisões laterais. Também podem ser esperadas velocidades mais altas, o que aumenta a probabilidade e a gravidade dos sinistros.
- Faixas estreitas nas curvas podem não fornecer a largura necessária para a aderência ideal dos pneus ao eixo da curva, ou a amplitude adequada que permita aos motoristas de veículos longos a possibilidade de corrigir qualquer erro. Esses fatores podem resultar em colisões frontais, batidas laterais (especialmente envolvendo os usuários vulneráveis nos acostamentos) ou ainda que o motorista derrape e saia da via. A superelevação em torno das curvas pode ser aplicada para ajudar a manter uma boa aderência dos pneus do veículo à pista.
- Faixas de conversão estreitas em cruzamentos podem não dispor da amplitude necessária para os veículos maiores tais como caminhões e ônibus, o que pode levar a invasões das faixas adjacentes, aumentando o risco de colisões laterais (especialmente com usuários vulneráveis), de colisões frontais e ainda do veículo ser atirado para fora da via.

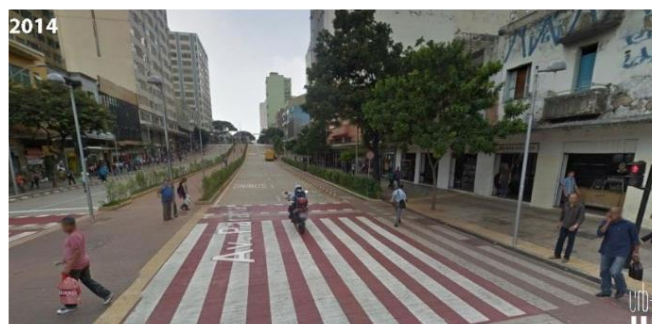
⁵⁹ Dumbaugh, E. et Rae, R. 2009. Safe urban form: revisiting the relationship between community design and traffic safety. Journal of the American Planning Association, 75(3), 309-329.

⁶⁰ Noland, R. B. 2003. Traffic fatalities and injuries: the effect of changes in infrastructure and other trends. Accident Analysis & Prevention, 35(4), 599-611.

Boas práticas de projeto/ intervenções/ soluções

- A seleção da largura da pista e do número de pistas dependerá de vários fatores, incluindo:
 - O limite alvo para a velocidade do veículo (velocidade projetada, velocidade média e limites estabelecidos) e deslocamento lateral.
 - Contexto (função existente ou futura das ruas e usos do solo).
 - Nível de atividades e de instalações destinadas ao uso por pedestres e ciclistas.
 - Tamanho e capacidade dos veículos.
 - Tipo de veículo (veículos de grande porte, veículos do trânsito, caminhões) e a proporção do total de caminhões no tráfego total.
 - Disposições para outros usuários.
 - Natureza, direção e números de utilizações da faixa (faixas de conversão, faixas livres, faixas junto ao meio-fio).
 - Situação adjacente à via (veículos de distribuição, estacionamentos, avenidas).
 - Operações de veículos de emergência. As faixas de circulação não devem ser muito estreitas (menos de 2,8~3,0 m). Sua largura deve permitir que os veículos possam sair do caminho dos veículos de emergência. Canteiros centrais longos e ininterruptos devem ser evitados. Várias faixas deixam espaço suficiente para os motoristas abrirem caminho para os veículos de emergência.
 - Topografia e geometria (canteiro central contínuo, alinhamento horizontal, cruzamento ou inclinação da via).
- Outras considerações (limpeza e armazenamento de neve, topografia e inclinação ou curvatura da via, manutenção, pontes e pontos de passagem, mudanças planejadas de ruas).
- O estreitamento das faixas é uma ferramenta eficaz para a gestão da velocidade, uma vez que as faixas mais estreitas geralmente reduzem as velocidades operacionais para mais próximo dos limites de velocidade mais seguros, mantendo ao mesmo tempo uma velocidade consistente e um impacto mínimo no tempo de viagem no corredor.
- Nas áreas urbanas, a utilização de faixas mais estreitas tem numerosos benefícios quando considerado o conjunto de uma determinada rua. As ruas urbanas podem ser redesenhadas para acomodar as necessidades de todos os usuários da estrada através de uma 'dieta rodoviária' (figura 5.4) geralmente descrita como a redução do número de faixas de rodagem e/ou o estreitamento das faixas de rodagem em uma rodovia, e a utilização do espaço para outros usos e meios de transporte. Os benefícios incluem:
 - Espaço recuperado para servir outros meios de transporte, incluindo ciclovias e calçadas, o que melhora a mobilidade e o acesso para todos os usuários das estradas.
 - Espaço recuperado para elementos geométricos que melhoram a segurança, tais como canteiros centrais, ilhas de refúgio para pedestres e faixas de conversão.
 - Permitir espaço maior e mais atraente para os pedestres relaxarem e permanecerem.
 - Tempos de travessia de pedestres mais curtos devido à redução das distâncias para travessia.

Figura 5.4: Exemplo de uma “dieta rodoviária” no Brasil mostrando redução no número de faixas de três em cada sentido em 2009 para duas em cada sentido em 2014, com a adição de uma ampla faixa central para pedestres e ciclovias.



Fonte : Urban ideas. Acessado em <https://www.urb-i.com/before-after-gallery>.

- Redução da interferência com as estruturas circundantes.
- Mais econômico de construir.
- Menos escoamento de águas pluviais na pista, pois mais espaço pode ser deixado como para vegetação.
- Podem ser necessárias faixas mais largas em locais de conversão, incluindo curvas, faixas específicas para

conversão e rotatórias, especialmente quando concebidas para acomodar veículos maiores. Isso permite mais espaço para os motoristas contornarem uma curva sem invadir a faixa adjacente, o acostamento ou a faixa de pedestre. O tanto que uma faixa deverá ser alargada dependerá do raio da curva, do tipo/tamanho do veículo que opera na via e de alguma tolerância para variações na direção por diferentes motoristas.

Estudo de Caso

São Paulo, Brasil

Figura 5.5: Rua Joel Carlos Borges antes e depois, São Paulo, Brasil, setembro de 2017.



Fonte : © Daniel Hunter/WRI Brasil.

A Estação Ferroviária Berrini na cidade de São Paulo está ligada ao centro comercial da cidade pela Rua Joel Carlos Borges, que acomoda milhares de usuários diariamente. Antes de setembro de 2017 a rua tinha calçadas estreitas que não conseguiam acomodar com segurança o intenso fluxo de pedestres que era de aproximadamente 4.700 pedestres durante o horário de pico durante a manhã (entre 7h00 e 9h30). Em contrapartida, apenas 170 veículos circulavam nas ruas no mesmo horário de pico, traduzindo-se numa média de 28 pedestres por cada carro. Como as calçadas eram estreitas e cheias de obstáculos, elas não conseguiam atender a essa demanda e as pessoas andavam de forma insegura no meio da rua e entre carros estacionados ou em movimento.

A Prefeitura decidiu aumentar a área de pedestres na via em 70%, removendo a faixa de estacionamento e estreitando a pista de circulação de veículos (ver figura 5.5). As calçadas estreitas e degradadas ganharam mais 3,5 m de largura, proporcionando amplo espaço para o tráfego de pedestres. A cidade também melhorou a sinalização, reduziu os limites de velocidade e adicionou mobiliário urbano e infraestrutura verde.

Esta foi a primeira intervenção rodoviária temporária na cidade, e teve como objetivo testar medidas de transformação de baixo custo antes de realizar obras caras e mais complexas. O projeto foi bem recebido pelo público e os administradores da cidade agora consideram realizar intervenções semelhantes em outras zonas de pedestres, tais como vias próximas a escolas e hospitais.

- O estreitamento das faixas nos acessos aos cruzamentos urbanos sinalizados pode ajudar a gerenciar as velocidades e a reduzir os tempos de travessia dos pedestres, devido à redução das distâncias para a travessia.
- É necessário avisar previamente sempre que houver uma alteração na seção transversal, por exemplo, na aproximação de pontes estreitas e de bueiros. Isto está em conformidade com o princípio da previsibilidade e com uma abordagem “sem surpresas”, na qual os usuários da via recebem informações adequadas e relevantes em tempo útil de modo a facilitar a sua tomada de decisões.
- Como a velocidade dos veículos aumenta quando as vias são alargadas e diminui quando uma faixa é estreitada (em um grau razoável), é necessária uma avaliação de segurança para determinar a largura apropriada e a adequação de uma intervenção para o alargamento/estreitamento de faixa, em um determinado local perigoso ou em um cruzamento.

Leitura Adicional

- Federal Highways Authority FHWA. Juillet 2016. Road Diets. Acessado em https://safety.fhwa.dot.gov/road_diets/.
- Global Designing Cities Initiative et National Association of City Transportation Officials. 2016. Global street design guide. Island Press. Acessado em <https://globaldesigningcities.org/publication/global-street-design-guide/>.
- National Association of City Transportation Officials. 2013. Urban street design guide. Island Press. Acessado em <https://nacto.org/publication/urban-street-design-guide/>.
- World Road Association (PIARC). 2009. *PIARC Catalogue of Design Safety Problems and Potential Countermeasures*, La Défense cedex. Acessado em <https://www.piarc.org/en/order-library/6458enPIARC%20Catalogue%20of%20design%20safety%20problems%20and%20potential%20countermeasures.htm>.
- Commission européenne. Getting initial safety design principles right. Acessado em https://ec.europa.eu/transport/road_safety/specialist/knowledge/road/getting_initial_safety_design_principles_right_en.
- Karim, D. M. 2015, juin. Narrower lanes, safer streets. In Proc. CITE Conf. Regina, pp. 1-21.
- Welle, B., Liu, Q., Li, W., Adriazola-Steil, C., King, R., Sarmiento, C. et Obelheiro, M. 2015. Cities safer by design: guidance and examples to promote traffic safety through urban and street design. Importante ler: capítulo Kenya Urban Design Elements e capítulo 5, Pedestrian Spaces and Access to Public Space.

5.2. Largura e tipo de acostamento

Descrição geral

O acostamento é a parte da pista de rolamento contígua à via de rolamento que, dependendo da largura, do projeto e da manutenção, desempenha várias funções. Os benefícios incluem:

- Estacionamento de veículos que param em uma situação emergencial;
- A disponibilização de uma área para a evasão controlada de veículos destinada aos condutores que inadvertidamente se desviam da sua faixa, assim reduzindo o risco de sinistros fora da via (especialmente em locais de alta velocidade);
- A disponibilização de espaço para manobras evasivas quando é necessário evitar potenciais colisões ou reduzir a sua gravidade;
- A disponibilização de um espaço definido para ciclistas ou pedestres, quando concebido de forma segura, na ausência de instalações separadas;
- A disponibilização de suporte estrutural ao pavimento da via;
- A redução do rompimento do pavimento da via, permitindo que as águas pluviais sejam descarregadas mais distantes da faixa de trânsito que está sendo percorrida e, portanto, traz benefícios para a segurança e para a preservação da via;
- Fornecimento de espaço lateral para objetos à beira da via, por exemplo, meios-fios, placas e grades de proteção;

Figura 5.6: Acostamento pavimentado.



Fonte : © John Barrell.

Figura 5.7: Acostamento não pavimentado, feito com cascalho .



Fonte : Acostamento não pavimentado, feito com cascalho Fonte: Zeng, Schrock, and Mulinazzi,2013.

Figura 5.8: Acostamento parcialmente pavimentado ou misto



Fonte : Zeng, Schrock et Mulinazzi, 2013.

- A melhora do campo de visão do recorte de trechos da via, e o aumento da capacidade e eficiência das rodovias, incentivando velocidades uniformes.

Os acostamentos podem ser pavimentados (figura 5.6), não pavimentados (ou seja, acostamentos granulares ou de terra; figura 5.7) ou parcialmente pavimentados (ou seja, acostamentos compostos por uma seção pavimentada e uma seção não pavimentada; figura 5.8). Eles também são conhecidos como 'acostamentos compostos'.

Implicações para a segurança

- Acostamentos muito estreitos não proporcionam a largura de recuperação adequada para veículos desgovernados, ou espaço livre suficiente para que veículos parem no acostamento. Na verdade, esses veículos criam perigos na via e resultam em riscos aumentados de colisões fora da via, colisões frontais, batidas traseiras e laterais.
- Acostamentos com resistência inadequada à derrapagem podem fazer com que um veículo que saia da via, especialmente um que viaja em alta velocidade, perca tração e o controle do veículo, resultando em colisões fora da via, com consequências graves no impacto com objetos na beira da estrada ou com outros veículos.
- Na ausência de outras instalações com maior separação, um acostamento demasiadamente estreito ou em más condições de conservação, desloca inevitavelmente o tráfego não motorizado para a faixa de rodagem,

Figura 5.9: Acostamentos estreitos resultando em riscos aumentados para os ciclistas



Fonte : iRAP.

Figura 5.10: Desnível na borda do pavimento



Fonte : © Watetu Mbugua/ Banco Mundial.

Figura 5.11: Caminhões estacionados ilegalmente no acostamento.



Fonte : Indian Institute of Technology, Kharagpur. 2019. Report on Road Safety Audit of SH-11 During Operation Stage.

onde enfrentarão maiores riscos de segurança devido à exposição ao tráfego de alta velocidade (figura 5.9).

- Acostamentos não pavimentados, especialmente em vias com grandes volumes de veículos pesados, em áreas nas quais ocorrem chuvas intensas ou escoamento abundante de água e/ou com traçado de curvas arqueadas, podem sofrer erosão com o tempo, resultando em declives nas bordas do pavimento (figura 5.10), ou seja, onde há uma diferença entre a altura da superfície da via e a altura do acostamento. Desníveis nas bordas podem fazer com que um motorista que esteja à deriva na via, perca o controle do veículo e saia da estrada ou faça uma correção de direção excessiva, que o posicione na direção do tráfego em sentido contrário.
- Vias sem distinção clara entre a faixa de rodagem e o acostamento (devido à falta de sinalização, marcações no pavimento ou meios-fios baixos) podem incentivar o uso de acostamentos pelo tráfego motorizado, mesmo quando o acostamento for de um material de superfície diferente e destinado a servir a uma finalidade distinta da faixa de rodagem (figura 5.11).

Figura 5.12: Acostamento de 2,5 m usado indevidamente por pessoas como faixa de trânsito – Romênia



Source: © Alina F. Burlacu/GRSF/Banco Mundial

- Acostamentos excessivamente largos, especialmente quando pavimentados, podem representar alguns riscos para a segurança, incluindo:
 - Acostamentos largos e pavimentados resultam em velocidades operacionais mais altas que, por sua vez, podem afetar a gravidade das colisões
 - Acostamentos pavimentados com mais de 2,5 m, podem ser interpretados como sendo também uma faixa de rodagem pelos motoristas, ou mesmo como locais temporários para atividades comerciais (como venda de coisas para os motoristas que passam pelo local),
 - Acostamentos largos podem tornar-se locais para parada voluntária, e
 - Vias muito largas, que resultam em acostamentos e faixas largas, combinadas com limitadas faixas preferenciais, podem resultar em encostas laterais ou traseiras, mais íngremes.
- Objetos como postes de eletricidade, condutores de cabos e tampas de bueiros para drenagem de água localizados ao longo dos acostamentos são perigosos para todos os usuários da estrada.

Boas práticas de projeto/tratamentos/soluções

- Recomenda-se que o acostamento seja construído com os mesmos materiais da faixa de rodagem para facilitar a construção, melhorar o desempenho do pavimento e reduzir custos de manutenção.

Figura 5.13: Acostamento largo selado.



Fonte : iRAP.

Figura 5.14: Acostamento largo e pavimentado em curva.

Fonte : iRAP.

- A largura ideal do acostamento depende do uso da via. Recomenda-se que o acostamento seja suficientemente largo de modo a proporcionar um escape adequado para os veículos encostarem e que sejam uma área de recuperação em caso de desvio da via, mas que não sejam demasiadamente largos ao ponto de encorajar sua utilização, como uma faixa adicional (figuras 5.12 e 5.13).
- A superfície do acostamento deve fornecer resistência/aderência suficiente à derrapagem para evitar a perda de tração e o controle de veículos desgovernados. Uma superfície bem vedada, proporcionará a melhor aderência dos pneus.
- Os acostamentos devem ser contínuos, independentemente da largura, para evitar paradas intermitentes no percurso da via. Isso também fornece um caminho contínuo para ciclistas e pedestres, quando os acostamentos são usados como ciclovias ou caminhos para pedestres.
- A superfície do acostamento deve se conectar ao pavimento da via e manter aproximadamente mesmo nível, visando evitar perda de controle de veículos que se desviem por engano da faixa percorrida.
- A vedação do pavimento dos acostamentos (na largura total ou parcial) ou nos acostamentos cobertos com cascalho podem reduzir a quantidade de erosão no acostamento e fornecer uma zona de recuperação segura para os casos de perda parcial de controle de veículos.
- A qualidade dos acostamentos, particularmente nas curvas de raio baixo, requer atenção especial, dada a maior probabilidade de invasão destes locais pelos veículos. Isto pode ser devido ao comportamento intencional do condutor ou ao “desvio” inadvertido de um reboque articulado. Acostamentos largos e pavimentados melhoram a segurança nas curvas (figura 5.14), principalmente na borda interna (ver seção 5.3).
- Na ausência de outras instalações segregadas, acostamentos largos e pavimentados proporcionam

Figura 5.15: Acostamento pavimentado com faixas de vibração, utilizado por ciclistas.

Fonte : Bob Boyce/Ped Bike.

- espaço para pedestres e ciclistas, melhorando assim potencialmente a segurança dos usuários vulneráveis. Considerando-se que os pedestres e os ciclistas podem estar em risco quando os condutores se desviam inadvertidamente da via, pode-se instalar faixas de vibração nos acostamentos ou nas bordas da faixa de rodagem, para mitigar este risco (figura 5.15).
- Faixas de vibração (rumble strips) ou marcações texturizadas nas bordas da estrada podem ser produzidas por meio de ranhuras feitas no chão ou pela instalação de nervuras. Podem ser colocadas nos acostamentos (perto da borda da faixa de rodagem) para alertar os motoristas quando eles estão se afastando da via. Elas são altamente eficazes e reduzem significativamente as colisões fora da via decorrentes da desatenção, distração e fadiga.
- Sinais, marcações no pavimento e marcações texturizadas nas bordas fornecem a distinção necessária entre o acostamento e a faixa de rodagem e devem ser usados para impedir o uso dos acostamentos pelo tráfego motorizado, exceto nos casos de emergência. Nas áreas urbanas, podem ser utilizados meios-fios ao longo da margem da faixa de rodagem.
- Os objetos localizados ao longo dos acostamentos devem ser movidos e/ou enterrados fora dos acostamentos e, sempre que possível, além da zona livre que o sucede (ver seção 5.7). É essencial que os acostamentos permaneçam transponíveis para cumprir a sua função.
- A gestão e manutenção da via e do acostamento devem ser rotineiras e simples.

Leitura Adicional

- American Association of State Highway and Transportation Officials. 2010. Highway Safety Manual (2010). Importante ler Highway Safety Manual Overview e capítulos 3, Integrating the HSM in the Project Development Process.
- FHWA. Small Town and Rural Design Guide: Facilities for Walking and Cycling. Acessado em <https://ruraldesignguide.com>. Importante ler Visually separated part.
- PIARC. 2009. Catalogue of Design Safety Problems and Potential Countermeasures. Deve ler a seção 2 que trata de, Seção transversal e a seção 3, Alinhamento.
- PIARC. 2019. Road Safety Manual. Acessado em <https://www.piarc.org/en/PIARC-knowledge-base-Roads-and-Road-Transportation/Road-Safety-Sustainability/Road-Safety/safety-manual>.
- Banco Mundial. 2005. Sustainable safe road design: A practical manual. Deve ler o capítulo 3, Projeto de vias seguras e sustentáveis: teoria, e o capítulo 4, Projeto de vias seguras e sustentáveis: seções transversais.

5.3. Curvatura horizontal

Descrição geral

As curvas horizontais estão associadas a maiores riscos na segurança quando comparadas com as seções tangentes. Esta diferença torna-se particularmente aparente em raios inferiores a 1.000 m e torna-se cada vez mais significativa à medida que os raios das curvas diminuem ainda mais (< 200 m).⁶¹ Muitas vezes, isso é o resultado de uma incompatibilidade entre o raio, a superelevação, e a velocidade escolhida pelo motorista. Isto cria um desequilíbrio nas forças exercidas sobre o veículo e não corresponde às expectativas do condutor, entre outros fatores.⁶² Deve-se notar, entretanto, que embora curvas horizontais curtas de raio baixo possam aumentar o risco

de colisão em ambientes de alta velocidade, o mesmo comprimento e raio de curva podem ser apropriados em ambientes residenciais de baixa velocidade para facilitar a condução em velocidades mais lentas,⁶³ ou como parte de uma série de curvas. Além disso, curvas de raio elevado podem ser introduzidas em traçados rurais para controlar a velocidade dos veículos e reduzir a monotonia.

As curvas horizontais estão associadas a colisões tipo “run-off-the road”, colisões frontais e colisões laterais. A gravidade dos sinistros também foi considerada alta nas curvas horizontais. Estudos realizados em países de rendimento elevado (PAR) mostram que 25% a 30% dos sinistros fatais ocorrem em curvas, e que 60% dos sinistros fatais envolvem um único veículo que perdeu a direção.⁶⁴

O principal objetivo do traçado com alinhamento horizontal é garantir que haja consistência e uniformidade de alinhamento ao longo do corredor rodoviário, proporcionando assim previsibilidade, fato que maximiza a segurança geral da via. Esta filosofia de “sem surpresas” fornece ao condutor sinais visuais sob a forma de uma visão clara da curva à frente, com tempo suficiente para ajustar a sua velocidade e entrar na curva com a velocidade em conformidade com esta. Os motoristas são fortemente influenciados pela sua interpretação do raio da curva, e muitos assumem que a combinação do raio e da superelevação aplicada é apropriada para o limite de velocidade. Se a via foi projetada e for bem conservada, então esta suposição é razoável. No entanto, se a rede rodoviária evoluiu ao longo do tempo, pode haver uma incompatibilidade entre a forma da superfície da via e o limite de velocidade. Sem a superelevação adequada, as forças sobre o condutor não são equilibradas e o condutor pode sentir-se desconfortável ou potencialmente perder o controle da direção.

⁶¹ Hauer, E. 2000. Safety of horizontal curves. Draft prepared in the course of project for UMA Engineering (for the new Canadian Geometric Design Guide) and for DELCAN.

⁶² Hummer, J. E., Rasdorf, W., Findley, D. J., Zegeer, C. V. et Sundstrom, C. A. 2010. Curve collisions: road and collision characteristics and countermeasures. Journal of Transportation Safety & Security, 2(3), 203–220.

⁶³ American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). 2010. Highway Safety Manual.

⁶⁴ Lamm, R., Psarianos, B. et Mailaender, T. 1999. Highway design and traffic safety engineering handbook.

Implicações para a segurança

- Curvas inesperadamente acentuadas muitas vezes resultam na perda de controle do veículo, derrapagens ou colisões com objetos à beira da estrada ou veículos que se aproximam, quando os motoristas não adaptam sua velocidade à geometria do local e são forçados a executar ações corretivas repentinas. Isto é agravado quando a curva acentuada está “fora de contexto” ou não corresponde às condições de alinhamento adjacentes à seção da curva acentuada, induzindo ao erro ou encorajando altas velocidades. Por exemplo, uma curva acentuada após uma série de curvas mais suaves ou após uma longa seção reta da via.
- Obstruções localizadas muito próximas da faixa de rodagem no interior da curva sem o necessário deslocamento da linha de visão horizontal, limitam a distância de visibilidade e a capacidade do condutor de ver e antecipar as características da via à frente da curva (figuras 5.16 e 5.17).
- As curvas acentuadas aumentam a largura da trajetória, que pode levar a perda da direção ou da capacidade de se desviar de um obstáculo. Isso pode fazer com que o veículo cruze o caminho de outro veículo que se aproxima quando as faixas de rodagem são estreitas, ou ainda que deslizem sobre os acostamentos e/ou áreas de pedestres, aumentando a probabilidade de colisão com os outros usuários da estrada. Isto é pior para veículos/caminhões largos ou longos.

Figura 5.16: Árvore localizada muito próxima da faixa de rodagem no interior da curva. Obstrui o campo de visão e é um risco à segurança. Também tem o potencial de empurrar os usuários da estrada em direção ou mesmo através da linha central em uma curva, tornando-a muito insegura



Fonte : Indian Institute of Technology. 2019. Report on Road Safety Audit of SH-11 during operation stage.

- Os motoristas fazem ultrapassagens nas curvas, mesmo quando não for seguro e houver provisão da “proibição de ultrapassagem”.
- A superfície da via nas curvas tende a polir mais rapidamente do que nas seções retas, devido às forças maiores exercidas pela maior aderência da lateral do pneu, resultando com o passar do tempo de uso da via em menor resistência à derrapagem.
- A perda de superelevação (curvatura positiva), principalmente em vias de cascalho, que por falta de manutenção tem aumentado o risco para a segurança nas curvas.
- Outros fatores que influenciam a segurança nas curvas incluem o perfil da via (seja nivelado ou desnivelado, quando um veículo sair da estrada), a presença de perigos não protegidos na via, má visibilidade, má delimitação (figura 5.18), má drenagem, drenagem inadequada ou reversa, larguras de faixa inadequadas ou falta de alargamento extra nas curvas.
- A má coordenação da curvatura horizontal e vertical pode resultar em efeitos visuais que podem induzir os condutores ao erro, contribuindo assim para colisões (figuras 5.19 e 5.20). Isso geralmente ocorre quando curvas horizontais e verticais, de comprimentos diferentes, são projetadas em um mesmo local.
- A presença de curvas no cume de um colina, imediatamente anteriores a curvas acentuadas, pode ocultar as curvas acentuadas da visão do condutor, criando uma falta de ‘legibilidade’ (figura 5.21).

Figura 5.17: Curva montanhosa com obstáculos (árvores) onde ocorreu um sinistro rodoviário.



Fonte : Nepali Times, 2021. Nepal's other pandemic: road fatalities. 2021. Acessado em <https://www.nepalitimes.com/here-now/nepals-other-pandemic-road-fatalities/>.

Figura 5.18: Delineamento insuficiente na curva.



Fonte : ChinaRAP.

Figura 5.20: Combinação de alinhamento ruim mostrando quebras ópticas causadas por curvas acentuadas ao longo da tangente horizontal.



Fonte : Barnaby Green.

Figura 5.19: Combinação perigosa de curva horizontal na base de uma elevação íngreme.



Fonte : Federal Highway Administration. 2007. Mitigation Strategies for Design Exceptions, US. <https://safety.fhwa.dot.gov/geometric/pubs/mitigationstrategies/>.

Figura 5.21: Combinação perigosa: curva no cume da colina, antes de uma curva horizontal acentuada, que contém cruzamentos e acessos.



Fonte : PIARC. 2003. Road Safety Manual, First edition.

Boas práticas de projeto/ intervenções/ soluções

- É importante que uma via seja concebida para uma velocidade que exceda, no mínimo, a velocidade muitas vezes referida como sendo a 'velocidade de operação', ou seja, a velocidade na qual se prevê (ou se pretende) que os condutores se desloquem na via.
- Na fase de concepção, a consistência e a previsibilidade da experiência do condutor são muito importantes e devem ser evitadas curvas inesperadamente apertadas. Isto pode ser feito aumentando o raio da curva ou garantindo que a transição para curvas mais nítidas seja realizada através da redução gradual e progressiva dos raios ao longo das curvas sequenciais.
- Para curvas horizontais estreitas, que estão fora de contexto em comparação com o resto do projeto, e não podem ser realinhadas por razões financeiras ou ambientais, tratamentos especiais nestas curvas devem ser especificados e incluídos ainda na fase de projeto e durante a construção. Estes tratamentos especiais podem assumir a forma de sinais ou marcações específicas que alertam o condutor para a alteração das condições.
- A visibilidade dianteira e as distâncias do campo de visão são importantes para ajudar o condutor a acessar as distâncias na estrada à sua frente e a ajustar a sua velocidade em antecipação às condições da via. As obstruções na visibilidade no interior das curvas ou no interior da faixa central em rodovias divididas precisam ser removidas para fornecer um campo de visão adequado.

Em situações onde é impraticável remover tais obstruções (como muros de contenção, taludes cortados, barreiras de concreto, edificações e barreiras longitudinais), o aumento do campo de visão ainda deve ser otimizado, e o projeto precisa considerar o risco associado à essa deficiência e avaliar as opções para mitigar esse risco. Devido às muitas variáveis envolvidas no traçado de curvas, ou seja, o alinhamento, a seção transversal, o número, o tipo e a localização de possíveis obstruções, faz-se necessário realizar um estudo específico para cada curva individual. Usando a distância de visão para a velocidade de projeto como controle, o projetista pode então verificar as condições reais em cada curva e fazer os ajustes necessários para proporcionar a distância de visão adequada. Estes ajustes devem levar em conta a extensão ou duração da obstrução. Por exemplo, um muro de contenção pode causar uma deficiência significativa no campo de visão, exigindo que algum ajuste seja feito no traçado ou na velocidade prevista para a via, enquanto um único edifício ou um grupo de árvores, representa apenas uma redução momentânea do campo de visão e, portanto, o risco é muito menor.

- As curvas devem ser superelevadas em proporção ao seu raio e velocidade.
- A superelevação deve ser alterada gradual e igualmente entre curvas de raio diferente; entre retas e curvas é normal alterar dois terços da superelevação na reta e um terço na curva. A superelevação deve sempre ser alterada na mesma proporção ao longo de um alinhamento. Isso geralmente é expresso como uma porcentagem por segundo de tempo de viagem e normalmente fica entre 2,5%/s e 3,5%/s. Isto proporciona um equilíbrio consistente nas forças sobre o veículo à medida que sua direção transita de uma curva para outra.⁶⁵
- As curvas de transição podem ser fornecidas entre uma tangente e uma curva circular ou entre duas curvas circulares, permitindo a introdução gradual da superelevação. O comprimento das curvas de transição deve ser igual à distância sobre a qual a superelevação muda. A natureza completa das curvas de aproximação deve ser evidente para o condutor. Devem ser evitadas curvas de transição longas que mascaram um raio final nítido.
- Embora as curvas simples sejam preferidas, as curvas compostas podem ser usadas para satisfazer restrições topográficas que não podem ser equilibradas de forma tão eficaz com curvas simples. Para curvas compostas (compound curves) em rodovias abertas é geralmente aceito que a relação entre o raio mais plano e o raio mais agudo não deve exceder 1,5:1.
- Materiais com maior resistência à derrapagem podem ser usados em curvas críticas, especialmente em ambientes úmidos.
- Curvas horizontais de grande raio podem ser introduzidas em alinhamentos retos para quebrar a monotonia do motorista e permitir que os motoristas façam melhores julgamentos das velocidades dos veículos que se aproximam.
- Vale a pena notar que existe uma diferença entre a filosofia de design europeia e a dos EUA/Austrália no que diz respeito à adoção de vias longas e retas e alinhamentos mais sinuosos ou curvos, o que pode ser resultado das características do terreno geral. Na Alemanha, a condição para o alinhamento é ter mais de 70% de curvas com raios elevados. Vias retas devem ser evitadas. Nos EUA/Austrália o inverso é verdadeiro. Qualquer uma das abordagens pode resultar em condições inseguras, mas precisam ser aplicadas de forma consistente, e a mistura de abordagens pode levar a maiores riscos.
- O alargamento da pista (ou curva) é normalmente aplicado na borda interna das curvas e é frequentemente necessário em curvas de raio inferior para fornecer espaço para o “desvio” de veículos articulados. Especialmente relevante onde os raios são <500 m, isto permite a diferença entre o percurso dos eixos traseiros do reboque em comparação com a unidade do caminhão ou trator).
- Deve ser fornecida manutenção adequada, especialmente em vias de cascalho, para manter um perfil transversal aceitável com curvatura apropriada. Quando se prevê que tal manutenção seja improvável, o desenho da via e, em particular, a velocidade de operação, devem basear-se no pressuposto de uma seção transversal nivelada.

⁶⁵ Para mais detalhes, consulte as diretrizes de design, incluindo: Austroads. 2009. Guide to Road Design Part 3: Geometric Design and AASHTO (2018). Policy on geometric design of highways and streets (chapter 3). American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC.

- Nas vias pavimentadas, também existe a necessidade de manutenção, inclusive para garantir que os detritos sejam removidos, pois isso terá um impacto significativo no atrito com a superfície e na potencial perda de controle do veículo. Este é um problema para qualquer veículo, mas é particularmente importante para os motociclistas.
- Onde não for possível separar totalmente as curvas horizontais e verticais, elas devem ser combinadas com alterações comuns para pontos de cruzamento (onde as extremidades e o centro da curva vertical coincidem com as extremidades e o centro correspondentes da curva horizontal) para evitar a apresentação de informações enganosas aos motoristas. Sempre que possível, devem ter comprimento igual ou semelhante e, quando isso não for possível, a preferência é que a extensão das curvas verticais fique inteiramente dentro de uma única curva horizontal. Este arranjo deve produzir o resultado mais agradável, fluido e tridimensional, com maior probabilidade de estar em harmonia com o relevo natural (figura 5.22). Além disso, deve-se ter em mente o seguinte:
 - Curvas horizontais acentuadas em combinação com uma curva vertical pronunciada no topo de uma colina, devem ser evitadas, uma vez que os condutores podem não perceber a mudança horizontal no alinhamento, especialmente à noite.
 - Devem ser evitadas curvas horizontais acentuadas no ponto baixo ou perto do ponto baixo de uma curva vertical pronunciada, uma vez que a visão da via à frente seria encurtada e as curvas nestes locais tendem a ser mais acentuadas do que parecem.
- O raio das curvas horizontais ou a curvatura aplicada a estas curvas pode ser aumentado na ordem de 15 por cento na parte inferior de declives íngremes para melhorar a percepção e não permitir que os veículos fiquem fora de controle. Alternativamente, faixas de fuga podem ser fornecidas para permitir que os veículos que estão viajando rápido demais em direção a curva parem com segurança.
- O alinhamento horizontal e vertical deve ser feito o mais plano possível nos cruzamentos e nos intercâmbios visando permitir uma distância de visão suficiente.
- Em vias de duas pistas onde são prováveis combinações de curvas, as seções tangentes podem ser fornecidas com uma boa distância de visibilidade para proporcionar oportunidades de ultrapassagem segura.

Abaixo está um resumo das correções aplicáveis em curvas horizontais:

Marcações e sinais

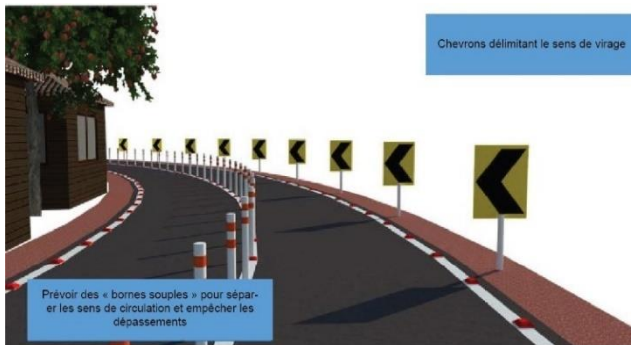
- As marcações no pavimento são importantes no fornecimento de informações contínuas para ajudar os motoristas a conduzirem com sucesso nas vias. Essas incluem:
 - Marcações longitudinais no pavimento (linhas de centro e linhas de borda). Marcações de linha central mais amplas podem ser usadas onde o espaço permitir aumentar a separação entre os veículos que viajam em direções opostas.
 - Postes/delineadores ao longo da beira da estrada. Eles podem ser usados tanto em vias não pavimentadas quanto nas pavimentadas.
 - Postes flexíveis ao longo da linha central das curvas com distância de visão limitada para evitar ultrapassagens. Os postes ou postes flexíveis devem ter pelo menos 1 m de altura com marcação retro refletiva para garantir visibilidade noturna (figura 5.23).
 - Marcações no pavimento para curvas, incluindo marcações de aviso de velocidade e marcações para

Figura 5.22: Exemplo de boa combinação de curvatura horizontal e vertical proporcionando boa visibilidade.



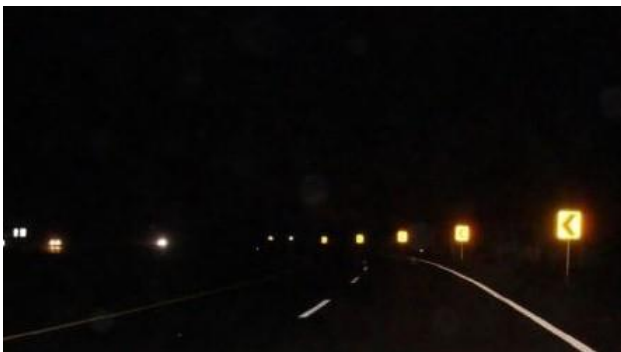
Fonte : TRL & Department for International Development. 2001. Horizontal curves, highway design note 2/01, TRL Ltd, Crowthorne, UK.

Figura 5.23: Postes flexíveis e sinais chevron em curvas com distância de visão limitada.



Fonte : Indian Institute of Technology. 2018. Road Safety Audit of NH 60 and NH 117 and Capacity Building on Road Safety Issues in the State of West Bengal: Final Report on NH 117.

Figura 5.24: Sinais de alinhamento “chevron” em divisa proporcionando boa visibilidade noturna.



Fonte : iRAP

redução de velocidade/barras ópticas de velocidade/barras transversais (figura 5.24).

- Marcadores retro refletivos de pavimento elevado (RRPMs). Geralmente usados em conjunto com marcação de linha pintada na pista, para alertar os motoristas sobre as mudanças no alinhamento da via que estão à frente.

Os sinais podem incluir sinais de alinhamento chevron (figura 5.25), sinais prévios de alerta (figuras 5.26 e 5.27) e placas com aviso do limite da velocidade. A sinalização pode ser aprimorada usando dispositivos maiores, faixas retro refletivas em placas de sinalização, placas altamente retro refletivas e fluorescentes, faróis intermitentes e sistemas de alerta dinâmico de curvas.

Figure 5.28 abaixo, mostra a aplicação em uma curva de alto risco, de um conjunto de intervenções para conter os riscos, na Malásia

Figura 5.25: Linhas transversais na entrada da curva na China.



Fonte : iRAP.

Figura 5.26: Sinal de alerta de curva e sinalização de velocidade.



Fonte : Banco Mundial.

- Sinalizações intermitentes em curvas

As intervenções em trechos específicos são um método para garantir a consistência da sinalização das curvas ao longo de um trecho da via. Cada curva é classificada com base em fatores de risco, fatores de risco, como velocidade de projeto (design speed), velocidade tangente (tangent speed), distâncias de visão (sight distances) etc. Uma vez identificado o risco da curva, são instaladas sinalizações e marcações destinadas a esta curva de acordo com a categoria de risco. Quanto maior a categoria de risco, mais intervenções por meio de instalações de alerta são realizadas. Para evitar confusão e manter a confiança e a adesão dos condutores, as correções devem ser aplicadas de forma consistente, sendo que curvas de categorias de risco semelhantes devem receber correções semelhantes. Uma vez que é aplicado ao longo de uma rota/rede, este método é consistente com o conceito de ‘vias autoexplicativas’.

Figura 5.27: Curva horizontal na base de um declive acentuado com sinal de aviso prévio.



Fonte : PIARC. 2003. *Road Safety Manual*, First edition.

Figura 5.29: Linha central larga com faixas medianas de vibração numa curva na Austrália.



Fonte : IRAP.

Pavimentos e contramedidas

As seguintes contramedidas podem ser aplicadas para melhorar a resistência à derrapagem no pavimento:

- Tratamentos de superfície de alto atrito (HFST),
- Ranhuras em pavimentos de concreto para aumentar o atrito e melhorar o escoamento de água,
- Fornecimento/correção de superelevação, e
- Alargamento nas curvas para permitir linha central ampla (figura 5.29)

As seguintes intervenções corretivas são aplicáveis aos acostamentos:

- Alargamento do acostamento para fornecer uma área destinadas a recuperação do controle pelos motoristas em caso de saída da via, especialmente no interior da curva;

Figura 5.28: Exemplo de melhoria de curva na Malásia.



Fonte : IRAP.

Figura 5.30: Borda de segurança. Depois de instalar a borda de segurança, o material não pavimentado adjacente à borda deve ser nivelado com o topo do pavimento.



Fonte : Fitzgerald, 2014

- Pavimentação de acostamentos para substituir acostamentos instáveis ou estreitos; e
- Borda de segurança – técnica que envolve moldar e consolidar a borda do pavimento em um fosso ou barreira de 300 (figura 5.30). A borda permite a recuperação controlada dos condutores após o desvio e também reduz a tendência do pavimento se separar ou desmoronar, melhorando assim a durabilidade da borda.

Sonorizadores (rumble strips) também podem ser instalados para alertar motoristas cansados, distraídos e desatentos ao sair de sua faixa de rodagem, frisando/cortando ranhuras ou colocando nervuras/saliências na via. Eles podem ser colocados nos acostamentos próximos à borda da faixa de rodagem (figura 5.31), na borda da faixa de rodagem alinhada com a marcação da linha de borda (figuras 5.32 e 5.33), ou perto da linha central de uma rodovia que não está dividida

Exemplos de sonorizadores

Figura 5.31: Faixa de vibração no acostamento.



Fonte : FHWA, 2015. Ficha técnica de implementação de faixas de proteção: pavimento. Acessado em https://safety.fhwa.dot.gov/roadway_dept/pavement/rumble_strips/media/RumbleStripFactSheet_Pavement/pavement_fs.cfm. 14/09/2021.

Figura 5.32: Linha de borda com nervuras.



Fonte : iRAP.

Figura 5.33: Faixas de vibração da linha de borda por fresamento de estrada.



Fonte : FHWA, 2015.

Figura 5.34: Faixas de vibração da linha central por fresamento de estrada.



Fonte : FHWA, 2015. Faixas de vibração da linha central por fresamento de estrada. Acessado EM https://safety.fhwa.dot.gov/roadway_dept/pavement/rumble_strips/media/RumbleStripGuide_Pavement/pavement_bpg.cfm. 14/09/2021.

Figura 5.35: Barreira de concreto em seção curva com sinais de alinhamento em forma de chevron.



Fonte : iRAP

Figura 5.36: Barreira semirrígida em curva horizontal no Nepal.



Fonte : GRSF

Figura 5.37: Barreira com cabos de aço na seção tangente.



Fonte : iRAP.

(figura 5.34). Eles podem ser criados frisando ranhuras na superfície da via ou adicionando marcações intermitentes nas bordas.

- Melhorias dos acostamentos (consulte a seção 5.7: Acostamentos).
- Provisão de barreiras. Os diferentes tipos de barreiras podem incluir barreiras de concreto (figura 5.35), guarda-corpos (figura 5.36) e barreiras por cabos de aço (figura 5.37) (ver seção 5.8, Barreiras).
- Fornecimento de zonas livres. Zonas livres (áreas desobstruídas e transitáveis além da borda da via), são úteis para fornecer campo de visão ao longo de curvas e de áreas de recuperação para veículos desgovernados. Objetos fixos, como postes ou árvores, não devem estar localizados na zona livre, especialmente nas proximidades de curvas horizontais (ver também a seção 5.7).

- Aplainamento de taludes/ribanceiras. O nivelamento das encostas na parte externa das curvas pode trazer benefícios significativos ao permitir a recuperação de um veículo que perde o controle do caminho a ser percorrido e passa por cima do acostamento. Como medida de redução de custos, o material escavado de outros locais pode ser usado para nivelar encostas. Para taludes/ribanceiras críticas, barreiras deverão ser instaladas (dependendo da altura da ribanceira).
- Delineamento de barreiras é particularmente útil durante a noite, pois não só dá a indicação de que a barreira está presente, mas também fornece informações sobre as condições de alinhamento da via.

Leitura adicional

- AASHTO. 2010. Highway Safety Manual. Importante ler: parte B, Roadway Safety Management Process.
- AASHTO. 2015. Roadside Design Guide. <https://downloads.transportation.org/RSDG-4-Errata.pdf>.
- Australian Road Safety Engineering Toolkit. <https://engtoolkit.com.au/default.asp?p=issue&i=15>.
- Commission européenne. Getting Initial Safety Design Principles Right. https://ec.europa.eu/transport/road_safety/specialist/knowledge/road/principes_de_conception_de_la_sécurité_initiale_fr. Importante ler.
- FHWA. 2016. Low Cost Treatments for Horizontal Curves. . Importante ler: capítulo 3, Marking, capítulo 5, Pavement countermeasures, and capítulo 6, Roadside improvement.
- FHWA. 2009. Manual on Uniform Traffic Control Devices (MUTCD). <http://mutcd.fhwa.dot.gov/pdfs/2009/part3.pdf>. Importante ler: capítulo 3, Marking.
- iRAP Toolkit. <http://toolkit.irap.org/default.asp?page=traitement&id=23>.
- PIARC 2008. Human Factors Guidelines for Safer Road Infrastructure. <https://www.piarc.org/en/order-library/6159-en-Human%20factors%20guidelines%20for%20safer%20road%20infrastructure>.
- PIARC 2019. *Road Safety Manual*. Accessible à l'adresse <https://roadsafety.piarc.org/en>. Importante ler: capítulo 8, Design for road users, characteristics, and compliance.

- Banco Mundial. 2005. Sustainable safe road design: A practical manual. Importante ler: Sustainable safe road design: cross section.
- Safety Edge. https://safety.fhwa.dot.gov/roadway_dept/pavement/safedge/brochure/.
- TRL et Department for International Development. 2001. Horizontal curves, highway design note 2/01, TRL Ltd, Crowthorne, UK. <https://www.yumpu.com/en/document/read/32357056/horizontal-curves-transport-for-development>.
- Transport Research Laboratory. 2001. Combination of Horizontal and Vertical Curvature. <http://www.rhd.gov.bd/Documents/ExternalPublications/Trl/Combination%20of%20horizontal-vertical%20curves%20DFS.pdf>.

5.4. Superelevação e inclinação transversal (camber/crossfall)

Descrição geral

Em trechos retos da via a superfície costuma ser coroada no meio para que os motoristas se afastem naturalmente do tráfego oposto. A quantidade de coroamento é normalmente entre 2 e 3 por cento, e seu valor é influenciado principalmente pela capacidade da superfície de escoar água em curvas horizontais a superelevação é a inclinação transversal (Cross Slope, Camber ou Crossfall) fornecida perpendicularmente à direção do deslocamento para neutralizar a força centrífuga gerada pela velocidade em um movimento circular.

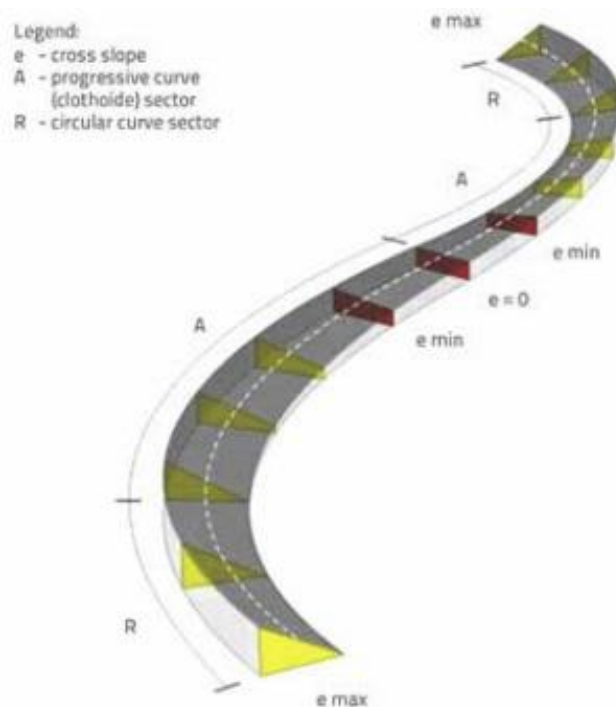
É aplicado elevando a borda externa do pavimento em relação à borda interna ao longo de toda a extensão da curva horizontal (figura 5.38). Geralmente é aplicado ao longo de uma curva circular para reduzir a demanda do atrito lateral entre os pneus e a superfície da via e para aumentar o conforto. O valor da superelevação é geralmente selecionado pelos projetistas para ser consistente com a combinação da velocidade do projeto

Figura 5.38: Exemplo de superelevação na curva.

Fonte : TRL Limited. 2003. CaSE Highway Design Note 2, Horizontal Curves.

o raio da curva e a política da autoridade rodoviária sobre a superelevação máxima. Uma curva de transição inserida entre a curva tangente e a curva circular pode ser usada para remover a inclinação transversal adversa (curvatura adversa) criada pelo coroamento da via e introduzir uma superelevação (figura 5.39).

Nas vias urbanas, os valores de superelevação máxima são geralmente de 4 ou 6 por cento. Isto porque é desejável que a seção transversal das ruas urbanas esteja o mais próximo possível do nível natural do solo para apoiar o fácil acesso às propriedades adjacentes à via. Também facilita a drenagem da água das propriedades vizinhas. Além disso, valores elevados de superelevação em áreas urbanas exigiriam distâncias de 100 m ou mais no desenvolvimento da superelevação, o que dificultaria a obtenção de interseções pouco espaçadas.

Figura 5.39: Duas curvas de transição opostas consecutivas.

Fonte : Alina Burlacu, Carmen Răcănel et Adrian Burlacu. 2018. Preventing aquaplaning phenomenon through technical solutions. *Gradevinar* 12/2018.

Nas vias rurais, as taxas de superelevação situam-se normalmente entre 6 a 10 por cento, com um máximo de 12 por cento, devido em parte a problemas na construção e também à estabilidade dos veículos pesados, em particular aqueles com um centro de gravidade elevado. Isto é particularmente relevante em subidas íngremes onde os caminhões não conseguem gerar força centrífuga suficiente para contrabalançar a superelevação, criando assim um desequilíbrio. Quando há condições de gelo, a superelevação máxima é normalmente limitada a 8%.

Para vias de cascalho, uma superelevação máxima comumente aceita é de aproximadamente 6%. Se for maior que isso pode ser perigoso, especialmente onde a neve e o gelo podem tornar as vias escorregadias. Uma superelevação mais elevada também tende a fazer com que os agregados migrem para a parte inferior da encosta ou para o interior da curva. Para obter mais detalhes, devem ser consultadas as referências dos projetos listadas abaixo ou os códigos de referência para projeto dos países.

Implicações para a segurança

- Se a via não for superelevada, a força centrífuga tende a empurrar o veículo para fora da curva. Em altas velocidades, a tarefa de dirigir será desconfortável e mais exigente. Como resultado, os veículos podem tornar-se menos estáveis, perder tração e derrapar, devido à força de atrito insuficiente entre o pneu e a via para contrabalançar a força centrífuga ou tombar lateralmente se o centro de gravidade for elevado. Os veículos fora das curvas são mais propensos a sofrer colisões run-off-the-road, resultando em colisões com outros usuários da estrada ou objetos nos acostamentos externos, ou ainda em capotamento.
- A falta de superelevação também incentiva os motoristas a usarem o centro da via ou a faixa interna, independentemente da direção da viagem, o que aumenta a probabilidade de colisões frontais, especialmente em vias de mão dupla e de duas pistas.
- Como a superelevação também auxilia na drenagem da água, uma superelevação muito baixa é mais suscetível a defeitos superficiais que podem resultar em água parada na faixa de rodagem, o que aumenta o risco de perda de atrito dos pneus do veículo com o pavimento. A película de água desenvolvida durante e após as chuvas aumenta o risco de hidroplanagem/ aquaplanagem. A água parada também pode resultar em danos ao pavimento e perda da forma a longo prazo, o que representa um risco adicional à segurança. Uma curva com uma superfície revestida com um pavimento desgastado ou liso que oferece pouca resistência à derrapagem, apresenta maior probabilidade de colisão, especialmente quando estão molhadas.
- A mudança na superelevação, também conhecida como capotamento (roll-over), de um lado para o outro da estrada ou entre retas e curvas, ocorrem em áreas nas quais a superfície da via não tem qualquer camber ou crossfall. É importante que estas áreas não coincidam com gradientes longitudinais muito rasos, ou a água irá simplesmente acumular-se e formar-se-ão lagoas.

- A superelevação inadequada representa maiores riscos à segurança dos motociclistas, devido à menor estabilidade do veículo, ou seja, apenas dois pontos de contato com a via. Na ausência de superelevação, os motociclistas confiam totalmente na aderência dos pneus para permanecerem na via.
- Uma superelevação muito alta, resultará na possibilidade de veículos lentos deslizarem lateralmente ou, em casos extremos, capotarem. Foi observado que uma superelevação de 12% pode fazer com que caminhões com cargas altas percam suas cargas ou tombem completamente ao tentar fazer uma curva em baixa velocidade.⁶⁶

Boas práticas de projeto/ intervenções/ soluções

- Onde o raio de uma curva for menor que o mínimo especificado para cada velocidade planejada no projeto, a introdução de superelevação e alargamento de curva minimizará a intrusão de veículos nas faixas adjacentes e incentivará a uniformidade de velocidade, aumentando assim a segurança dos veículos nas curvas. Esta consistência é alcançada usando fatores de atrito lateral minimamente aceitáveis entre os pneus de um veículo na velocidade projetada e a superfície da via. Os fatores de atrito aceitáveis variam de 0,15 para 100 km/h a 0,33 para 50 km/h.
- A relação entre a demanda de atrito lateral e a velocidade não é linear, e as diretrizes relevantes devem ser consultadas para obter os valores apropriados e as equações devem ser ajustadas localmente.^{67, 68, 69}
- Ao fazer um design visando que este resulte em uma demanda de atrito lateral entre 50 e 60 por cento do máximo, um fator de segurança é incorporado ao processo que permite uma margem de erro na escolha da velocidade de negociação do motorista. Isto significa que um condutor que viaja mais rápido do que o definido para uma determinada curva sentir-se-á cada vez mais desconfortável, muito antes de a exigência de atrito lateral exceder a disponível e perder a tração. Este desconforto desencadeia a resposta natural do condutor para desacelerar.

⁶⁶ Wolhuter, K. M. 2015. Geometric design of roads handbook. CRC Press.

⁶⁷ Austroads. 2009. Guide to Road Design Part 3: Geometric Design.

⁶⁸ AASHTO. 2018. Policy on geometric design of highways and streets (chapter 3). American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC.

⁶⁹ New Zealand Transport Agency. 2000. State Highway Geometric Design Manual (chapters 2 and 4).

- Em vias principais com deficiência de superelevação, é desejável reconstruir a faixa externa em torno das curvas para fornecer uma superelevação adequada às velocidades de operação. Foi relatado que melhorar a superelevação pode reduzir o número de sinistros entre 5 e 10 por cento.⁷⁰ Também é importante garantir que haja uma transição suave entre as seções transversais coroadas e superelevadas em cada extremidade da curva.
- As condições de drenagem devem ser verificadas visando garantir que as combinações dos declives ao longo e através da via são adequadas para remover a água de potenciais áreas planas nas quais a água pode ficar estagnada, causando o risco potencial de aquaplanagem. Soluções técnicas, incluindo calhas transversais, inclinações diagonais e ranhuras superficiais, podem ser aplicadas para evitar a aquaplanagem em curvas opostas consecutivas onde o alinhamento vertical não ajuda na drenagem das águas pluviais da faixa de rodagem.⁷¹ O desenho das curvas deve ser verificado quanto à consistência, com o valor selecionado de superelevação máxima aplicado de forma consistente em uma base regional. Isto garantirá que não haja variações nas taxas de superelevação para curvas de raio igual. É amplamente aceito que os motoristas selecionam suas velocidades de aproximação às curvas com base no raio que veem, e não no grau de superelevação fornecido. Por esta razão, uma falta de consistência no que diz respeito à superelevação levaria quase certamente a diferenças na exigência de atrito lateral com possíveis consequências críticas.
- Ao aplicar a superelevação relativa ao valor máximo, o condutor experimentará um nível consistente de conforto ao percorrer uma curva superelevada.
- Se uma deficiência de superelevação não puder ser resolvida de forma razoável ou imediata, outras medidas de segurança poderão ser consideradas, incluindo:
 - Sinais de aviso antecipado para alertar os motoristas sobre uma curva fechada logo à frente e uma indicação da velocidade reduzida necessária para fazer a curva com segurança;
 - Marcações rodoviárias, sinais e postes para chamar a atenção do motorista para a curva;
 - Fornecimento de áreas livres de perigos e acostamentos para fornecer uma área de recuperação segura;
 - Melhorar o atrito superficial da pista externa; e
 - Erguer barreiras de segurança ou projetar zonas livres ao redor da parte externa da curva (ver seção 5.8).
- As curvas em ruas residenciais e as áreas edificadas muitas vezes não possuem superelevação devido à suposição de velocidades mais baixas. Nessas áreas, a gestão da velocidade e a moderação da velocidade do tráfego, em vez da configuração da superfície da via, são normalmente uma solução mais apropriada para reduzir os riscos adicionais criados pelos veículos que circulam em altas velocidades.
- As chuvas após um longo período de seca reduzem o atrito lateral, especialmente em áreas nas quais a superfície está poluída por derramamentos de óleo, borracha e outros detritos. Quando houver probabilidade de ocorrência de qualquer uma dessas circunstâncias, recomenda-se um valor menor de superelevação máxima no projeto.

Leitura adicional

- AASHTO. 2018. Policy on geometric design of highways and streets (capítulo 3). American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC.
- Austroads. 2009. Guide to Road Design Part 3: Geometric Design.
- Aram, A. 2010. Effective safety factors on horizontal curves of two-lane highways. *Journal of Applied Sciences (Faisalabad)*, 10(22), 2814-2822.
- Alina Burlacu, Carmen Răcănel et Adrian Burlacu. 2018. Preventing aquaplaning phenomenon through technical solutions. *Grădevinar* 12/2018. Acessado em <http://casopis-gradjevinar.hr/assets/Uploads/JCE-70-2018-12-4-1578-EN.pdf>.

⁷⁰ Zegeer, C. V. et Council, F. M. 1995. Safety relationships associated with cross-sectional roadway elements, *Transportation Research Record Issue* : 1512.

⁷¹ Alina Burlacu, Carmen Răcănel et Adrian Burlacu. 2018. Preventing aquaplaning phenomenon through technical solutions. *Grădevinar* 12/2018. Accessible à l'adresse <http://casopis-gradjevinar.hr/assets/Uploads/JCE-70-2018-12-4-1578-EN.pdf>.

- New Zealand Transport Agency. 2000. State Highway Geometric Design Manual (capítulos 2 e 4).
- TRL Limited. 2003. CaSE Highway Design Note 2, Horizontal Curves. Acessado em <https://www.gov.uk/research-for-development-outputs/case-note-2-horizontal-curves>.

5.5. Curvatura vertical e gradiente

Descrição geral

O alinhamento vertical envolve a inclinação da via (a taxa de mudança da elevação vertical) e as curvas verticais (ou seja, cristas e depressões). Seu projeto é um derivado da interação entre os critérios destinados ao campo visual, a topografia da via e a necessidade do projetista de atender metas auxiliares (por exemplo, equilibrar a escavação e as quantidades de aterro) como importantes fatores de segurança das vias.

A maioria dos automóveis de passageiros pode facilmente transpor rampas íngremes de até 4 a 5 por cento sem uma perda significativa da velocidade, ou seja, abaixo daquela que é mantida normalmente em vias niveladas.

Figura 5.40: Redução do campo de visão em uma curva vertical côncava (crest vertical curve).



Fonte : Federal Highway Administration. 2007. Mitigation Strategies for Design Exceptions, US. <https://safety.fhwa.dot.gov/geometric/pubs/mitigationstrategies/>.

Em subidas mais íngremes as velocidades diminuem progressivamente com o aumento da inclinação. Especificamente, os diferenciais de velocidade entre automóveis de passageiros e veículos pesados devem ser considerados ao realizar uma análise da segurança da via. Nas descidas, as velocidades dos automóveis de passageiros são geralmente mais elevadas do que nas seções planas e há aumentos nas distâncias para frenagem, porém as condições locais prevalecem.⁷²

A severidade ou nitidez das curvas verticais é geralmente referida em termos de raio (arco circular) ou “valor K” (parábola). O Austroads Guide to Road Design Part 3 (2016)⁷³ fornece informações abrangentes sobre o traçado e o cálculo de perfis verticais (alinhamentos) usando curvas parabólicas.

Para a combinação de alinhamento horizontal e vertical, consulte a seção 5.3 sobre Curvatura Horizontal.

Implicações para a segurança

- O alinhamento vertical influencia a distância do alcance do campo de visão do condutor (figuras 5.40 a 5.42). As curvas verticais nos cumes das colinas podem limitar o campo de visão, restringindo o alcance da visão do motorista.

Figura 5.41: Redução do campo de visão em uma curva vertical convexa (sag vertical curve).

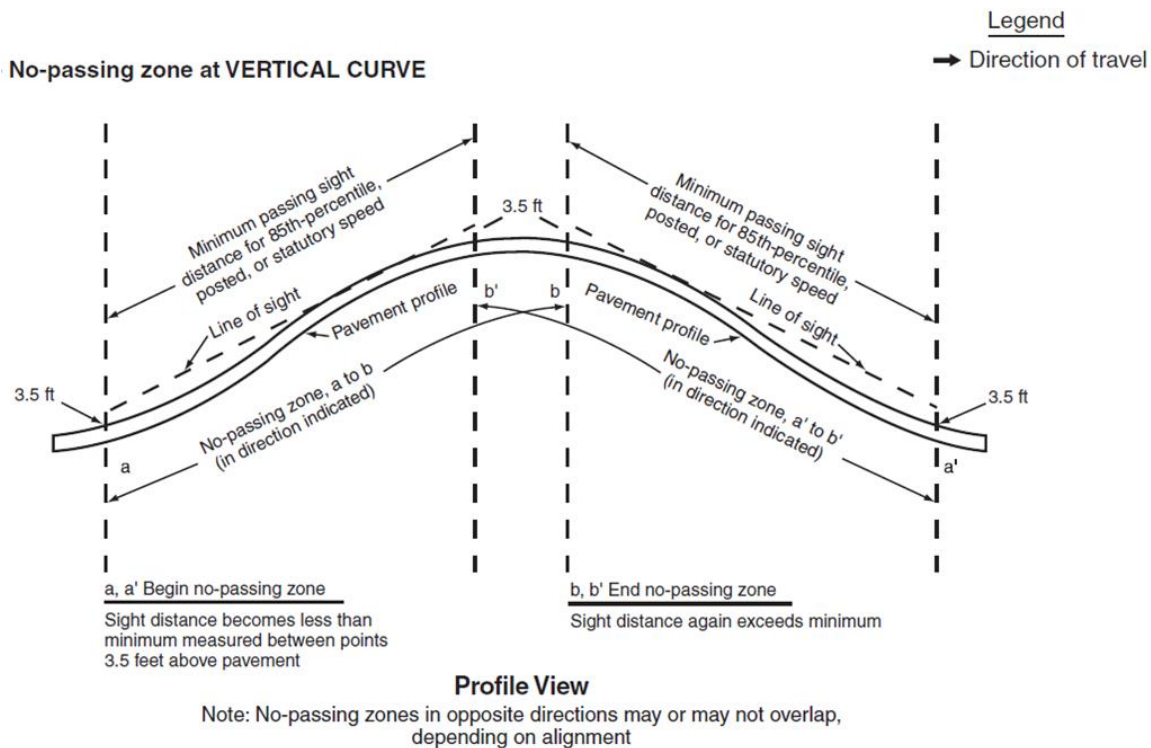


Fonte : FHWA, 2007.

⁷² AASHTO. 2018. A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 7th edition.

⁷³ Austroads. 2016. Guide to Road Design Part 3: Geometric Design, section 8, and Appendix K.

Figura 5.42: Efeito das curvas verticais cômegas campo de visão.



Fonte : Federal Highway Administration. 2012. Manual on Uniform Traffic Control Device 2009 edition with Revision Numbers 1 and 2 incorporated, dated May 2012, US

- A frequência de colisão em curvas localizadas nos cumes das colinas nos quais o campo de visão é reduzido é 52 por cento maior do que nas curvas sem redução do campo de visão⁷⁴ (ver seção 3.3 sobre Distância de visibilidade).
- As ultrapassagens serão de maior risco neste local sem faixas auxiliares (ou seja, faixa de subida ou de ultrapassagem), especialmente em vias rurais.
- Declives acentuados podem aumentar a velocidade do veículo em até 5%; portanto, os motoristas de veículos grandes podem optar por descer ladeiras em velocidades mais lentas, para manter um melhor controle de seus veículos.
- Descidas longas e íngremes podem resultar em perda de controle dos veículos, especialmente se presentes antes da curvatura horizontal para realizar ações corretivas repentinas. Quanto maior for o grau de inclinação do declive, maior será o risco de sinistro. O risco de colisão aumenta mais rapidamente em inclinações superiores a 6%, à medida em que as velocidades dos veículos se tornam mais difíceis de controlar⁷⁵
- O aumento das distâncias para frenagem e a possibilidade dos freios dos veículos pesados sofrerem superaquecimento devem ser preocupantes, porque

podem levar à falha do funcionamento dos freios.

- A frequência e a gravidade dos sinistros são maiores em descidas do que em subidas, com um elevado envolvimento de veículos pesados.
- Outros tipos de veículos, como carros compactos e veículos recreativos, podem ter diferentes perdas de velocidade e de movimentos em alinhamentos verticais.

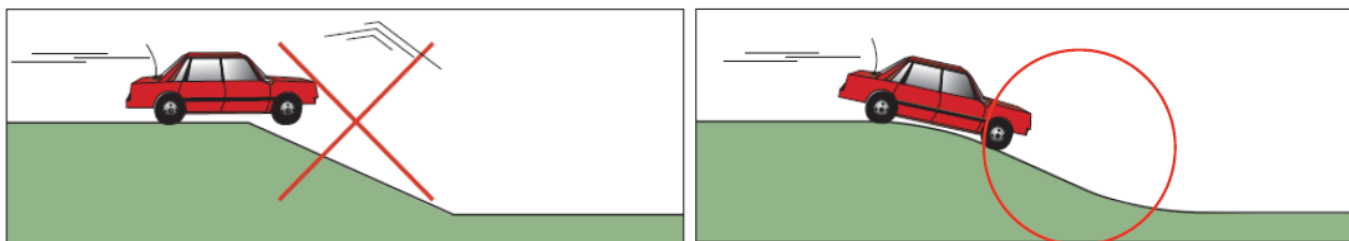
Boas práticas de projeto/ intervenções/ soluções

- Na questão de declives, o projetista deve evitar uma combinação de características que aumentam a probabilidade de haver necessidade da realização de manobras difíceis incluindo os cruzamentos, outras

⁷⁴ Olson, P. L., Cleveland, D. E., Fancher, P. S., Kostyniuk, L. P. et Schneider, L.W. 1984. Parameters affecting stopping sight distance, NCHRP Report 270, Transportation Research Board.

⁷⁵ Federal Highway Administration (Administration fédérale des autoroutes). 2000. Prediction of the expected safety performance of rural two-lane highways, US. FHWA-RD-99-207.

Figura 5.43: Suavização de inclinações/desníveis na via



Fonte : PIARC, 2003.

Figura 5.44: Rampa de escape (em construção) na China.

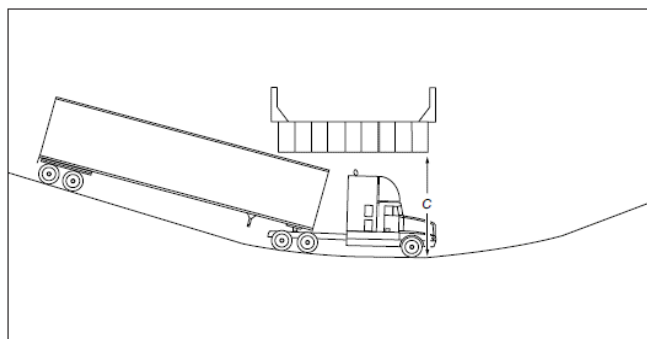


Fonte : © John Barrell.

interseções (ferrovia, faixa de pedestres, ciclovias, etc.), curvas horizontais acentuadas, estruturas estreitas e a não provisão de proteção.

- As ultrapassagens devem ser proibidas para evitar colisões frontais, preferencialmente por separação física entre sentidos opostos de viagem.
- Encostas laterais íngremes devem ser evitadas. A inclinação máxima que pode ser percorrida por veículos desgovernados é da ordem de 1:3 a 1:4. Idealmente, para acomodar veículos maiores e manter o centro de gravidade elevado, essas inclinações devem estar na região de 1:6 a 1:106. O ângulo entre o acostamento/declive e o declive/terreno adjacente também deve ser suavizado no nível da superfície ⁷⁶ (figura 5.43).
- Nas descidas de encostas íngremes, pode ser disponibilizada uma faixa curta auxiliar para ultrapassagem, ou “saída lenta do veículo”. Se essa faixa auxiliar não estiver disponível, as operações podem ser reduzidas para os veículos que se movem mais rapidamente vindos atrás, criando um risco aumentado de colisões traseiras e de manobras de ultrapassagem arriscadas.

Figura 5.45: Folga vertical em travessias subterrâneas.



Fonte : AASHTO, 2018. A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 7th edition.

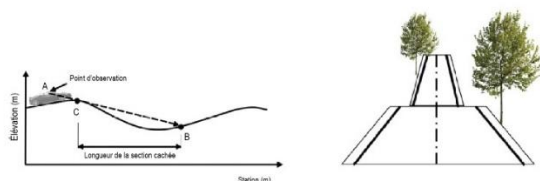
- Aumentar a superelevação em curvas horizontais que coincidem com descidas acentuadas melhora a estabilidade do veículo pesado durante a frenagem.⁷⁷
- É aconselhável aumentar os raios na parte inferior das descidas acentuadas, uma vez que estas curvas são muitas vezes mal interpretadas pelos condutores e a distorção visual leva à condução em velocidade excessiva (overdriving).⁷⁸
- Na descida de encostas íngremes, deve haver rampas de escape ou de fuga em caso de falha do freio (figura 5.44).
- As curvas verticais de sag (sag vertical curves) localizadas em passagens subterrâneas devem ser projetadas para fornecer espaço vertical suficiente para que a passagem do maior veículo legalmente permitido possa usar a travessia subterrânea sem a necessidade de uma licença. Um reboque de trator precisará de uma curva vertical com a curvatura mais longa do que um caminhão de unidade única, para evitar que o reboque bata na estrutura superior (ver figura 5.45).

⁷⁶ PIARC. 2003. Road Safety Manual, First edition.

⁷⁷ Austroads Guide to Road Design. 2016. Partie 3, section 7.6.1.

⁷⁸ Austroads Guide to Road Design. 2016. Partie 3, section 7.6.1.

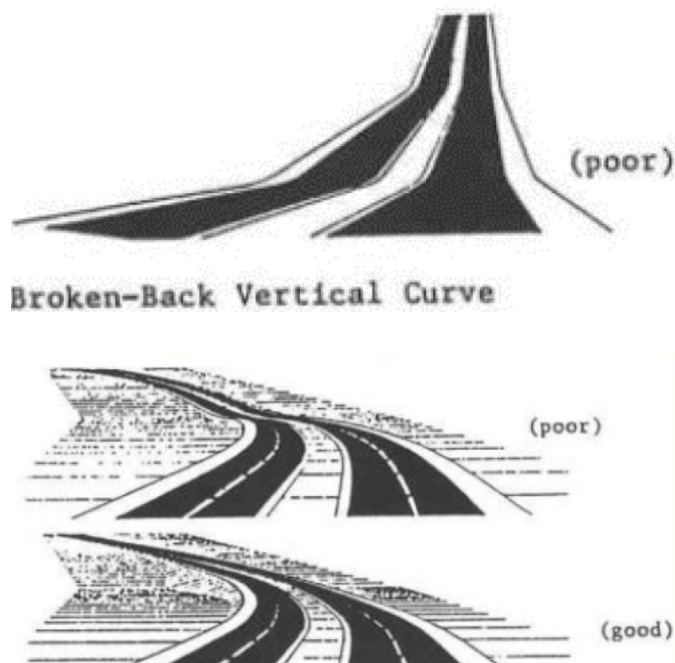
Figura 5.46: Esquerda: Declive oculto - “Montanha russa” – perfil vertical da via; Direita: Vista 3D frontal da via.



Fonte : González-G. et Castro, 2019.

- O índice aplicado para mudança de inclinação é crítico para curvas em declives, nas quais as forças gravitacionais e verticais atuam em direções opostas. O tipo de perfil de declive oculto (montanha-russa) deve ser evitado. Tais perfis podem ocorrer em alinhamento horizontal relativamente reto no qual o perfil da via segue de perto o gradiente natural do solo. Declives ocultos podem criar dificuldades para os motoristas, porque o motorista pode ser enganado ao passar por ele, se a visão da via ou rua além do declive estiver livre de veículos que vêm da direção oposta, mesmo com declives rasos.⁷⁹ (ver figura 5.46).
- A quebra da linha do gradiente do declive (broken-back gradient line) - duas curvas verticais na mesma direção separadas por uma pequena seção tangenciada do declive - geralmente deve ser evitada. Este efeito é particularmente perceptível nas vias divididas por seções centrais abertas (ver figura 5.47).
- É necessária uma inclinação mínima de 0,5 por cento (0,3 por cento para bordas externas da via) para uma drenagem adequada em curvas verticais de sag para evitar problemas relacionados a alagamentos. Contudo, pode ser necessário utilizar gradientes mais planos em alguns casos ⁸⁰ (ver seção 5.11 sobre Drenagem).

Figura 5.47: Efeito das “curvas verticais com quebra da linha do gradiente do declive



Fonte : Bob L. Smith et Ruediger Lamm. 1994. Coordination of Horizontal and Vertical Alignment with Regard to Highway Esthetics.

Sinalização vertical e horizontal

É pouco provável que a segurança seja afetada pela limitação do campo de visão disponível para o motorista parar o veículo, porém melhorar a limitação da visibilidade em locais nos quais outros veículos possam estar reduzindo a velocidade ou parando pode ser extremamente importante para a segurança.⁸¹

- Outras melhorias que podem ser feitas são a remoção de objetos que limitam o campo de visão, bem como o aumento das áreas para evitar sinistros através do alargamento da faixa ou do acostamento.
- A velocidade da entrada de um veículo em uma curva vertical deve ser controlada. Nas curvas verticais, a velocidade máxima projetada difere da velocidade projetada para vias planas, devido às diferenças do tamanho do campo de visão que também são afetadas por combinações de outras características, incluindo curvatura horizontal, largura da pista etc. O controle de velocidade para veículos em transição entre uma via plana e uma curva vertical deve ser implementado.

⁷⁹ González-G., Iglesias et Rodríguez S. Castro. 2019. Framework for 3D Point Cloud Modelling Aimed at Road Sight Distance Estimations, Remote Sensing, 11. 2730. 10.3390/rs11232730.

⁸⁰ Federal Highway Administration. 2007. Mitigation Strategies for Design Exceptions (archivé), US.

⁸¹ PIARC. 2019. Road Safety Manual. Accessible à l'adresse <https://roadsafety.piarc.org/en>.

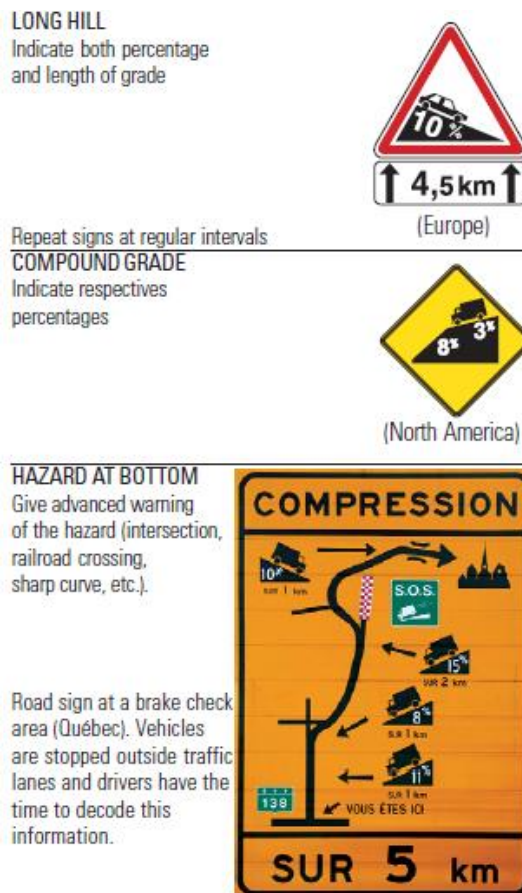
Figura 5.48: Um sinal de alerta de declive acentuado ao longo de uma via que aparenta ser menor visto à distância.



Fonte : FHWA, 2007

- Os sinais podem ser usados para avisar antecipadamente aos condutores que eles se aproximam de um declive íngreme (figuras 5.48 e 5.49). A sinalização ajuda os motoristas a ajustarem seu comportamento para lidar com perigos e a tomar decisões sobre o risco do qual que se aproximam. É improvável que o uso de placas de advertência antecipada como medida isolada atenuar suficientemente uma exceção de projeto para o nível, mas pode ser um componente eficaz de uma abordagem mais abrangente.
- Sinais mal concebidos/sem manutenção/mal localizados devem ser reinstalados. Sinais com retro refletividade são considerações importantes, e sua utilização é indicada para alertar os motoristas a noite e quando molhadas. A manutenção da sinalização pode ser problemática; os sinais podem ser roubados e quebrados em algumas áreas (figura 5.50).
- Apenas colocar sinais de alerta pode não atrair a atenção dos condutores. Nesse caso, recursos físicos (por exemplo, postes de amarração flexíveis) podem ser usados para evitar colisões, ao proibirem ultrapassagens e ao forçar reduções na velocidade do veículo.
- Para aumentar a distância para frenagem em descidas, os sinais podem indicar uma velocidade mais baixa e ainda que é necessária a redução para uma marcha mais baixa.

Figura 5.49: Exemplos de alerta antecipado de um declive acentuado mais à frente



Fonte : FHWA, 2007.

Figura 5.50: Placas quebradas e sem manutenção na Índia.



Fonte : Lokesh, T., Thejarathnam, T., Reddysaddam, P. et al. 2014. Road Safety Audit—Section Bhakarapet KM 77/4—Rangampet KM 93/6, India. <https://www.slideshare.net/lokeshthondamanati/batch-3>.

Melhoria das vias – barreiras

- Quando os locais têm pouca visibilidade, declives acentuados, diferenças de nível etc, é provável que a velocidade do veículo seja mais lenta, e as ultrapassagens devem ser proibidas.
- Além disso, os postes flexíveis também podem ser aplicados onde houver necessidade de disciplinar a faixa de rodagem e de controlar o tráfego. (figuras 5.51 e 5.52).
- Postes e cones flexíveis também contribuem para melhorar a visibilidade do canteiro central devido às diferenças de nível. O tratamento para visibilidade deve ser feito, mesmo que outros tratamentos verticais sejam mais caros.
- Além disso, postes/cones flexíveis também podem ser aplicados, em locais nos quais há necessidade da obediência do espaço da faixa, juntamente com desaceleração do tráfego.
- Os postes flexíveis são uma solução rápida e fácil, mas podem resultar num elevado custo de manutenção se forem atingidos repetidamente e necessitarem de substituição. Nestas circunstâncias, um tratamento mais robusto e substancial pode ser mais apropriado (barreira ou canteiro central).
- Em um declive, no qual há uma queda significativa no limite de velocidade, intervenções para controlar a velocidade podem ser usados. As intervenções no controle da velocidade incluem uma combinação de sinais proeminentes, demarcações na pista e medidas para a desaceleração do tráfego, por exemplo, plataformas elevadas ou pavimentos coloridos que tornem clara a

Figura 5.51: Colocação de cones flexíveis em curvas com campo de visão limitado.



Fonte : © Kazuyuki Neki/GRSF/ Banco Mundial.

mudança no tipo de pavimento da via (ver seção 3.2 sobre Cumprimento de velocidade e desaceleração do tráfego)

Modificações no terreno

- A modificação de um alinhamento vertical é muitas vezes muito caro e pode ter impactos significativos na utilização da terra adjacente. É muito melhor projetar corretamente o traçado da via bem antes de ela ser construída, do que a reconstruir. A reconstrução de uma curva vertical no topo de uma colina deve ser implementada quando o topo da colina esconde perigos importantes da vista, tais como cruzamentos, curvas horizontais acentuadas ou estreitas (ver figura 5.53).
- Perfis do tipo “montanha-russa” ou “mergulho oculto” devem ser evitados por meio do uso de curvas horizontais ou por declives mais graduais.
- O alargamento da via (seja por meio de acostamentos mais largos ou de uma faixa de ultrapassagem) sobre o topo de uma colina, com campo de visão inferior ao adequado, pode ser uma contramedida eficaz em vez do achatamento do topo da colina. Descidas longas e íngremes podem resultar em veículos pesados viajando em velocidades lentas para evitar perda de controle na rampa. Veículos lentos deste tipo podem impedir a manutenção da velocidade de outros veículos. Faixas auxiliares podem ser construídas para lidar com esse risco. Elas podem ser construídas em subidas e descidas

Figura 5.52: Postes flexíveis que melhoram a visibilidade do canteiro central na interseção.



Fonte : © Kazuyuki Neki/GRSF/ Banco Mundial.

Figura 5.53: Modificação de alinhamento para eliminar uma curva acentuada na parte inferior de um declive acentuado.



Fonte : PIARC, 2003.

para permitir manobras de ultrapassagem dos veículos mais lentos com segurança e reduzir sinistros entre 5% e 15%. (ver seção 5.6 sobre Faixas para ultrapassagem). Dado que as faixas auxiliares incentivam manobras de ultrapassagem em velocidades relativamente elevadas, incompatíveis com as velocidades mais lentas dos veículos que entram e saem da via, essas faixas não devem ser localizadas em cruzamentos ou em outros pontos de acesso.

- Dado que os problemas na segurança em rampas envolvem principalmente veículos pesados, quando a configuração da rede rodoviária permitir, podem ser consideradas soluções destinadas a limitar a sua presença em locais de alto risco (vias dedicadas a veículos pesados).

Leitura adicional

- FHWA. 2009. The Manual on Uniform Traffic Control Devices. Importante ler: capítulo 2, Signs and chapter 3, Markings.

- FHWA. 2007. Mitigation Strategies for Design Exceptions (archivé). Importante ler: capítulo 3, Controlling criteria.
- PIARC 2019. *Road Safety Manual*. Accessed at <https://roadsafety.piarc.org/en>.
- FHWA. 2003. Geometric Design Consistency on High-Speed Rural Two-Lane Roadways (NCHRP 502). Importante ler: Interpretation, appraisal, and applications.
- AASHTO. 2018. A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 7e édition. Importante ler: capítulo 3, Elements of design.
- FHWA. 2016. Highway Capacity Manual: A Guide for Multimodal Mobility Analysis, Sixth edition. Importante ler: capítulo 16, Urban street facilities.
- PIARC 2003. *Road Safety Manual*, First edition. Importante ler: capítulo 8, Design for road users, characteristics, and compliance.

5.6. Faixas de ultrapassagem

Descrição geral

Uma faixa de passagem/ultrapassagem (passing lane) é uma faixa adicional, construída em uma via convencional com faixa única e de mão dupla, que visa oferecer oportunidades seguras de passagem/ultrapassagem e melhorar as operações gerais do tráfego, eliminando congestionamentos no trânsito e atrasos (figura 5.54).

Figura 5.54: Exemplo de faixa de ultrapassagem.



Fonte : iRAP.

As faixas de ultrapassagem reduzem o risco de colisões frontais, sinistros decorrentes da mudança de faixa/deslizamento lateral e sinistros ao sair da estrada, resultantes de ultrapassagens inseguras devido as oportunidades de ultrapassagem insuficientes. Oportunidades inadequadas de ultrapassagem em rodovias com duas pistas e de mão dupla, é talvez devido ao efeito combinado de altos volumes de tráfego que contêm uma alta porcentagem de caminhões ou veículos lentos, incluindo máquinas agrícolas, carroças puxadas por animais e animais em ambas as direções, e restrições de distância visual. As filas e a frustração podem encorajar os condutores a realizar manobras de ultrapassagem perigosas, tais como em intervalos curtos entre o tráfego oposto, ou em um trecho de via com campo de visão inadequado, fatos que podem resultar em um sinistro. Em trechos íngremes os motoristas podem não avaliar corretamente o tempo e a distância necessários para ultrapassar, devido à alteração da aceleração dos veículos. A construção de uma faixa de ultrapassagem serve, portanto, para fornecer um espaço seguro para ultrapassagem e, ao mesmo tempo, melhorar o fluxo geral do tráfego ao longo da via.

Existem vários tipos de faixas, incluindo faixas de passagem/ultrapassagem em terreno plano ou ondulado, faixas de subida, faixas de descida e faixas para veículos lentos (turn-outs). As faixas de ultrapassagem geralmente são instaladas apenas em vias arteriais rurais de alta velocidade. Faixas de subida são fornecidas em subidas íngremes para reduzir o atraso e a frustração dos motoristas e para melhorar a segurança. As faixas de descida são fornecidas por motivos semelhantes às faixas de subida, mas em descidas íngremes (uma vez que os veículos pesados estão limitados a velocidades mais lentas, mesmo na descida). As saídas para veículos lentos são faixas de ultrapassagem curtas (podem ser uma pequena seção de acostamento pavimentado ou uma faixa adicional) que permitem que veículos lentos parem e sejam ultrapassados. As saídas lentas de veículos são mais apropriadas em áreas com baixos volumes de tráfego ou onde os custos de construção em terrenos acidentados ou montanhosos seriam elevados.

As faixas de ultrapassagem são melhor organizadas em pares, com uma seção de faixa de ultrapassagem para cada sentido de viagem. Assim sendo, os projetistas podem escolher entre uma variedade de configurações, incluindo faixas de ultrapassagem separadas, faixas de ultrapassagem adjacentes, faixas de ultrapassagem sobrepostas e seções de quatro faixas lado a lado/curtas. A escolha da configuração e da localização das faixas adicionais dependerá das necessidades e restrições locais

específicas. A eficácia funcional das faixas de ultrapassagem dependerá do comprimento do trecho destinados a ultrapassagem e da distância ao longo de um corredor entre as seções de ultrapassagem.

Implicações para a segurança

A construção de faixas para ultrapassagem resulta em condições operacionais mais seguras, percepção de segurança pelos motoristas, e reduções históricas de sinistros.⁸² Estudos indicam que os sinistros com ferimentos após a construção de uma faixa para ultrapassagem ocorrem provavelmente entre 20 e 40 por cento a menos do que se ela não tivesse sido construída. A extensão para a qual a redução de sinistros se aplica, no entanto, varia entre ser específica para a faixa de passagem em si, para a faixa de ultrapassagem e para as estradas imediatamente adjacentes, ou para um percurso inteiro.

No entanto, se não forem bem concebidas, construídas e mantidas, as faixas para ultrapassagem podem representar alguns riscos para a segurança. Algumas dessas deficiências e riscos na segurança são descritos abaixo:

- Distância de visão limitada nos pontos iniciais e finais das faixas de ultrapassagem. Isso é particularmente perigoso em seções de convergência implementadas ao longo ou perto de curvas horizontais ou verticais com distância de visão limitada para os motoristas ao longo da faixa de ultrapassagem. Essa distância de visão deve ser fornecida às marcações da via para que os motoristas possam ver com precisão onde começam e terminam os afunilamentos da pista e do acostamento, associados ao fim da faixa de ultrapassagem.
- Vias com faixas de passagem localizadas próximas a cidades, cruzamentos principais, ou vias com elevado volume de acesso, podem resultar em colisões devido a interação entre os veículos com os movimentos de conversão e o dos usuários da estrada. É importante notar que as velocidades dos veículos são influenciadas pelo comportamento dos motoristas percorrendo uma distância significativa após a faixa de rodagem, sendo que eles, ao fazerem a ultrapassagem, também desejam se distanciar do veículo ultrapassado. Como resultado, a necessidade de aprimoramentos mínimos do refluxo no corredor rodoviário deve ser avaliada.
- As faixas de ultrapassagem que têm interseções em seu comprimento devem ser evitadas, se possível.
- Acostamentos estreitos em seções de faixas de ultrapassagem. Em muitos casos, a largura do acostamento vedado é reduzida como parte do projeto de construção da faixa de ultrapassagem, o que pode diminuir o benefício de segurança das seções de três

⁸² Espada, I., Stokes, C., Cairney, P., Truong, L., Bennett, P., Tziotis, M. et Tate, F. 2019. Passing Lanes: Safety and Performance (n° AP-R596-19)

faixas de ultrapassagem. Os acostamentos vedados mais estreitos são um risco à segurança, pois podem não oferecer espaço adequado para os veículos realizarem manobras evasivas, caso seja necessário evitar outro veículo.

- Sinalização inadequada e demarcações no pavimento da via produzem efeitos adversos tanto na efetividade quanto na segurança da faixa de rodagem, visto que os motoristas não são suficientemente guiados para adotar a ação mais apropriada para aquele trecho, incluindo as aproximações e mesclas de outras ações.

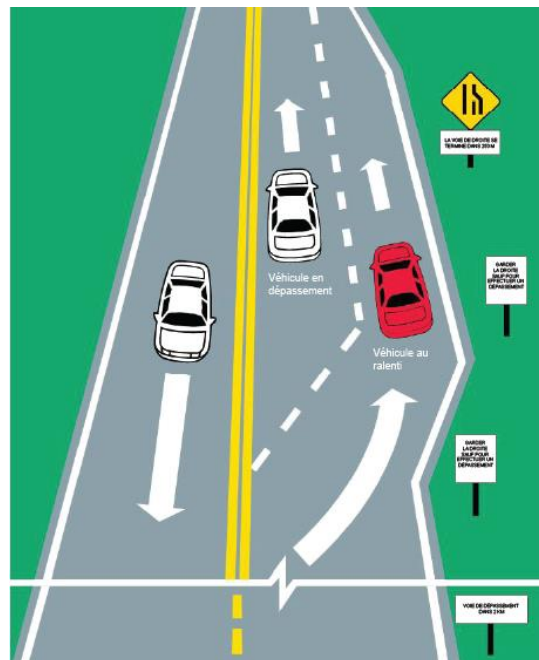
Boas práticas de projeto/ intervenções/ soluções

- O projeto das faixas de ultrapassagem deve ser considerado cuidadosamente em relação aos projetos e às condições das vias em ambas as extremidades da faixa. A localização da faixa de ultrapassagem deve fornecer um campo de visão adequado às demarcações da pista, na faixa adicionada e no afunilamento desta. O comprimento do trecho de afunilamento também deve ser adequado em relação às velocidades de operação.
- A localização das faixas de ultrapassagem dependerá das necessidades e restrições locais específicas. No entanto, existem locais onde não devem ser construídas faixas de ultrapassagem, incluindo locais próximos de cidades e/ou de vias de acesso com muito tráfego, além dos locais que tem cruzamentos importantes. Isto porque as colisões podem resultar da interação de veículos que passam, com o alto fluxo de veículos que viram para outra direção e os utilizadores vulneráveis nestas áreas. Locais com outras restrições físicas, tais como pontes e bueiros, também devem ser evitados se restringirem a construção de um acostamento contínuo. Trechos de rodovias com curvas de baixa velocidade não são apropriados para faixas de ultrapassagem, pois a ultrapassagem exige que os motoristas acelerem e isso pode ser inseguro.
- A sinalização e a demarcação adequada do pavimento da pista (ver figuras 5.55 e 5.56) são necessárias para melhorar a compreensão do condutor sobre a utilização pretendida da seção de ultrapassagem e informá-lo sobre futuras oportunidades de ultrapassagem, o que resulta no

aumento da eficiência e segurança da faixa de ultrapassagem. Para uma sinalização ideal, devem ser fornecidas placas nas seis áreas seguintes:

- Antes da faixa de ultrapassagem;
- A área de transição da adição da faixa de ultrapassagem;

Figura 5.55: Sinalização e marcações anteriores e ao longo de uma faixa para ultrapassagem.



Fonte : Alberta. 2021. Passing on a multilane highway. <https://www.alberta.ca/passing.aspx>.

Figura 5.56: Exemplo de marcações em uma pista de subida.



Fonte : Billy McCrorie/Geograph, PIARC, 2003.

Figura 5.57: Exemplo de sinalização prévia de faixa ascendente.



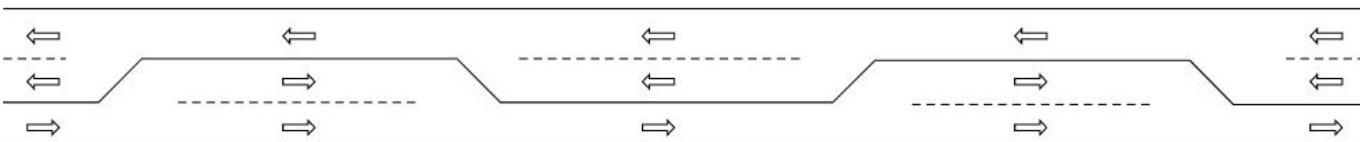
Fonte : Billy McCrorie/Geograph, PIARC, 2003.

- Antes do término da faixa de ultrapassagem;
 - A transição para o afunilamento da faixa de ultrapassagem;
 - A zona a jusante adjacente à faixa de ultrapassagem; e
 - Na direção oposta à faixa de ultrapassagem.
- É desejável uma estratégia de sinalização antecipada das faixas de ultrapassagem para alertar os usuários da estrada sobre oportunidades de ultrapassagem futuras (figura 5.57). Isto reduz as ultrapassagens inseguras antes da faixa de ultrapassagem, pois os motoristas sabem que

oportunidades de ultrapassagem mais seguras estarão disponíveis em breve.

- Em trechos com três faixas os veículos que trafegam no sentido oposto a uma faixa de ultrapassagem devem ser desencorajados de ultrapassar, devido ao alto risco de colisão frontal. Esta informação pode ser fornecida através de marcações longitudinais no pavimento da via ou uma combinação de sinais e marcações no pavimento. Uma revisão aprofundada de cada local é desejável para determinar quais locais da faixa de ultrapassagem são críticos para que seja proibida a ultrapassagem de veículos advindos do sentido oposto ao tráfego da faixa, tendo como base a distância limitada do campo de visão, a geometria incomum, ou instalações nas laterais da via e os grandes volumes de tráfego. A utilização de postes flexíveis ao longo da linha central nestes locais críticos, além da sinalização e demarcações no pavimento da pista, pode aumentar a compreensão da proibição de passagem, por tráfego advindo do sentido oposto.
- As rodovias 2 + 1 são uma contramedida de segurança para rodovias de duas faixas, onde uma seção transversal contínua de três faixas, na qual a faixa central serve como faixa de ultrapassagem em direções alternadas, é fornecida em toda a extensão da instalação (ver figura 5.58). As direções de viagem são separadas por uma mediana que pode ser física (figura 5.59) ou pintada (figura 5.60). São uma solução econômica quando uma via de duas faixas não proporciona segurança e/ou eficiência

Figura 5.58: Vista esquemática da rodovia 2+1.



Fonte : Romana, M., Martin-Gasulla, M. et Moreno, A. T. 2018.

Figura 5.59: Rodovia 2+1 com barreira flexível.



Fonte : Joel Torsson (Leojth). Own work, public domain. <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2096153>.

Figura 5.60: Rodovia 2+1 com canteiro central pintado.



Fonte : © TrainSimFan.

suficientes para o tráfego e a expansão para uma via de quatro faixas parece injustificada devido aos custos, volume de usuários ou devido a questões ambientais. Antes de implementar uma rodovia 2+1 devem ser considerados aspectos de traçado únicos vinculados a esta configuração, incluindo o volume de tráfego; comprimento da faixa de ultrapassagem; áreas de transição; projeto de seção transversal, cruzamentos e acesso; e sinalização e demarcações da pista.

Estudo de Caso

Com base nas recomendações fornecidas pelos relatórios de Inspeção na Segurança Rodoviária e pelo relatório de avaliação da capacidade do Banco Mundial (2017)⁸³, uma empresa nacional de rodovias lançou vários programas-piloto para a atualização de infraestruturas para a segurança viária, em setores de alto risco das suas vias nacionais.

Por exemplo, nas autoestradas nacionais construídas no Leste Europeu durante a era do comunismo, no qual os acostamentos tinham 2,5 metros de largura. Essas rodovias são atualmente usadas como vias de quatro pistas, embora a largura da via seja de 12,00 metros: largura de faixa de 3,50 metros em cada sentido e acostamentos/faixa de emergência de 2,50 metros, o que é uma solução de projeto muito perigosa. Numa das autoestradas nacionais da Romênia um trecho piloto foi modernizado com a introdução de faixas alternativas 2+1, na sequência da

experiência positiva obtida na redução de mortalidade em outros países vizinhos que implementaram tais modernizações (ver figura 5.61).

Leitura adicional

- Austroads. 2016. Guide to road design part 3, geometric design (n° AGRD03-16).
- Lindsay Schumaker, Mohamed M. Ahmed et Khaled Ksaibati. 2016. Policy considerations for evaluating the safety effectiveness of passing lanes on rural two-lane highways with lower traffic volumes: Wyoming 59 case study, Journal of Transportation Safety & Security, 10.1080/19439962.2015.1055415. Acessado em. <http://www.uwyo.edu/ahmed/papers/2016%20safety%20&%20security%20policy%20and%20safety%20considerations%20of%20adding%20passing%20lanes%20on%20rural%20two-way%20roadways.pdf>.
- Potts, I. B. et Harwood, D. W. 2004. Benefits and design/location criteria for passing lanes (n° RDT 04-008).
- Wooldridge, M. D., Messer, C. J., Heard, B. D., Raghupathy, S., Parham, A. H., Brewer, M. A. et Lee, S. 2001. Design guidelines for passing lanes on twolane roadways (super 2). Austin, Texas. <https://journals.sagepub.com/doi/10.3141/2301-06>.

Figura 5.61: Programa piloto de modernização da Estrada Nacional Romena 2 (DN2) em 2019.



Fonte : © Banco Mundial.

⁸³ Global Road Safety Facility (GRSF) and World Bank Group Transport. 2017. Romania, Road Safety Management Capacity Review—Improving Safety of Road Infrastructure. Washington, DC : Banco Mundial.

5.7. Laterais da via – tolerância e zonas desobstruídas

Descrição geral

Tolerância com erros dos condutores nos acostamentos ⁸⁴

O princípio fundamental para conceber vias seguras baseia-se no conhecimento de que os condutores (ou motociclistas) cometerão erros. Ocasionalmente eles perderão o controle de seus veículos e sairão da via. Quando isso acontece, uma colisão com objetos inflexíveis, tais como árvores ou postes, ou elementos não transponíveis, como drenos, declives laterais íngremes ou superfícies irregulares, pode fazer com que o veículo salte, capote ou pare repentinamente. Isso pode causar ferimentos graves ou a morte dos ocupantes. A instalação de um acostamento 'tolerante' a erros, tem como objetivo minimizar as consequências de a saída repentina de um veículo da estrada, encontre uma área segura que tolere o erro do motorista e que seja livre de objetos rígidos. É importante ainda que esta contenha aterros planos, com inclinação suave e sem outros perigos, contra os quais um veículo desgovernado possa ser atingido e que permita ao condutor recuperar o equilíbrio e parar com segurança. Todos os aspectos da beira da via devem ser projetados, visando minimizar a possibilidade de um ocupante do veículo desgovernado ser gravemente ferido ou morto.

Um perigo na via é qualquer característica ou objeto ao lado da estrada que possa afetar adversamente a segurança daquela área, caso um veículo saia da via naquele ponto.

Figura 5.62: Vala perigosa com parede frontal perigosa (direita) em via de alta velocidade.



Fonte : Soames Job/GRSF/Banco Mundial.

Os perigos são geralmente categorizados em perigos pontuais e contínuos. Os perigos pontuais são perigos individuais ou perigos de extensão limitada na via. Exemplos de perigos pontuais incluem árvores (especialmente aquelas com mais de 100 mm de diâmetro), postes na extremidade de uma ponte, vasos grandes, monumentos, características topográficas, placas de sinalização que não demarcam áreas que deveriam ser separadas (mais de 100 mm de diâmetro), paredes sólidas, pilares de suporte de transferência (interchange supporting piers), entrada de automóveis, tampas de bueiros, estruturas rígidas, postes de utilidade pública (diâmetro superior a 100 mm), paredes sólidas e pilares e/ou escadas das passarelas para pedestres. Os perigos contínuos, por outro lado, são perigos que se estendem por uma extensão considerável da via. Estes incluem fileiras e/ou florestas compostas por árvores de grande porte, drenos longitudinais descobertos, muros de contenção, aterros íngremes, cortes rochosos, falésias, áreas que contêm água (como lagos, riachos, canais com mais de 0,6 m de profundidade), e outros perigos não protegidos ao alcance de veículo desgovernado - balizas de concreto, meios-fios com face vertical de mais de 100 mm de altura em vias com velocidades de operação acima de 80 km/h e cercas com trilhos horizontais que podem perfurar veículo, etc. A extensão de um perigo contínuo aumenta a probabilidade de um veículo desgovernado colidir com ele, e alguns perigos (como penhascos) têm uma gravidade de colisão elevada, independentemente da velocidade do veículo desgovernado. Consulte as figuras 5.62 a 5.71 para exemplos de perigos na via.

Figura 5.63: Via alargada, porém os postes não foram movidos – Filipinas.



Fonte : © Alina F. Burlacu/GRSF/Banco Mundial.

⁸⁴ Austroads. 2018. Research Report AP-R560-18-Towards Safe System Infrastructure: A Compendium of Current Knowledge.

Figura 5.64: Guias de concreto.



Fonte : Indian Institute of Technology. 2019. Report on Road Safety Audit of SH-11 during operation stage.

Figura 5.65: Árvores (com mais de 100 mm de diâmetro) localizadas próximas da via.



Fonte : IIT, 2019.

Figura 5.66: Dreno descoberto e bueiro inseguro – Romênia.



Fonte : © Alina F. Burlacu/GRSF/Banco Mundial.

Figura 5.67: Corpo d'água não protegido e com aterro íngreme.



Fonte : Indian Institute of Technology. 2019. Report on Road Safety Audit of SH-11 during operation stage.

Figura 5.68: Pilares de viadutos não blindados.



Fonte : CAREC, 2018.

Figura 5.69: Blocos de concreto individuais.



Fonte : CAREC, 2018.

Figura 5.70: Poste rígido no acostamento.

Fonte : IIT, 2019.

Zona livre

Uma 'zona livre' é definida como a área ao lado de uma via (medida em ângulo reto a partir da linha de borda ou da borda da faixa de tráfego mais próxima) que precisa ser mantida livre de perigos fixos para dar aos motoristas de veículos desgovernados a oportunidade de se recuperarem (figura 5.72). O conceito de zona livre foi desenvolvido para definir uma área que reflita a probabilidade de ocorrência de um sinistro grave em um local, para permitir que os engenheiros projetem e forneçam uma área transitável à beira da estrada livre de perigos. O cálculo das larguras necessárias da zona livre leva em consideração o volume de tráfego, 85% da velocidade, o raio da curva e a inclinação da via. O conceito de zona livre não evita colisões fora da via, mas reduz as suas consequências.

Figura 5.72: Exemplo de zona livre.

Fonte : UNESCAP, 2017. Recommended Design Guidelines on Road Infrastructure Safety Facilities for the Asian Highway Network. <https://www.unescap.org/resources/recommended-design-guidelines-road-infrastructure-safety-facilities-asian-highway-network>.

Também permite uma abordagem no gerenciamento de riscos que priorize intervenções que reduzam os perigos na

Figura 5.71: Materiais empilhados à beira da estrada. Estes são um perigo particular para veículos de duas ou três rodas, especialmente à noite.

Fonte : IIT, 2019.

via em diferentes locais. É importante notar que os números da zona livre se baseiam na recuperação de 80-85 por cento dos veículos desgovernados, uma vez que a largura necessária para a recuperação de 100 por cento dos veículos é substancialmente maior e geralmente impraticável de ser alcançada. Tendo isto em mente, em certas situações é mais prudente agir de uma forma que inclua os últimos 15-20 por cento dos veículos que transitam na rodovia e que teoricamente viajariam para além da zona livre normal. Um exemplo de tal situação seria a instalação de um sistema de barreira, quando um perigo grave (como um penhasco alto) que resulta em consequências graves, se encontra fora da zona livre, para proteger os últimos 15-20 por cento dos veículos desgovernados que teoricamente conduziriam para além da zona livre. Dado o custo de implementação e manutenção de zonas livres, a orientação sobre a largura ideal das zonas livres difere entre os países, e as diretrizes locais devem ser consultadas. No entanto, é comum encontrar zonas livres de cerca de 9-10 m recomendadas em vias de alta velocidade e alto volume, e 3-4 m para ambientes de baixa velocidade e menor tráfego.

Implicações para a segurança

- Vários estudos revelaram que os sinistros nos quais os veículos desgovernados saem da estrada são não apenas frequentes, mas são particularmente graves, resultando em lesões mais graves e em mortes, do que a maioria dos outros tipos de sinistros. Os principais fatores que influenciam os resultados dos sinistros de trânsito são a existência de áreas de recuperação do controle da direção dos veículos, barreiras nas vias e a presença de objetos inquebráveis e flexíveis. Se um veículo sair da estrada,

mas se recuperar nos acostamentos ou na zona desimpedida e gramada, a consequência provavelmente não será nenhum dano, ou apenas de danos menores. No entanto, se um veículo desgovernado e em alta velocidade atingir uma coluna de iluminação rígida ou uma árvore, sendo parado abruptamente, o resultado provavelmente será uma lesão grave ou uma fatalidade.

- Quanto mais próximo um perigo na via estiver da faixa de trânsito e quanto maior for a velocidade do trânsito, maior será a probabilidade de o perigo ser atingido por um veículo desgovernado. A presença de curvas na via aumenta a probabilidade geral da ocorrência de um sinistro de trânsito, pois o motorista precisa tomar mais medidas para manter o veículo na estrada. A exposição contínua do tráfego a perigos na via aumentará a probabilidade de sinistros, ou seja, maiores volumes de tráfego aumentam o risco de uma colisão com o perigo, ao longo do tempo. Demonstrou-se que as vias rurais têm maior probabilidade de produzir sinistros com consequências graves envolvendo veículos desgovernados que saem da estrada. Isso ocorre devido às velocidades de operação que são geralmente altas e aos níveis tipicamente baixos de modificação das margens das estradas, por exemplo, retenção de árvores originais ao longo das margens.
- Encostas íngremes nas margens da via aumentam o risco de capotamento em caso de colisão com a saída do veículo da estrada, resultando geralmente em alta gravidade. Altas velocidades aumentarão o risco de sinistros graves. Encostas mais íngremes que 1V:4H são consideradas não recuperáveis, ou seja, um veículo desgovernado tipicamente viajará até a base da encosta, antes de ser capaz de se recuperar. A condição da superfície do aterro também influencia a recuperação do controle da direção de um veículo desgovernado. Encostas suaves e niveladas oferecem melhores chances de recuperação do que encostas irregulares e com declives. Vias com grande volume de tráfego que contêm declives íngremes não blindados tendem a ter um registro mais elevado de sinistros com vítimas do que vias com declives relativamente mais planos ou com barreiras de segurança instaladas.
- • Pilares desprotegidos instalados nos finais de pontes são perigosos devido à sua construção sólida (rígida e inquebrável) com à proximidade do tráfego. Quanto mais estreita for a ponte, maior será o risco de colisão com um pilar no final da ponte, uma vez que o perigo está mais próximo da faixa de rodagem. Pontes de faixa única que podem ser abordadas em altas velocidades e não têm controle de tráfego ativo, apresentam um alto risco para a ocorrência de colisões frontais, colisões nos pilares finais da ponte e no atropelamento de pedestres/ciclistas. Pontes com larguras de faixa estreitas, especialmente pontes de duas faixas e pontes que não têm separação

entre pedestres e ciclistas, podem aumentar o risco maior risco de colisões laterais, colisões frontais ou de veículos grandes ficarem presos.

- A vegetação excessiva ou mal planejada pode constituir um perigo grave, dependendo da sua localização em relação à via. Quando localizados perto da faixa de rodagem, a vegetação pode obscurecer sinais, demarcadores de perigo e outros perigos na via, tais como valas. A vegetação à beira da estrada também pode interferir no campo de visão nos cruzamentos e nas curvas, aumentando os riscos nos cruzamentos, nas saídas da via e das colisões frontais.
- Galhos de árvores pendentes também podem interferir na tarefa de dirigir, especialmente para os ônibus e caminhões, fazendo com que os motoristas desviem para as faixas adjacentes, visando danos ao veículo ou à carga. Nas áreas urbanas, os arbustos baixos e decorativos podem bloquear a visibilidade dos pedestres (especialmente das crianças) nos pontos de cruzamento de vias, enquanto que os ramos pendentes das árvores podem bloquear a visibilidade da sinalização de trânsito. As árvores, no entanto, proporcionam benefícios, incluindo sombra para os pedestres e redução da erosão do solo no local, e aquelas com menos de 100 mm de diâmetro têm menos probabilidade de contribuir para a gravidade de um sinistro.
- Em instalações de alta velocidade, os meios-fios podem ser um risco à segurança, pois podem fazer com que um veículo desgovernado e em alta velocidade salte ou capote (consulte a seção 5.12).

Boas práticas de projeto/ intervenções/ soluções

- A segurança da beira de uma estrada (ou do canteiro central) pode ser avaliada pela largura da zona livre, que depende das velocidades de operação dos veículos, dos volumes de tráfego, das inclinações e da geometria da estrada. Zonas livres mais amplas são recomendadas nas proximidades de cruzamentos ou de curvas, onde a complexidade da tarefa de dirigir e a interação com outros veículos aumentam a probabilidade de sinistros devido a distração do condutor. Deve-se notar que as larguras das zonas livres não são uma garantia de segurança, mas um compromisso, uma forma de gerenciar os riscos na via. No entanto, devem ser previstas larguras de via generosas e 'tolerantes' sempre que possível.
- Além disso, quanto mais tempo um veículo desgovernado atravessar a área da via, mesmo que esta seja uma zona livre extensa, maior será a probabilidade de o veículo

capotar.⁸⁵

- As zonas livres precisam ser de boa qualidade e bem mantidas para maximizar os seus benefícios na segurança. Superfícies irregulares ou raízes de árvores expostas podem prender os veículos, fazendo-os rolar, e isso geralmente resulta em sinistros graves.
- Alguns países têm adotado barreiras de segurança contínuas (ver seção 5.8 sobre barreiras) como o seu tratamento preferido, em vez de zonas livres, pois há indicações de que o desempenho da segurança é melhor do que o das zonas livres. Em áreas mais densamente povoadas onde a terra é valiosa, a ocupação do solo para a instalação um sistema de barreira de segurança pode ser bastante custosa, em comparação com uma zona livre, assim como os custos de manutenção associados ao controle da vegetação necessários para fornecer uma zona clara com largura adequada, de boa qualidade e bem conservada. É importante que os países estabeleçam controles apropriados para a concepção do traçado, instalação e na manutenção dos sistemas de barreiras de segurança contínuas, caso estes sejam utilizados, em vez de dar preferência para as zonas livres.
- Em contraste, onde a terra é relativamente barata, facilmente disponível e com vegetação escassa, a aplicação dos princípios de 'zona livre', pode fornecer um resultado aceitável, mesmo com financiamento limitado, que será seguro e diminuirá o risco na via.
- Evite instalar quaisquer novos objetos perigosos dentro da zona livre ao projetar uma nova via. Isto pode ser conseguido através do desenvolvimento de políticas que restrinjam a colocação de novos objetos potencialmente perigosos nas vias.
- Todos os objetos fixos existentes na via com 100 mm de diâmetro ou maiores também devem ser removidos da zona livre. Em circunstâncias nas quais não seja possível remover completamente um obstáculo da zona livre, deve-se considerar a sua realocação, de preferência para além da zona livre. Postes rígidos, colunas de iluminação rígidas e drenos podem ser realocados para reduzir o

risco, ou substituídos por colunas inquebráveis/passivamente seguras (veja abaixo).

- A remoção de árvores, por outro lado, precisa ser realizada levando em consideração o meio ambiente e os valores comunitários. As árvores de grande porte (com mais de 100 mm de diâmetro) que estejam próximas da faixa de rodagem podem ser substituídas por plantas mais apropriadas para evitar que a erosão do solo e a regeneração afetem o local. Deve-se ter cuidado para não deixar tocos grandes e buracos profundos ao remover uma árvore. Também é importante aparar e manter regularmente a vegetação ao longo da via.
- Em locais onde a remoção ou realocação de um perigo que esteja dentro da zona livre não seja viável ou praticável devido a restrições econômicas ou ambientais, a alteração ou modificação do perigo pode reduzir a gravidade de um sinistro e o potencial de ferimentos graves. Modificações comuns de perigos incluem:

Figura 5.73: Intervenção nas extremidades de bueiros transversais alterando para bueiros de drenagem cruzada. Permite que os veículos que saem da estrada passem por cima delas sem capotar ou sofrer mudanças bruscas de velocidade.



Fonte : FHWA. 2009. Maintenance of drainage features for safety, a guide for local street and highway maintenance personnel.

⁸⁵ Austroads. 2018. Research Report AP-R560-18-Towards Safe System Infrastructure: A Compendium of Current Knowledge.

Figura 5.74: Guia leve tolerante a erros dos motoristas.



Fonte : CAREC, 2018.

Figura 5.75: Coluna de iluminação com base deslizante adequada para vias de alta velocidade com pouca atividade de pedestres ou de estacionamento.



Fonte : CAREC, 2018.

Figura 5.76: Colunas de iluminação com absorção de impacto adequadas para ambientes de baixa velocidade com maior atividade de pedestres ou de estacionamento.



Fonte : CAREC, 2018.

1. Modificar drenos longitudinais abertos canalizando-os ou cobrindo-os com tampa acionável;
 2. Modificação das extremidades das paredes dos bueiros, de modo que estas não impeçam a passagem e o trânsito de veículos (figura 5.73);
 3. Redesenhar postes de sinalização rígidos e colunas de iluminação para fornecer postes e colunas de iluminação frangíveis (quebráveis), ou seja, que absorvam o impacto ou de base deslizante (figuras 5.74 a 5.76);
- Aplainar um declive íngreme para torná-lo dirigível;
 - Substituição dos trilhos das pontes por barreiras de segurança com tratamentos finais adequados; e
 - Blindagem dos pilares da ponte com barreiras rígidas (figura 5.77).
 - Em situações nas quais a área reservada para a rodovia pode ser limitada, pode não ser prático criar uma zona livre. Em vez disso, reduzir as velocidades permitidas para trânsito dos veículos pode ser uma solução mais apropriada. Também pode ser considerada a instalação de um sistema de barreira de segurança que, por si só, já apresenta um risco de colisão (reduzido), porém é necessário tratar as terminações adequadamente para minimizar o risco.
 - Um bom traçado geométrico e a utilização prudente das características da via podem ajudar a manter os veículos na via e a reduzir o risco de um sinistro de trânsito. O padrão geométrico deve basear-se numa avaliação realista da velocidade operacional provável em um trecho de via, considerando a função da via, o terreno através do qual a via existe e o ambiente. Algumas das características do traçado da estrada que ajudam a manter os veículos na via incluem as larguras da faixa e as

Figura 5.77: Pilares blindados com barreiras rígidas. Um tratamento final apropriado (almofadas/atenuadores de impacto) também deve ser aplicado em sistemas de barreira.



Fonte : CAREC, 2018.

larguras apropriadas do acostamento, traçado com alinhamento horizontal e vertical previsível, campo de visão suficiente e uma superfície de via sólida contendo a drenagem adequada.

- Existem várias intervenções de baixo custo que reduzem o risco de sinistros que levam o veículo a sair da estrada. Estes incluem: delineamento adequado, demarcações no alinhamento em forma de divisa (CAMs), sinais de alerta, instalação de sinais de perigo antes de qualquer obstrução na via, tais como parapeito de ponte, disponibilidade de acostamentos estanques e linhas de borda táteis e amplas intervenções na linha central. Tudo isso pode ser aplicado para ajudar os veículos a permanecerem na estrada.

Figura 5.78: Árvore delineada na beira da estrada, porém indistinguível—Itália



Fonte : © Alina F. Burlacu/GRSF/Banco Mundial.

Figura 5.79: Ilustração do delineamento de árvores como último recurso de intervenção possível. Método pode ser utilizado em combinação com outras intervenções, incluindo redução de velocidade e proteção por barreiras de segurança.



Fonte : Indian Institute of Technology. 2019. Report on Road Safety Audit of SH-11 during operation stage.

- A delimitação e a sinalização são aspectos essenciais na segurança para a prevenção de colisões run-off-the-road (fora da pista) pois servem como orientação visual para os motoristas ao longo de uma rodovia. Essas informações e diretrizes tornam-se particularmente importantes durante a noite, exigindo que os dispositivos sejam equipados com material retro refletivo. Um bom projeto e a instalação de sinalização e de postes de orientação, bem como a manutenção regular dos dispositivos, são importantes para garantir que os dispositivos funcionem adequadamente nas condições da via. Postes-guia de concreto não devem ser usados, pois representam um perigo para veículos desgovernados. Devem ser utilizados postes-guia estreitos e flexíveis feitos de madeira, chapa metálica ou plástico, pois apresentam menor risco para os ocupantes de veículos desgovernados, especialmente motociclistas, se estes forem atingidos.
- Como último recurso, é necessário garantir que cada perigo (particularmente árvores) seja delineado para que possa ser mais facilmente visto pelos condutores (ver figuras 5.78 e 5.79). Isto deve ser considerado como uma última opção nas intervenções contra perigos, uma vez que delinear um perigo provavelmente reduzirá colisões acidentais ou “colisões inocentes”, mas não ajudará os ocupantes de um veículo desgovernado que esteja fora de controle. A delimitação de um perigo demasiado próximo da faixa de rodagem pode ser acompanhada de outras intervenções, incluindo a redução da velocidade da rodovia, (por exemplo, para não mais de 50 km/h) ou

proteção por barreiras de segurança. A sinalização do objeto perigoso deve ser retro refletiva para garantir visibilidade à noite.

Leitura adicional

- AASHTO. 2011. *Roadside design guide*. Importante ler: capítulo 5, Roadside barriers.
- Austroads. 2010. *Guide to Road Design, Part 6: Roadside Design, Safety, and Barriers*.
- Austroads. 2018. *Towards safe system infrastructure: a compendium of current knowledge* (n° AP-R560-18). <https://austroads.com.au/publications/road-safety/ap-r560-18>.
- Secrétariat, CAREC. 2018. *CAREC Road Safety Engineering Manual 3: Roadside Hazard Management*. Asian Development Bank. Importante ler: capítulo 5, Using safety barriers correctly.
- C. A. Plaxico et al. 2005. *National Cooperative Highway Research Program Report 537: Recommended Guidelines for Curb and Curb-Barrier Installations*, Transportation Research Board. Washington, DC. Importante ler: capítulo 3, Summary of state surveys on curbs and curb barrier combinations.

5.8. Barreiras

Descrição geral

Barreiras são usadas para a proteção dos perigos advindos de veículos desgovernados. Elas podem ser usadas ao longo do canteiro central (às vezes chamados de canteiros centrais não transponíveis) para proibir o movimento do tráfego através do canteiro central ou nas laterais da via para proteger dos perigos existentes. Eles são projetados para redirecionar o impacto causado por veículo e dissipar as forças de colisão de maneira controlada, reduzindo assim a gravidade das colisões que envolvem veículos descontrolados.

As barreiras geralmente se enquadram em três categorias: barreiras flexíveis (por exemplo, barreiras de segurança de cabo de aço), barreiras semirrígidas (por exemplo, vigas de aço) e barreiras rígidas (por exemplo, concreto). Cada tipo de barreira tem vários benefícios e restrições, o que as tornam adequadas para alguns locais, mas inadequadas para outros. Para evitar a instalação de barreiras inseguras ou o desperdício de recursos, os engenheiros precisam compreender os benefícios e as limitações de cada tipo de barreira. Uma breve descrição de cada tipo de barreira é fornecida abaixo.

Barreiras flexíveis (barreiras de segurança com cabo de aço)

As barreiras de segurança de cabos de aço (WRSBs, da sigla em inglês) (figura 5.80) consistem em vários cabos de aço tensionados (geralmente três ou quatro), que são mantidos no lugar por ancoragens em cada extremidade

Figura 5.80: Barreira flexível (cabo de aço).



Fonte : iRAP.

Figura 5.81: Barreira semirrígida (viga W).



Fonte : ACP. Australian Construction Products. ACP Sentry Barrier W-Beam System – Longitudinal barrier.
<http://www.acprod.com.au/products/acp-sentry-barrier-w-beam-system-longitudinal-barrier>

e apoiados na altura necessária por postes de aço quebráveis. Após o impacto de um veículo errante, os cabos tensionados desviam e absorvem a energia do veículo, fazendo com que o veículo diminua a velocidade. Os cabos tensionados são projetados para guiar o veículo causador do impacto ao longo da barreira enquanto os postes desmoronam progressivamente quando atingidos. Eventualmente, o veículo desgovernado é redirecionado de volta à direção de deslocamento ou desacelerado até parar.

Barreiras semirrígidas

Geralmente são feitas de vigas de aço ou trilhos montados em postes de aço galvanizado (figura 5.81). Outros tipos de postes, como os de madeira ou de concreto, podem ser usados quando os testes de colisão comprovarem que seu desempenho é satisfatório. Estas barreiras desviam os veículos menos do que as barreiras flexíveis e dependendo do impacto, podem redirecionar o veículo a ter outros impactos secundários (ou seja, outro impacto no mesmo local).

Barreiras rígidas

Geralmente são paredes de concreto armado construídas com perfil e altura adequados para conter e redirecionar veículos desgovernados (figura 5.82). Eles oferecem pouca ou nenhuma deflexão no impacto; portanto, forças de impacto elevadas podem resultar em ferimentos graves aos ocupantes do veículo, uma vez que o veículo absorve inteiramente a energia do impacto. Os tipos mais comuns de barreiras rígidas incluem a barreira de perfil F, a barreira ‘Nova Jersey’, a barreira de inclinação constante e a barreira de parede vertical

Figura 5.82: Barreira rígida (perfil F).



Fonte : © Famartin.

Implicações para a segurança

- Barreiras que não são bem projetadas não funcionam satisfatoriamente e podem representar um risco à segurança (ver figuras 5.83 a 5.86).
- Uma barreira demasiadamente baixa pode fazer com que um veículo salte sobre ela ao sofrer o impacto. Uma barreira demasiadamente alta (para barreiras flexíveis e semirrígidas) pode fazer com que um veículo desgovernado passe por baixo dos cabos ou grades, provocando consequências graves.
- Uma barreira que esteja demasiadamente próxima da via conduz a um aumento de impactos acidentais com a barreira, enquanto uma barreira que esteja demasiadamente longe da via (e mais próxima do perigo

Figura 5.83: Barreiras flexíveis com postes demasiadamente grandes.



Fonte : CAREC. 2018. CAREC Road Safety Engineering Manual 3: Roadside Hazard Management. Asian Development Bank.

Os postes das barreiras flexíveis devem ser concebidos para desabar quando atingidos. No entanto, os postes desta barreira são demasiadamente grandes e rígidos para funcionarem desta forma

Figura 5.85: Uso de canteiro central fora do padrão em vias de alta velocidade.



Fonte : National Highway Authority. 2019. Guidelines for Road Safety Engineering, Part 1. Government of Pakistan. Acessado em, <http://www.roadsafetypakistan.pk/download/Guidelines-for-road-safety-engineering-part-1.pdf>. 15/11/2019

que está a proteger) significa menos oportunidades para a deflexão. Caso seja uma barreira flexível ou semirrígida pode fazer com que o veículo impactante, atinja o perigo. Quanto mais afastada a barreira estiver da via, também significa que maior será a probabilidade de um impacto de ângulo elevado, o que poderá resultar em ferimentos graves para os ocupantes do veículo, especialmente quando a colisão for com uma barreira rígida.

- Um aspecto crítico do projeto de uma barreira é o "comprimento da necessidade" necessário para proteger adequadamente um perigo. Uma barreira com comprimento muito curto pode fazer com que o veículo desgovernado passe por trás dela e atinja o objeto perigoso, ou ainda que colida com o tráfego no sentido contrário.

Figura 5.84: As unidades de trilhos se sobrepõem de maneira errada



Fonte : CAREC, 2018.

As unidades ferroviárias se sobrepõem de maneira errada, de modo que o trilho mais próximo se afastaria da via se fosse atingido, deixando o próximo trilho exposto como uma lança, através do veículo em impacto. Os postes rígidos de concreto não absorvem a energia do impacto e podem causar ferimentos graves

Figura 5.86: Trilhos leves com meio-fio de concreto.



Fonte : CAREC, 2018.

Figura 5.87: A extremidade exposta do guarda-corpo pode atravessar como se fosse uma lança o veículo causador do impacto



Fonte : Banco Mundial.

Figura 5.89: Brecha insegura entre o guarda-corpo e o concreto



Fonte : CAREC. 2018. CAREC Road Safety Engineering Manual 3:

- As terminações (a finalização e o tipo de material utilizado no acabamento) das barreiras podem ser perigosas se não forem concebidas, construídas e mantidas adequadamente. A extremidade de um guarda-corpo, por exemplo, pode perfurar um veículo desgovernado que o atinja, a menos que seja utilizada uma terminação segura e que seja corretamente instalada (figura 5.87). Terminações em rampa ou viradas para baixo nas extremidades de aproximação das barreiras, podem ter o efeito de uma lança ao atingir o veículo desgovernado, especialmente se a colisão ocorrer em altas velocidades (figura 5.88). As extremidades cegas das barreiras de concreto são um risco à segurança.
- Transições mal projetadas entre diferentes tipos de barreiras e cujas compensações são insuficientes para proteger do perigo, podem levar a barreira a “engolir”, ou seja, o ponto da barreira no qual o veículo desgovernado colide, pode direcioná-lo diretamente a outro objeto fixo. Isso pode ocorrer, por exemplo, em locais nos quais o guarda corpo (guardrail) está mal fixado no parapeito da ponte de concreto, fazendo com que o veículo que bate no guarda corpo seja direcionado para bater na terminação brusca da deflexão do parapeito de concreto do guarda-

Figura 5.88: Extremidade insegura de barreira semirrígida que pode levar ao arremesso do veículo causador do impacto.



Fonte : iRAP

corpo (figure 5.89).

- Barreiras podem interferir no campo de visão, especialmente em curvas horizontais ou ao entrar ou sair da estrada.
- Barreiras danificadas podem reduzir os benefícios para a segurança se não forem devidamente reparadas. Isto é particularmente essencial para barreiras flexíveis, pois mesmo um impacto de baixa força exigirá reparações oportunas no sistema de barreiras.
- Embora todos os tipos de barreiras sejam concebidos para proteger as pessoas dos perigos, ainda podem representar um risco para o corpo humano vulnerável, especialmente para os motociclistas, devido à proteção limitada que os seus corpos têm em comparação com alguém que esteja dentro de um veículo.
- Um meio-fio em frente e perto de uma barreira pode fazer com que um veículo desgovernado que bata no meio-fio em alta velocidade, salte e capote sobre a barreira, ou atinja a barreira em uma altura maior do que a prevista no projeto e nos testes. As lesões podem ser mais graves em tais sinistros.
- Como as barreiras flexíveis dependem da tensão dos cabos, o alinhamento horizontal e vertical pode limitar a sua utilização. Em curvas apertadas, a tensão e a altura necessárias podem não ser mantidas durante ou após um impacto. Nas curvas de afundamento (sag curves), dependendo do grau de curvatura, a tensão do fio pode fazer com que os postes na parte inferior da curva saiam de seus encaixes. Os veículos também podem passar por baixo dos cabos ou ficar suspensos na parte inferior da curva.
- Onde houver um risco conhecido de trânsito de animais no corredor viário, em particular animais de grande porte como veados, podem ser instaladas barreiras na beira da estrada. Tais barreiras requerem considerações especiais, como a exclusão de animais por cercas perimetrais

fechadas, além dos pontos de segurança para barreiras destinadas aos veículos.

Boas práticas de projeto/ intervenções/ soluções

- Tradicionalmente, tem-se considerado preferível remover, realocar ou modificar os perigos da via, mas em algumas situações proteger um perigo com barreiras pode ser a única opção prática, quando não for possível ou economicamente viável intervir no perigo por outros meios⁸⁶. É importante avaliar primeiro a necessidade de uma barreira antes de instalá-la, para determinar se existem outras formas de intervir para afastar o perigo. Isto ocorre porque a própria barreira pode representar um perigo para veículos desgovernados. A colisão com a barreira deve ser menos grave do que a colisão com o perigo que a barreira está protegendo.
- Ao selecionar o tipo de barreira que melhor se adapta às necessidades do local, é necessário considerar uma série de fatores, incluindo:
 - Capacidade de desempenho e nível de contenção requerido, que pode se basear no mix de veículos e na importância da infraestrutura de beira de estrada;
 - O espaço livre disponível antes de atingir o perigo e as características de deflexão dinâmica da barreira proposta;
 - Condições do local, como alinhamentos verticais e horizontais e declives transversais;
 - Terminações; (end terminals)
 - Campo de visão;
 - Compatibilidade com outras barreiras adjacentes;
 - Custos para a instalação e a manutenção;
 - Estética e impacto ambiental; e
 - Capacidade de organização para manutenção.

(Consulte: Austroads. 2020. Guide to Road Design Part 6, Roadside Design, Safety, and Barriers; 1.5, Principles considered in roadside design to achieve the safest system; and 5.2, Factors considered in barrier selection.)

(Consulte também a seção 4.4 sobre uso de motocicleta e tipos de barreiras.).

- As barreiras de segurança só deverão ser instaladas se o fabricante do produto o tiver submetido a um teste de colisão aceito internacionalmente que confirme um desempenho satisfatório. A barreira deverá então ser instalada totalmente de acordo com as instruções do fornecedor, seguindo os padrões aplicáveis nos quais o teste de colisão foi realizado.
- Deve ser mantida uma distância suficiente do perigo, de modo que a esperada deflexão da barreira não permita que o impacto causado por um veículo entre contato com o perigo (figura 5.90). A deflexão da barreira depende do tipo e disposição de instalação da barreira utilizada, bem como da massa, velocidade e ângulo de impacto do veículo. Como regra geral, a deflexão de uma barreira semirrígida pode ser de até 1 m, e a deflexão de uma barreira flexível pode ser de até 3 m. Embora a deflexão dinâmica das barreiras rígidas de concreto seja mínima (0,1 m ou menos), os perigos que são mais altos e precisam ser compensados por uma distância que seja longe o suficiente da face da barreira, de forma que, durante o impacto os veículos (especialmente veículos altos, como caminhões) não se inclinem sobre a barreira e atinjam o perigo do qual a barreira deveria proteger. Isso é conhecido como “subsídio de rolagem”.

Figura 5.90: Exemplo de uma barreira flexível segura e com boa folga. Dado que as deflexões nestas barreiras podem ser elevadas, é importante que seja fornecido o distanciamento adequado entre a barreira e o perigo



Fonte : CAREC. 2018. CAREC Road Safety Engineering Manual 3: Roadside Hazard Management. Asian Development Bank.

⁸⁶ Alguns países estão adotando o uso de barreiras de segurança contínuas como tratamento preferencial no acostamento, à luz de novas evidências que indicam que barreiras bem instaladas e mantidas podem proporcionar um desempenho de segurança superior em comparação com zonas livres.

Exemplos de terminações

Figura 5.91: Amortecimento de colisão totalmente redirecionado – Filipinas.



Fonte : © Alina F. Burlacu/GRSF/Banco Mundial

Figura 5.92: Terminal totalmente redirecional, alargado ou tangencial.



Fonte : Chan/Auckland motorways.

Figura 5.93 : Terminal de absorção de energia.



Fonte : Chan/Auckland motorways.

Figura 5.94: Almofada segura contra colisão no final de uma barreira rígida em um canteiro de obras.



Fonte : CAREC. 2018. CAREC Road Safety Engineering Manual 3: Roadside Hazard Management. Asian Development Bank

Para sistemas flexíveis e semirrígidos, esta tolerância de rolamento deve ser adicionada à deflexão. Para sistemas rígidos, a deflexão pode ser assumida como zero, e uma tolerância de rolamento de 1,1 m é adequada para proteger o condutor do veículo contra impactos.⁸⁷

- As barreiras na via devem ser suficientemente afastadas do caminho de circulação, de modo a permitir espaço suficiente para os veículos saírem da faixa de tráfego.
- Como as barreiras rígidas podem causar ferimentos graves quando atingidas em um ângulo de impacto elevado, elas estão localizadas próximas da faixa de trânsito (geralmente a 4 m da borda da faixa de tráfego mais próxima) para minimizar o risco de os veículos colidirem com a barreira de concreto em um ângulo alto. Por outro lado, é desejável instalar na beira de estradas barreiras que sejam flexíveis e semirrígidas, além de mais afastadas da faixa de tráfego, para maximizar a possibilidade de um condutor recuperar o controle do veículo antes de colidir com a barreira.
- Quando localizadas em curvas horizontais, as barreiras de segurança podem precisar ser afastadas da borda da faixa de tráfego para que não impeçam o campo de visão horizontal do motorista. A distância que assegura a visibilidade é um fator que também precisa ser considerado perto de cruzamentos, de canteiros centrais, das faixas de pedestres e das calçadas.

- É preferível que o declive em frente de uma barreira seja instalado conforme projetado. Isto significa essencialmente instalação vertical para os sistemas semirrígidos e flexíveis, ou a inclinação testada necessária para sistemas rígidos. Isto independe do fabricante da barreira utilizada. Isto ocorre porque as barreiras de segurança funcionam melhor quando são impactadas por veículos que estão com o seu centro de gravidade na posição normal ou próximo a ela.
- As terminações das barreiras devem ser bem projetadas para proporcionar a desaceleração controlada de veículos desgovernados e abaixo dos valores recomendados que sabidamente possam causar ferimentos aos ocupantes do veículo. Eles também devem garantir que o veículo não seja perfurado, salte, fique preso ou capote com o impacto. Vários tipos de terminações estão disponíveis comercialmente e as especificações para a instalação determinadas pelo fabricante devem ser seguidas, com vistas a garantir que os terminais atendam aos padrões de desempenho apropriados (veja exemplos nas figuras 5.91 a 5.94).
- Barreiras semirrígidas são frequentemente usadas para proteger parapeitos de pontes de concreto que podem resultar em sinistros graves. A transição da barreira de aproximação para o parapeito da ponte deverá proporcionar uma face contínua ao longo da qual um veículo desgovernado possa ser controlado. Para evitar

⁸⁷ AASHTO-Roadside-Design-Guide-4th-ed-2011 Fig 5-31

que o veículo fique obscurecido após o impacto, é importante aumentar gradualmente a resistência e a rigidez da barreira, à medida que essa se aproxima do parapeito, por exemplo, através de reduções nos espaçamentos entre os postes e pela firme incorporação/ fixação da barreira ao parapeito (ver figura 5,95).

- Danos menores em barreiras flexíveis e semirrígidas precisam ser reparados em tempo hábil para manter a integridade da barreira. Se os incidentes não forem relatados, poderão ser necessárias inspeções manuais dos sistemas de barreiras. Também é importante monitorar continuamente a tensão do fio das barreiras flexíveis.
- É preferível evitar a utilização de meios-fios perto de barreiras de segurança. Mas se for necessário um meio-fio para drenagem, a localização das barreiras de segurança em relação ao meio-fio precisa ser considerada cuidadosamente, pois pode afetar o desempenho da barreira quando impactada (ver seção 5.12 sobre meios-fios).

Figura 5.95: Ligação segura entre guarda-corpo e barreira rígida em ponte com trecho de transição. Adicionar postes extras ao guarda-corpo próximo à barreira rígida ajuda a criar uma seção de transição. O marcador também ajuda a alertar os motoristas sobre o estreitamento repentino da via à frente



Fonte : CAREC, 2018.

- Deve-se notar que, embora tanto o tipo F quanto o tipo 'New Jersey' tenham seções transversais semelhantes, estudos mostram que a inclinação mais baixa da barreira do perfil F reduz a probabilidade de os carros pequenos capotarem e, portanto, são os preferidos. A barreira de face vertical e a barreira de inclinação constante ajudam a reduzir ainda mais o potencial de capotamento de veículos pequenos, mas também geram impactos mais severos e, portanto, não são tão amplamente utilizados.

Leitura adicional

- AASHTO. 2011. *Roadside design guide*. Importante ler: capítulo 5, Roadside barriers.
- Austroads. 2010. *Guide to Road Design, Part 6: Roadside Design, Safety, and Barriers*.
- Austroads. 2018. *Towards safe system infrastructure: a compendium of current knowledge* (n° AP-R560-18). <https://austroads.com.au/publications/road-safety/ap-r560-18>.
- Secretariat, CAREC. 2018. *CAREC Road Safety Engineering Manual 3: Roadside Hazard Management*. Asian Development Bank. Importante ler: capítulo 5, Using safety barriers correctly.
- C. A. Plaxico et al. 2005. *National Cooperative Highway Research Program Report 537: Recommended Guidelines for Curb and Curb-Barrier Installations*, Transportation Research Board. Washington, DC. Importante ler: capítulo 3: Resumo das pesquisas estaduais sobre meios-fios e combinações de barreiras de meio-fio.

5.9. Medianas (canteiros centrais)

Descrição geral

Uma mediana ou canteiro central é uma área de separação entre fluxos opostos de tráfego. Com efeito, a mediana converte um movimento "bidirecional" em dois movimentos "unidirecionais". Pode ser construído (muitas vezes referido como "elevado") utilizando meios-fios ou barreiras centrais (por exemplo - ver seção 5.8); fornecidas por meio de pintura na via (às vezes chamada de mediana "nivelada" ou linha central larga); ou fornecido em área não pavimentada e/ ou gramada (ver figuras 5.96 a 5.103). Os veículos são fisicamente impedidos de cruzar os canteiros centrais quando estes são bem construídos, porém são apenas desencorajados quando outros tipos de canteiros centrais são demarcados.

Os canteiros centrais fornecem um grau de separação entre direções opostas de tráfego, o que significa que quando os veículos se desviam de sua faixa, eles têm tempo para se recuperar e retornar com segurança à sua faixa, ou são fisicamente direcionados de volta à sua faixa (no caso de barreiras no canteiro central, e até certo ponto com medianas reduzidas). Eles podem ser usados em áreas urbanas, bem como em vias de alta velocidade. Podem ser complementadas por meio de faixas que

produzem ruídos sonoros, especialmente em vias de alta velocidade, para alertar os usuários desatentos ou distraídos de que estão saindo da sua faixa. Em alguns ambientes, um canteiro central pode fornecer um ponto de espera para pedestres que tentam atravessar múltiplas faixas de tráfego, especialmente quando o canteiro central é acompanhado por uma 'ilha de refúgio' para pedestres.

Tipos de canteiros rodoviários

Figura 5.96: Mediana nivelada.



Fonte : FHWA.

Figura 5.97: Mediana nivelada e com faixas de vibração.



Fonte : FHWA.

Figura 5.98: Canteiro central com barras no pavimento. (pavement bars).



Fonte : Speed uHUmP Australia.

Figura 5.99: Canteiro central gramado e com meio-fio.



Fonte : Florida Department of Transportation

Figura 5.100: Mediana restringida.



Fonte : Austroads road safety engineering toolkit.

Figura 5.101: Canteiro central pintado em rodovia de alta velocidade.



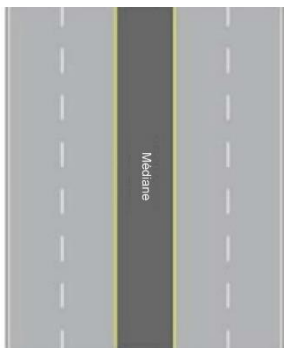
Fonte : © Blair Matthew Turner/GRSF

Figura 5.102: Barreira central semirrígida em via expressa.

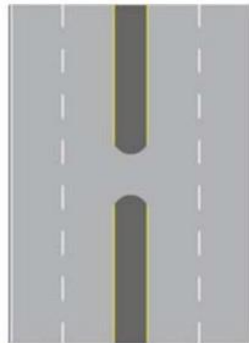
Fonte : Tony Mathew. (n.d.). Road Safety Infrastructure Facility Standards—Indian Context.

Figura 5.103: Canteiro central elevado em faixa de rodagem dupla.

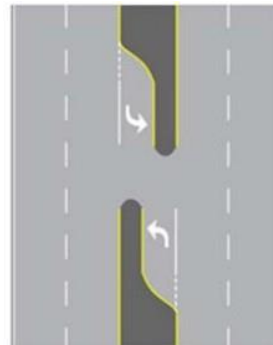
Fonte : Tony Mathew (n.d.).

Figura 5.104: Mediana completa sem abertura

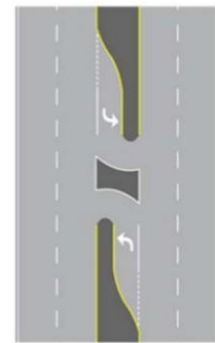
Fonte: FHWA

Figura 5.105: Abertura de cruzamento, sem vão de conversão esquerda/ direita.

Fonte: FHWA

Figura 5.106: Abertura no canteiro central, com permissão de inversão a esquerda e a direita.

Fonte: FHWA

Figura 5.107: Cruzamento do canteiro central, com baias direcionais para conversão a esquerda e a direita (evita cruzamento).

Fonte: FHWA

As aberturas nos canteiros centrais são normalmente fornecidas para o movimento permitir o cruzamento do tráfego em intersecções e, às vezes, em pontos de acesso, permitindo inversões de marcha à esquerda, à direita (ou ambas) em vias nas quais um canteiro central físico está presente. Diferentes tipos de aberturas medianas são mostrados nas figuras 5.104 a 5.107.

Embora as aberturas nos canteiros centrais facilitem os movimentos do tráfego, elas também podem introduzir riscos, especialmente quando não há baía para conversão, ou quando o canteiro central não tem a largura adequada. É essencial que sejam fornecidas soluções adequadas para conversões, especialmente em vias de maior velocidade.

Implicações para a segurança

- As medianas ou canteiros centrais são utilizadas para melhorar a segurança e a eficiência geral dos veículos e, se forem corretamente concebidas, podem também

proporcionar benefícios para os usuários vulneráveis da estrada. Ao fornecer um refúgio central, os pedestres são obrigados a atravessar o tráfego apenas em uma direção de cada vez.

- Os sinistros de trânsito podem resultar da presença de aberturas em canteiros centrais desnecessários ou menos previsíveis (tanto para travessias de pedestres, como para movimentos de retorno de veículos) e canteiros centrais menores. Canteiros centrais estreitos e a falta de disposições adequadas para conversões, especialmente em ambientes de alta velocidade, podem aumentar significativamente o risco de colisão.
- O planejamento e a concepção adequados das aberturas centrais, são críticos para a segurança, para o controle de acesso e ainda para a manutenção do fluxo de tráfego. Isto inclui a permissão para que veículos grandes, especialmente ônibus ou articulados, possam virar sem que a carroceria invada uma faixa de passagem. As

aberturas medianas também não devem invadir a área funcional de outra abertura ou interseção mediana.

- Os benefícios específicos de medianas de tamanho adequado, especialmente medianas não transponíveis, incluem:
 - Chance reduzida de colisão de veículos trafegando em direções opostas (redução de colisões frontais em aproximadamente 40 por cento).⁸⁸
 - Reduzir todos os tipos de sinistros em aproximadamente 15 por cento em canteiros centrais pintados e entre 45-55 por cento para canteiros centrais construídos em áreas urbanas e rurais, respectivamente.^{89, 90, 91}
 - A largura reduzida da faixa pode levar à redução da velocidade dos veículos na via.⁹²
 - Melhor controle de acesso.
 - Fornecer área de refúgio para pedestres que atravessam a rua.
 - Gerenciar a localização dos pontos de conflito de tráfego nas interseções.
 - Fornecer espaço para instalar iluminação melhorada nos locais de travessia de pedestres (que demonstrou reduzir em 78% as mortes noturnas de pedestres nas travessias).⁹³
 - Existem benefícios significativos na disponibilização de canteiros centrais em determinados cruzamentos de alto risco, para eliminar movimentos de conversão de tráfego cruzado (ver seção 6.6), mas é necessário ter cuidado para garantir que sejam fornecidas soluções alternativas e compensatórias de conversão, segura nas proximidades.
- Podem ocorrer problemas de drenagem ao utilizar um canteiro central elevado, resultando num aumento dos riscos de colisão (por exemplo, devido à redução do atrito com a superfície da via).
- Para canteiros centrais pintados ou onde são utilizadas faixas de ruído, o risco para veículos de duas rodas pode ser aumentado devido à resistência reduzida ou variável à derrapagem.

- Onde são utilizados meios-fios ou dispositivos de pavimento elevado, pode haver um aumento no risco para veículos de duas rodas e pedestres (risco de tropeço).
- Existem também alguns benefícios na eficiência, além dos benefícios para a segurança rodoviária, incluindo a diminuição dos atrasos para os automobilistas e o aumento da capacidade das vias.

Boas práticas de projeto/ intervenções/ soluções

- A redução de colisões frontais pode ser conseguida através da seleção de uma largura adequada do canteiro central ou da utilização de barreiras no canteiro central. Poucos veículos fora de controle trafegam a mais de 9 metros do limite da faixa, de modo que esta largura do canteiro central seria suficiente para evitar muitas colisões frontais.⁹⁴ A utilização de um amplo canteiro central com espaço aberto, também pode ser útil como reserva de terra para uma futura expansão da via, a fim de evitar invasões de veículos nas faixas adjacentes.

Deve ser fornecido um alargamento na via que tenha tamanho suficiente para proporcionar o raio ideal necessário para que os veículos possam virar para outra direção, com a garantia de que estes não bloquearão a estrada durante essa manobra, tal qual mostrado na Figura 5.108 e 109. Também devem ser oferecidas aos condutores faixas de conversão exclusivas, que visam aliviar o congestionamento ou choques entre os veículos que fazem a conversão e os que não fazem a conversão. Isto inclui disponibilizar para os veículos grandes, especialmente ônibus ou articulados, espaço suficiente para que possam virar, sem que seu volume (por exemplo a carroceria de um caminhão) invada uma faixa de passagem. Deve ser considerada também a distância da faixa de retorno, até aos pontos de acesso, a fim de reduzir o congestionamento, visto que a ocorrência de congestionamentos, depende da quantidade de veículos que trafegam na estrada.

⁸⁸ Beck, D. 2016. Guidance on median and centreline treatments to reduce head-on casualties (n° AP-R519-16).

⁸⁹ Bahar, G. B., Masliah, M., Wolff, R. et Park, P. 2007. Desktop reference for crash reduction factors (n° FHWA-SA-07-015 ; 7067). United States. Federal Highway Administration. Office of Safety.

⁹⁰ Turner, B., Steinmetz, L., Lim, A. et Walsh, K. 2012. Effectiveness of road safety engineering treatments (n° P-R422/12).

⁹¹ Austroads road safety toolkit.

⁹² King, M. R., Carnegie, J. A. et Ewing, R. 2003. Pedestrian safety through a raised median and redesigned intersections. Transportation research record, 1828(1), 56-66.

⁹³ The Federal Highway Administration, FHWA. 2019. State Best Practice Policy for Medians—FHWA-SA-11-019. FHWA Safety Program. Acessado em https://safety.fhwa.dot.gov/ped_bike/tools_solve/fhwas11019/fhwas11019.pdf.

⁹⁴ SANRAL. Geometric Design Guidelines.

Figura 5.108: Retorno em canteiro central estreito (com faixa de espera).



Fonte : Al-Jameel, H. A. 2015. Contribution to the U-turn Design at Median Openings in Iraq: Al-Najaf City as a Case Study. Kufa Journal of Engineering, 6(1).

Figura 5.110: Veículos usando o canteiro central elevado como faixa de rodagem durante congestionamentos.



Fonte : Great about Perth. Acessado em <https://whatssogreataboutperth.wordpress.com/2010/03/16/traffic-in-perth-ha/>.

Solução: O canteiro central deve ser elevado adequadamente para impedir que os veículos o utilizem como faixa adicional.

- Tanto os canteiros centrais quanto as elevações na pista podem ser usados ilegalmente pelos motoristas durante os congestionamentos no trânsito (ver figuras 5.110 e 5.111). Barras de calçamento ou postes flexíveis devem ser usadas nos canteiros centrais, particularmente em trechos nos quais o congestionamento pode levar os motoristas a utilizarem ilegalmente o canteiro central como faixa. Sinais frangíveis podem ser usados em intervalos nos canteiros centrais elevados para impedir que os motoristas os usem como uma faixa adicional durante o congestionamento.

Figura 5.109: Veículo que ao virar invade o espaço da estrada destinado ao tráfego que se aproxima.



Fonte : Sharma, V. K., Mondal, S. et Gupta, A, 2017

Figura 5.111: Retorno ilegal sobre a mediana.



Fonte : Ghana web. Acessado em <https://www.ghanaweb.com/GhanaHomePage/features/Tema-Motorway-A-necessary-death-trap-872413?gallery=1>.

Solução: Os canteiros centrais devem ser projetados para proibir os retornos ilegais, porém devem dispor de aberturas adequadas destinadas ao retorno dos veículos.

- Aberturas desnecessárias (tanto para travessias de pedestres quanto para o retorno de veículos) devem ser removidas dos canteiros centrais. Além disso, canteiros centrais pequenos e estreitos também devem ser evitados sempre que possível. As Figuras 5.112 a 5.115 ilustram algumas faixas medianas inseguras e seguras.
- A restrição dos movimentos para conversão nos canteiros centrais elevados pode ser um problema e a opinião e a aceitação da comunidade devem ser consideradas. Poderá ser necessária a disponibilização regular de

Exemplos de faixas medianas inseguras

Figura 5.112: Abertura mediana insegura levando ao encontro com o contrafluxo.



Fonte : World Highways. India's road to safety. Acessado em <https://www.worldhighways.com/sections/world-reports/features/indias-road-to-safety/>. 15 novembre 2019.

Exemplos de medianas seguras

Figura 5.114: Canteiro central elevado com faixa de conversão dedicada para retorno.



Fonte : National Highway Authority. 2019. Guidelines for Road Safety Engineering, Part 1. Government of Pakistan. Acessado em <http://www.roadssafe-ty-pakistan.pk/download/Guidelines-for-road-safety-engineering-part-1.pdf> November 15, 2019

- brechas nos canteiros centrais para resolver esta questão (se deve garantir que tais brechas nos canteiros sejam bem concebidas e que disponham de instalações adequadas às conversões).
- As larguras apropriadas dos canteiros centrais devem ser determinadas segundo a classificação da estrada e a função do canteiro central. Isso incluirá a verificação da necessidade de movimentos de conversão na via (entradas e saídas em ruas laterais), a exigência da

Figura 5.113: Instalação de um canteiro central fora do padrão, que contém uma abertura insegura, em uma estrada de alta velocidade.



Fonte : Tony Mathew (s.d.). Mathew T. 2019. Road Safety Infrastructure Facility Standards – Indian. International Road Federation. Acessado em https://www.unescap.org/sites/default/files/3.3%20India_Mr.%20Tony%20Mathew.pdf. November 15, 2019.

Figura 5.115: Canteiro central elevado na estrada.



Fonte : © D. Allen Covey/VDOT

- instalação de faixas para retorno dos veículos e também para a utilização por pedestres.
- Verifique se há visibilidade adequada para os motoristas que entram/saem dos acessos e para os que estão nos cruzamentos.
 - O canteiro central deve ser bem visível, tanto durante o dia como durante a noite, e deve contrastar com o pavimento da pista de rodagem.
 - Devem ser fornecidos previamente alertas claros e visíveis que indiquem a existência de canteiros centrais elevados.

- Instalações apropriadas para drenagem da água, devem ser incluídas juntamente com a instalação dos canteiros elevados.
- A colocação de faixas de ruído, meios-fios e pavimentos elevados, deve ser cuidadosamente considerada para evitar que sejam um perigo para os veículos de duas rodas. Da mesma forma, canteiros centrais pintados e com baixa resistência à derrapagem, não devem ser usados em locais nos quais possam se tornar um perigo para esses usuários da estrada.
- Canteiros centrais elevados feitos de plástico também podem ser usados como escudos adicionais que visam evitar o ofuscamento da visão dos motoristas em faixas de tráfego opostas (figura 5.116).
- O volume de tráfego deve ser cuidadosamente considerado ao implantar um canteiro central. As medianas com fluxo de quatro pés têm benefícios de segurança positivos ($CMF < 1$) sob volumes médios de

Figura 5.116: Barreira anti-ofuscante no meio do canteiro central.



Fonte : © Alina F. Burlacu/GRSF/Banco Mundial.

tráfego diários mais baixos (por exemplo, ≤ 6.000), enquanto os benefícios são negativos ($CMF > 1$) quando os volumes médios de tráfego diários são maiores (por exemplo, ≥ 15.000).⁹⁵

- Medianas niveladas com faixas ou barras de vibração foram consideradas as medianas mais seguras na redução de sinistros, seguidas por medianas elevadas e segmentos indivisíveis.⁹⁶

Leitura adicional

- The American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO. 2018. A Policy on Geometric Design of Highways and Streets—Green Book. 7th edition. Importante ler: capítulo 4, Cross-sectional elements.
- Austroads. Guide to Road Design. Importante ler: parte 3, Geometric Design.
- Florida Department of Transportation. 2017. 2014 Median Handbook FDOT. <https://www.fdot.gov/docs/default-source/PLANNING/systems/programs/sm/accman/pdfs/FDOT-Median-Hand-book-Sept-2014.pdf>.
- Kennaugh D. Median Design. Acessado em <https://www.cedengineering.com/userfiles/Median Design.pdf>.

⁹⁵ Li, X., Liu, J., Yang, C. et Barnett, T. 2021. Bayesian Approach to Developing Context-Based Crash Modification Factors for Medians on Rural Four-Lane Roadways. Transportation Research Record, 03611981211007141.

⁹⁶ Jiang, X., Yan, X., Huang, B. et Richards, S. H. 2011. Influence of Curbs on Traffic Crash Frequency on High-Speed Roadways. Traffic Injury Prevention, vol. 12, n° 4, pp. 412-421.

Estudo de casos/ Exemplos

Medianas centrais e aberturas medianas em Adis Abeba ^{a,b}

Figura 5.117: Mediana estreita e insegura.



Fonte : James Jeffrey/The World. The World, US-Ethiopia relationship changing amid Horn of Africa power struggle. November 8, 2018. <https://www.pri.org/stories/2018-11-08/us-ethiopia-relationship-changing-amid-horn-africa-power-struggle>.

Canteiro central estreito e inseguro, com largura insuficiente para fornecer refúgio aos pedestres que atravessam a via (figura 5.117). Os pedestres são obrigados a permanecer sobre as faixas de trânsito. O contraste e a altura do canteiro central podem não ser visíveis para os usuários da estrada, especialmente em condições de pouca luz.

Nota: Deve ser ofertada uma largura suficiente no canteiro central para proteger os pedestres quando estes atravessarem rodovias de múltiplas faixas. Em algumas situações nas quais a largura é inadequada, a instalação de uma barreira mediana alta pode ser considerada.

Um canteiro central com árvores e arbustos em Adis Abeba ajuda a tornar a rua mais verde, evita conflitos entre veículos e proporciona um refúgio seguro para a travessia de pedestres. As aberturas centrais para pedestres também são dimensionadas adequadamente e as aberturas mais largas possuem postes de concreto para evitar que os veículos as utilizem como áreas para manobras de retorno (figuras 5.118 e 5.119). No entanto, a vegetação pode obscurecer a visão dos pedestres e precisa de ser mantida adequadamente para garantir a visibilidade para os outros usuários da estrada.

Figura 5.118: Ampla abertura central com postes de concreto.



Fonte : © John Barrell

Figura 5.119: Ouverture du terre-plein central pour les piétons



Fonte : Eskindir, Z. 2019. Investigation of the Effect of Roadway Elements on Traffic safety in Addis Ababa: A Case of Nifas Silk Lafto Sub City (Tese de doutorado, Addis Ababa University).

^a. Welle, B., Liu, Q., Li, W., Adriazola-Steil, C., King, R., Sarmiento, C. et Obelheiro, M. 2015. Cities safer by design: guidance and examples to promote traffic safety through urban and street design.

^b. Eskindir, Z. 2019. Investigation of the Effect of Roadway Elements on Traffic Safety in Addis Ababa: A Case of Nifas Silk Lafto Sub City (Tese de doutorado, Addis Ababa University).

5.10. Pavimentação de estradas

Descrição geral

As características da superfície da estrada afetam a segurança rodoviária de diversas maneiras. Uma das maneiras é o atrito superficial que afeta a resistência dos pneus ao deslizamento ou a derrapagem na superfície da estrada. Essa força de atrito, conhecida como resistência à derrapagem, fornece a aderência que um pneu precisa ter com o pavimento da estrada para manter o controle do veículo e para as frenagens de emergência. A resistência à derrapagem é particularmente importante em condições de chuva, pois a água no pavimento atua como lubrificante, reduzindo o atrito dos pneus com a superfície do pavimento. Além das condições climáticas e da presença de água no pavimento, o potencial para uma derrapagem depende principalmente da velocidade do veículo, do escoamento da água na curva, da magnitude da aceleração ou da frenagem, do estado dos pneus do veículo e das características da superfície da estrada.⁹⁷ As características da superfície do pavimento da estrada que influenciam o atrito dos pneus com a superfície incluem microtextura, macrotextura, megatextura/irregularidades, química dos materiais utilizados, temperatura, condutividade térmica e calor específico.

Microtextura refere-se a irregularidades nas superfícies das partículas de pedra, ou seja, a textura em escala fina. A magnitude da microtextura depende da rugosidade inicial do agregado utilizado na superfície e da capacidade do agregado em reter esta rugosidade contra a ação de polimento gerado pelo desgaste causado pelo tráfego dos veículos. Como tal, a microtextura é uma propriedade relacionada aos agregados e pode ser controlada por meio da seleção cuidadosa desses agregados, assegurando que estes disponham das características desejáveis para resistir ao polimento.

Macrotextura refere-se às irregularidades maiores da superfície da estrada, ou seja, a textura em escala grosseira. A macrotextura inicial na superfície de um pavimento será determinada pelo tamanho, forma e gradação dos agregados utilizados na construção do pavimento, bem como pelas técnicas de construção específicas utilizadas na camada final que é aplicada na superfície do pavimento. A macrotextura também é essencial para fornecer canais para

o escape da água por debaixo dos pneus, o que reduz o potencial de aquaplanagem. Também reduz o potencial de respingos e borrifos da estrada em condições molhadas, o que pode afetar negativamente a visibilidade da estrada em tempo chuvoso.

Megatextura é a irregularidade na escala da superfície de contato entre o pneu do veículo e a superfície do pavimento. Consiste em irregularidades que podem resultar de sulcos, buracos, remendos, perda de pedras na superfície e grandes rachaduras nas juntas, e afeta principalmente os níveis de ruído e a resistência ao rolamento.

Já a rugosidade refere-se a irregularidades superficiais maiores na megatextura que também afetam a resistência ao rolamento, além da qualidade da condução e dos custos operacionais do veículo. Ele fornece uma medida geral da condição do pavimento e é calculado através do Índice Internacional de Rugosidade (IRI).

As condições da superfície do pavimento da estrada também podem ter uma influência significativa nas velocidades dos veículos, o que afeta tanto o risco quanto a gravidade do sinistro. Sulcos extensos ou a presença de buracos podem reduzir a velocidade dos veículos, mas também aumentam o risco para os usuários que trafegam em veículos de duas rodas. A reclassificação ou recapeamento proporciona uma condução mais suave e confortável, com aumentos de velocidade associados. Como tal, o aumento da velocidade resultante de programas de melhoria e de reabilitação de estradas, podem resultar em riscos de segurança mais elevados, a menos que sejam utilizadas estratégias para a mitigação das questões de segurança.

As Figuras 5.120 a 5.122 ilustram vários tipos de revestimento para a pavimentação de estradas.

Implicações para a segurança

- A relação entre a resistência à derrapagem e o risco de colisão é bem compreendida, estando a baixa resistência à derrapagem diretamente relacionada com o aumento dos riscos de ⁹⁸, colisão, especialmente em estradas molhadas. A baixa resistência à derrapagem provavelmente resultará em distâncias mais longas para a frenagem e poderá causar derrapagens longitudinais ou

⁹⁷ Harwood, D. W., Blackburn, R. R. et Heenan, P. J. 1980. Pavement macrotexture review (n° FHWA-RD-80-505 Final Rpt.).

⁹⁸ Wang, C., Quddus, M. A. et Ison, S. G. 2013. The effect of traffic and road characteristics on road safety: A review and future research direction. Safety Science, 57, 264-275.

Figura 5.120: Superfície asfaltada em boas condições.



Fonte : Highways Today. 2017. AfDB funded Thika Highway continues to impact Kenyan lives five years on. <https://highways.today/2017/11/09/afdb-thika-highway-kenya/>.

Figura 5.121: Blocos de concreto (paralelepípedos) pavimentando a via apropriadamente e oferecendo a drenagem adequada.



Fonte : Banco Mundial.

Figura 5.122: Pavimentação da superfície com Otta com resultados satisfatórios em estrada com baixo volume de tráfego e em boas condições. (imagem à esquerda: close-up da pavimentação da superfície com Otta).



Fonte : Banco Mundial

laterais e perda de controle do veículo. A perda de controle do veículo pode levar a colisões fora da estrada, colisões frontais, batidas laterais e colisões traseiras. Estudos realizados em alguns países da UE demonstraram que a utilização de pavimentos rodoviários com uma resistência à derrapagem suficientemente elevada poderiam melhorar a segurança rodoviária, não só reduzindo o risco de deslizamento do veículo, mas também o risco e a gravidade da colisão⁹⁹. Isto ocorre porque os condutores que perdem a capacidade de frear eficazmente têm maior probabilidade de encontrar velocidades de impacto mais elevadas, em comparação com os veículos que desaceleram antes do impacto. O risco de sinistros também é muito maior em cruzamentos com alto volume de tráfego do que em locais com baixo volume de tráfego, devido à maior exposição à deficiência

do pavimento. Os defeitos do pavimento que indicam baixa resistência à derrapagem incluem:

- Uma superfície polida (agregados arredondados ou desgastados) no caminho das rodas;
- “Sangramento” do pavimento (movimento ascendente do betume/asfalto evidenciado por uma película superficial preta e brilhante);
- Acúmulo de óleo ou derramamento de substância escorregadia localizado em um ponto da via (especialmente em curvas e cruzamentos);

⁹⁹ Gothie, M. 1996. Relationship between Surface Characteristics and Accidents, in Proceedings of 3rd International Symposium on Pavement Surface Characteristics, 271-281.

- Perda da camada superior do agregado (pavimento betuminoso); e
- Uma diferença significativa do atrito dos pneus com a superfície do pavimento.
- Vários estudos investigaram a relação entre as características do material utilizado para a pavimentação da superfície da estrada, tais como macrotextura, sulcos, buracos e rugosidade, com os resultados na segurança das rodovias. Esses estudos provêm quase exclusivamente de países de renda alta (PRA) e podem não ser facilmente transferíveis para países de renda baixa e média (PRMB), nos quais podem existir níveis mais extremos de defeitos nas superfícies das estradas, bem como uma combinação de tráfego diferente. No entanto, as evidências indicam que o risco de colisão aumenta consideravelmente quando a espessura da macrotextura é inferior a 1 mm em unidades de profundidade de textura de remendo de areia (SPTD).¹⁰⁰ As taxas de colisão podem aumentar em 25 por cento quando a profundidade do sulco excede 20 mm.¹⁰¹ As pesquisas que relacionam a rugosidade das superfícies com as taxas de sinistros são variados. Um estudo resumindo essas pesquisas indica que o aumento das irregularidades das superfícies está relacionado com os resultados aumentados, diminuídos ou inalterados na segurança.¹⁰² Alguns estudos descobriram que os resultados conflitantes podem ser devido a bons pavimentos que induzem a velocidades mais altas e, portanto a sinistros de maior gravidade.¹⁰³ Um estudo recente ¹⁰⁴ resumiu grande parte da pesquisa anterior e conduziu análises mais aprofundadas sobre esta questão. O estudo encontrou uma relação entre sulcos, rugosidade e segurança, e concluiu que estes podem ser fatores que contribuem para colisões. No entanto, o estudo também identificou que as relações podem não ser claras, sendo necessário combinar informações sobre estes fatores referentes ao pavimento da superfície com outros elementos que contribuem para a ocorrência de sinistros, tais como: fatores humanos e geometria da rodovia.
- Existem evidências que relacionam as condições da

superfície da estrada, particularmente a rugosidade, com as velocidades dos veículos, que afetam o risco e a gravidade dos sinistros. Um estudo recente realizado nos EUA ¹⁰⁵ indica que quando o IRI excede 80 polegadas por milha (127 cm/km), as velocidades reduzem substancialmente; em cerca de 10 mph (16 km/h), quando o IRI aumenta de 80 polegadas por milha para 130 polegadas por milha (206 cm/km). Um estudo que fez a revisão da investigação ¹⁰⁶ baseada na experiência em PAR identificou aumentos de até 10 km/h quando foram feitos recapeamentos que levaram a melhoria dos desníveis, embora a ocorrência de aumentos de velocidade entre 2–5 km/h fossem mais comuns. Um estudo limitado na Índia¹⁰⁷, encontrou uma relação semelhante, com uma diminuição substancial nas velocidades para diferentes tipos de veículos, com velocidades a cair 30-40 km/h quando a rugosidade aumentou de cerca de 470 IRI (cm por km) para 800 IRI. As velocidades foram em torno de 60 km/h nos níveis de rugosidade mais baixos (já uma velocidade livre baixa dado o nível de rugosidade existente), mas caíram para entre 20 e 30 km/h quando o nível de rugosidade era mais alto.

- As evidências indicam uma forte relação entre as mudanças nas velocidades dos veículos e os resultados na segurança. Uma análise abrangente ¹⁰⁸ feita a partir de mais de 100 estudos anteriores, identificou esta relação para diferentes tipos de estradas. Para estradas rurais, os resultados indicam que para cada aumento de 1 km/h na velocidade, há um aumento de cerca de 4,5% no risco de um sinistro fatal. O aumento da velocidade através da reconstrução e melhoria das estradas poderia, portanto, resultar em aumentos substanciais no risco de sinistros, mesmo tendo em conta os benefícios de uma superfície rodoviária de melhor qualidade.

¹⁰⁰ Cairney, P. et Bennett, P. 2008, mai. Managing road surfaces for safety at the network level: is macrotexture enough. Dans 2008 Saferroads International Conference—Managing Roads and Runway Surfaces to Improve Safety. Cheltenham England (pp. 11–14).

¹⁰¹ Cairney, P. 2010. Road safety engineering risk assessment part 11: road safety and maintenance.

¹⁰² Cairney, P. 2010. Road safety engineering risk assessment part 11: road safety and maintenance.

¹⁰³ Li, Y., L. Chunxiao et D. Liang. 2013. Impact of Pavement Conditions on Crash Severity. *Accident Analysis & Prevention*, 59, pp. 399–406.

¹⁰⁴ Mamlouk, M., Vinayakamurthy, M., Underwood, S. et Kaloush, K. 2018, Effects of the International Roughness Index and Rut Depth on Crash Rates *Transportation Research Record*, Vol. 2672(40) 418–429.

¹⁰⁵ Liccardo, N. 2017. Methodology for Roughness-Speed Relationship with SHRP2 Naturalistic Driving Study Data. Unpublished Masters thesis, University of Nevada, Reno.

¹⁰⁶ Liccardo, N. 2017. Methodology for Roughness-Speed Relationship with SHRP2 Naturalistic Driving Study Data. Unpublished Masters thesis, University of Nevada, Reno.

¹⁰⁷ Ch. Ravi Sekhar, J. Nataraju, S. Velmurugan, Pradeep Kumar, and K. Sitaramanjaneyulu. 2016. Free Flow Speed Analysis of Two Lane Inter Urban Highways. *Transportation Research Procedia* 17, 664–673.

¹⁰⁸ Elvik, R. 2009. The power model of the relationship between speed and road safety: update and new analyses, TOI Report 1034: 2009, Institute of Transport Economics, Oslo, Norvège.

A Parceria Global para a Segurança Rodoviária ¹⁰⁹ destacou que é frequente que os esquemas de melhoria e reabilitação de estradas nos países de baixa e média renda, resultem em aumento do tráfego, velocidades mais alta, e aumento dos sinistros. Gichaga (2017)¹¹⁰ relata que as melhorias em uma estrada com 50 km de extensão, com alta qualidade e elevado volume de tráfego, localizada no Quênia, trouxeram consigo a infeliz consequência de veículos dirigidos em alta velocidade colidirem com pedestres que atravessavam em locais não definidos para a travessia, na estrada de alta velocidade (velocidade de projeto de 100km/h). A questão do excesso de velocidade nos países de alta renda (PAR) também foi documentada nos EEUU, observando que as estradas pavimentadas estimulam os motoristas a viajar mais rápido.¹¹¹ Eles sugerem que para facilitar esse aumento de velocidade com segurança, as estradas devem ser mais retas, mais largas e tão livres quanto possível de obstruções para que sejam seguras.

Boas práticas de projeto/ intervenções/ soluções

- A resistência à derrapagem é mais importante em locais onde o desempenho aprimorado da frenagem pode ser necessário, incluindo curvas, aproximações de cruzamentos, áreas próximas a passagens de pedestres, etc.
- As taxas de sinistros podem ser reduzidas significativamente com a implementação de medidas adequadas para aumentar a resistência à derrapagem em locais potencialmente perigosos, como curvas, cruzamentos e pontes. Existem duas opções principais para o tratamento dos pavimentos com baixa resistência à derrapagem:
 - Retexturização: Este tipo de tratamento envolve o retrabalho mecânico aplicado à superfície da estrada existente, visando melhorar suas características de atrito. Os métodos incluem ranhuras de diamante, jateamento com granalha, bush-hammering e jateamento de água em alta velocidade.
 - Recapeamentos: Estes incluem as intervenções no revestimento fino, com custo relativamente baixo. Essas intervenções não apenas melhoram a textura da superfície e a resistência à derrapagem em estradas molhadas, mas também podem vedar a superfície contra a penetração de água e impedir a desintegração da superfície da estrada existente. Elas incluem aplicações de revestimento de superfície e revestimento de alta fricção (HFS) (figuras 5.123 a 5.125)

Figura 5.123: Tratamento do pavimento da superfície, com material de permite um elevado atrito, em curva perigosa.



Fonte : FDOT

Figura 5.124: Uma pavimentação da superfície com material que permite elevado atrito, aplicada em ambos os acessos do cruzamento.



Fonte : iRAP

Figura 5.125: Uma pavimentação (colorida) da superfície com material que permite elevado atrito, aplicada na aproximação de uma mini rotatória.



Fonte : iRAP.

¹⁰⁹ Global Road Safety Partnership. 2008. Speed Management: a road safety manual for decision-makers and practitioners. Geneva.

¹¹⁰ Gichaga, F. J. 2017. The impact of road improvements on road safety and related characteristics. *IATSS research*, 40(2), 72–75.

¹¹¹ FHWA. 2015. *Gravel Roads Construction & Maintenance Guide*. Federal Highways, Washington, DC.

- Dado o fato que a resistência à derrapagem diminui com o passar do tempo, especialmente em estradas com grandes volumes de veículos pesados e em climas tropicais, o monitoramento regular da resistência do pavimento à derrapagem é essencial. Várias autoridades rodoviárias realizam programas periódicos proativos de testes na superfície do pavimento. Essas são priorizadas com base no volume de tráfego, velocidades de operação, requisitos para frenagem, idade e tipo de desgaste, preocupações com colisões em condições molhadas e deficiências conhecidas na drenagem. Os relatórios do teste e da inspeção do pavimento são então avaliados e correlacionados com os níveis recomendados para diferentes situações, por exemplo, curvas, aproximações de cruzamentos sinalizados ou nas travessias para pedestres. Para locais que ficam abaixo do nível recomendado são realizadas investigações adicionais para determinar a ação corretiva que pode ser necessária.
- Embora grande parte das pesquisas sejam relacionadas a melhoria e a reabilitação de estradas asfaltadas, há evidências de que a aplicação dos mesmos princípios de garantia da manutenção regular para proporcionar baixa rugosidade (um IRI de 1,9 m/km) na superfície do pavimento da estrada e fornecer incentivos para um pavimento suave durante a vida útil projetada, garantirá melhor qualidade do pavimento e da construção, podendo reduzir o risco na segurança para todos os usuários.¹¹²
- Deve ser dada especial atenção à resistência do pavimento à derrapagem, nos trechos de estrada nos quais se sabe que o efeito do polimento do agregado causado pelo tráfego é mais frequente. Estes incluem curvas, rotatórias com raios pequenos, trechos nos quais os veículos aceleram ou desaceleram, e em áreas próximas de cruzamentos.
- A escolha de agregados e das misturas do betume que mantenham a resistência à derrapagem (em vez do polimento com o desgaste) pode ser considerada. Estudos mostram que o polimento dos agregados é influenciado pela sua composição mineralógica, sendo que as rochas que contêm partes metamórficas são menos suscetíveis ao desgaste do que os materiais sedimentares, com melhores propriedades de fricção da superfície do pavimento.¹¹³ Considerando-se apenas a escolha do tipo certo de agregados para a superfície da estrada, a distância necessária para a visibilidade durante a frenagem pode ser reduzida em cerca de 10 m em velocidades de 100 km/h e em mais de 20m, quando as velocidades são mais elevadas.¹¹⁴ Como tal, o exame petrográfico é uma ferramenta valiosa para compreender o desgaste dos materiais agregados que resultam no polimento da superfície, assim como a utilização de proporções adequadas em uma mistura asfáltica. Em algumas situações, o uso de agregados sintéticos também pode ser apropriado. Testes laboratoriais e a triagem de agregados, proporcionam o controle necessário sobre a qualidade dos agregados utilizados na mistura asfáltica.
- A seleção do material para a apropriada demarcação do pavimento é importante quando se considera o atrito do pavimento com os pneus, especialmente em condições molhadas. Isso ocorre porque grandes demarcações no pavimento, tais como barreiras para paradas, setas grandes, demarcações de zonas escolares e 'caixas de junção', podem diminuir a resistência à derrapagem, especialmente na aproximação de uma rotatória ou cruzamento.
- Há uma série de estratégias de segurança que podem ser implementadas visando mitigar o aumento dos riscos de colisão, resultantes do aumento da velocidade decorrente do recapeamento. Quando incluídas na concepção inicial, muitas destas intervenções podem ser incluídas com um baixo custo ou mesmo sem custo adicional. Esses incluem:
 - Moderação do tráfego em locais-vulneráveis
 - Instalação de portas de entrada (gateway), na entrada de uma vila ou em outra área construída
 - Limites de velocidade
 - Instalação de acostamentos largos e pavimentados
 - Estreitamento visual de estradas
 - Calçadas segregadas
 - Alargamento de curvas
 - Marcação das linhas centrais e de bordas
 - Sinais prévios de alerta
 - Sinais de advertência avançados com velocidades recomendadas

¹¹² B King University of South Queensland. 2014. The Effect of Road Roughness on Traffic Speed and Road Safety.

¹¹³ West, T. R., Choi, J. C., Bruner, D. W., Park, H. J. et Cho, K. H. 2001. Evaluation of dolomite and related aggregates used in bituminous overlays for Indiana pavements. *Transportation Research Record*, 1757(1), 137-147.

¹¹⁴ Burlacu, F. A., Racanel, C. et Burlacu, A. 2016. The influence of road materials characteristics on road safety. *Revista Romana de Materiale-Romanian Journal of Materials*, 46(4), 552-559.

- Chevrons
- Barreiras (canteiro central e beira da estrada) (ver seção 5.8)
- Avaliação e intervenção no delineamento de curvas
- Melhorar a distância de visão
- Aumentar a visibilidade nos cruzamentos

Leitura adicional

- High Friction Surface Treatments. <https://austroads.com.au/publications/pavement/agpt/04k/types-of-sprayed-seal-treatments/other-treatments/high-friction-surface-treatment>.
- Institute for Transportation and Development Policy. 2019. Street Design Manual for Kenyan Cities. Importante ler: capítulo 4, Street elements.

5.11. Drenagem

Descrição geral

O objetivo principal das instalações destinadas a drenagem é evitar que o escoamento superficial da água atinja a rodovia, além de remover a água das chuvas, ou a água superficial que esteja na rodovia, de maneira eficiente. As instalações para a drenagem de água, incluindo canais, acostamentos e superfícies, captação do fluxo de água oriunda do pavimento da rodovia e da encosta posterior,

transportando esse escoamento para canais maiores ou bueiros contidos no sistema de drenagem. O gradiente para drenagem normalmente é paralelo ao nível da estrada. Um projeto de transporte estável é um componente crítico em canais rodoviários.

As instalações para drenagem nas rodovias podem ser amplamente classificadas em duas categorias principais com base na construção: (1) instalações de canal aberto (figura 5.126) ou (2) instalações para condução fechadas (figura 5.127). As instalações de canais abertos incluem canais paralelos a rodovia, valas medianas, meios-fios, sarjetas, entre outros. Instalações de conduítes fechados incluem bueiros e sistemas para drenagem pluvial.

A estrutura para drenagem inclui:

- Uma calha, ou seja uma área de formato triangular definida pelo meio-fio nas margens das estradas, é uma seção de fluxo de canal aberto para o escoamento. Uma seção da estrada contendo calha pode ser uma contramedida eficaz para reduzir a propagação no pavimento.
- Os meios-fios são colocados na borda externa do acostamento, combinados com uma seção de calha, para controlar a drenagem, melhorar o delineamento, controlar o acesso e reduzir a erosão. Seções com valas, normalmente circulares ou em forma de V (figura 5.128), são usadas em locais nos quais existem meios-fios que são utilizados para evitar que a água eroda a terra do barranco que sustenta o aterro.

Figura 5.126: Canais abertos.



Fonte : Department of Transport and Main Roads, Brisbane, Qld. 2010. Road drainage manual.

Figura 5.127: Drenagem fechada preenchida com materiais porosos, a anti-erosão e anti-queda.



Fonte : Department for International Development, UK. 2003. CaSE Highway Design Note 1, Surface Water Drainage Channels.

Figura 5.128: Drenagem convencional em forma de V.



Fonte : DFID, 2003.

Implicações para a segurança

- A falta de uma boa drenagem pode levar à entrada de água na estrutura rodoviária, provocando danos estruturais e reparações dispendiosas. Já as águas superficiais podem constituir um perigo para a segurança rodoviária. A água no pavimento contribuirá para a ocorrência de sinistros por aquaplanagem e a perda de visibilidade por respingos e borrifos. O objetivo das instalações dedicadas a drenagem é evitar que o escoamento superficial atinja a rodovia e remover a chuva ou as águas superficiais da rodovia, de maneira eficiente.
- A água pode acumular-se no acostamento formando poças, que criam mais um risco.
- A má drenagem provoca desgastes precoces do pavimento e danos nos acostamentos, levando a problemas na condução e a falhas estruturais da estrada (figura 5.129).
- Um estudo mostrou que 22 por cento de todos os sinistros de capotamento por saída da estrada (run-off-the-road) envolveram colisão com uma vala ou aterro. Outro estudo determinou que 55 por cento dos sinistros com capotamento (run-off-road/rollover) dos veículos resultam em ferimentos. Uma proporção muito elevada destes ocorre em estradas rurais.
- Os tratamentos finais dos bueiros podem tornar-se obstruções perigosas para veículos desgovernados (figura 5.130). Os bueiros que possuem paredes desprotegidas próximas à faixa de rodagem são um perigo para os veículos que utilizam o acostamento estanque.
- A drenagem é normalmente mais difícil e dispendiosa nas autoestradas urbanas do que nas rurais. Isto se deve ao escoamento mais rápido de maiores volumes de água, a danos potenciais mais dispendiosos causados por inundações nas propriedades adjacentes, e aos custos mais elevados devido haver mais bueiros e sistemas subterrâneos. Também se deve as maiores restrições decorrentes do desenvolvimento urbano, à falta de áreas naturais de massas de água que possam receber a água das cheias, e a maiores volumes de tráfego de veículos e de pedestres.
- As seções de vala (swale sections) apresentam menos riscos ao tráfego do que um meio-fio quase vertical e uma capacidade hidráulica que não depende do espalhamento no pavimento.
- Os pavimentos (drenagem superficial) normalmente exigem uma inclinação mínima da calha de 0,3% para promover a drenagem, e isso difere dependendo da descarga projetada e da distribuição permitida de água pelo pavimento. Em estradas de alta velocidade e alto volume, deve-se conseguir minimizar a propagação da água nas faixas de tráfego. As características geométricas dos traçados das estradas influenciam muito o projeto para drenagem do pavimento.¹¹⁵
- Coberturas parciais e reparos no pavimento podem resultar em retenção de água na superfície da via (figura 5.131). Sobreposições parciais, seja para corrigir a deterioração do acostamento ou para alargar a superfície

Figura 5.129: Acostamento largo pavimentado e instalação de drenagem em declive.



Fonte : PIARC. 2003. Road Safety Manual, First edition.

Figura 5.130: Parede típica de bueiro a ser ampliada/substituída.



Fonte : © John Barrel.

Figura 5.131: Borda da cobertura do pavimento causando retenção de água na superfície.



Fonte : Federal Highway Administration. 2009. Maintenance of Drainage Features for Safety, US.

¹¹⁵ 115 AASHTO. 2018. Green Book (GDHS-7), US.

da estrada, resultam em uma borda do pavimento no qual a sobreposição termina. Dependendo do tamanho do agregado na mistura de revestimento e do esforço necessário para suavizar a borda do pavimento existente, a água pode ser retida no caminho destinado ao deslocamento. Quando a borda está ao longo do caminho da roda, a fina camada de água retida pode iniciar a aquaplanagem, reduzir a capacidade de frenagem, ou congelar e contribuir para a derrapagem.¹¹⁶

Boas práticas de projeto/ intervenções/ soluções

- Uma parte importante do traçado das autoestradas é a consistência, visto que esta previne que ocorra descontinuidade no ambiente da estrada e também considera a inter-relação de todos os elementos da autoestrada. A inter-relação entre o canal de drenagem e as encostas laterais é importante porque um bom traçado da estrada pode reduzir o potencial e a severidade das colisões que possam vir a ocorrer quando os veículos saem da estrada.
- Seções descontínuas de meio-fio, como nas rampas, e deslocamentos variáveis do meio-fio, não devem ser usados como expedientes para lidar com a drenagem do pavimento, visto que esses recursos podem contribuir para a perda de controle dos veículos que saem da estrada.
- Estruturas de drenagem profundas e abertas próximas à pista devem ser evitadas, pois constituem obstáculos rígidos que podem agravar a gravidade do sinistro.
- Deve ser fornecido um campo de visão adequado para os condutores, de modo a garantir que os veículos possam parar antes de entrar em qualquer área inundada. O perfil longitudinal do canal destinado ao desvio da água deve ser horizontal, de forma que exista a mesma profundidade de água ao longo de todo o comprimento canal. O comprimento do canal para o desvio da água que inunda a estrada deve ser limitado e, sempre que possível, localizado em um trecho retilíneo de estrada. Devem ser instaladas sinalização e delimitações permanentes e temporárias adequadas nos locais que inundam.
- Quando combinada com o desenho de uma estrada elevada por um aterro de terra que visa garantir a drenagem do subleito, a seção transversal simplificada resulta em uma estrada que necessita de custos mínimos de manutenção e de operação, além da ocorrência de menos sinistros graves.
- A altura e a inclinação inadequadas do aterro e de

qualquer outra infraestrutura que podem evitar o desvio do veículo que transita na estrada, podem ser um risco.

- As capacidades e localizações hidráulicas devem ser concebidas de modo a considerar os danos causados às propriedades a montante e a jusante, e a reduzir a probabilidade de interrupção do tráfego por inundações. A drenagem inadequada pode gerar elevados custos de manutenção e condições operacionais adversas
- Em áreas de queda significativa de neve, as estradas devem ser projetadas de modo que haja espaço de armazenamento suficiente fora da via de rolamento para a neve arada e drenagem adequada para o derretimento.
- As áreas centrais preferencialmente não devem drenar águas que atravessam faixas movimentadas, porém muitas vezes as faixas internas e os acostamentos das rodovias com múltiplas faixas drenarão a água para a área central, onde uma vala central coleta o escoamento. Os canteiros centrais podem ser drenados por entradas do tipo gota (grate inlets).
- O traçado do canal para drenagem nas zonas rurais, deve incorporar estradas transponíveis, boa visibilidade, controle de poluentes e manutenção econômica. Isso pode ser feito com encostas planas, canais de drenagem amplos, jardins de chuva e deformações e arredondamentos liberais. Nas áreas urbanas, o escoamento é frequentemente capturado por bueiros fechados. Jardins de chuva podem ser usados para reduzir o volume da água do escoamento.

Para os usuários da beira da estrada

- As instalações para drenagem devem ser traçadas de modo a minimizar os seus impactos nos veículos motorizados. As intervenções nas terminações dos drenos não devem se constituir em uma obstrução, seja através da localização do elemento para fora da zona livre de 5 m da borda da pista de rolamento, ou quando isso não for possível uma avaliação deve ser realizada para estabelecer se as intervenções finais resultaram em um bueiro transponível (figura 5.132). Se nenhum tratamento corretivo for possível, deverão ser consideradas barreiras de segurança. Todas as inclinações de acostamento em valas devem ser de no máximo 1:3 e preferencialmente 1:6.
- Em áreas onde as superfícies das estradas estão empenadas, tais como ruas transversais ou rampas, as águas superficiais devem ser interceptadas imediatamente antes da mudança na inclinação transversal. As calhas são usadas para transportar a água coletada pelos canais de interceptação, abertos por meio

¹¹⁶ FHWA Federal Highway Administration. 2009. A Guide for Local Street and Highway Maintenance Personnel, US. https://safety.fhwa.dot.gov/local_rural/training/fhwasa09024/

de cortes nas encostas, visando descarregar a água coletada pelos meios-fios. As calhas podem ser canais abertos ou tubos (figura 5.133), mas calhas ou canos fechados são preferidos para evitar falhas devido acomodações do solo e a erosão.

- Para alertar os condutores sobre locais perigosos (por exemplo, encostas íngremes ou drenos perto de uma faixa de rodagem) e para evitar que os veículos se desviem da faixa de rodagem, devem ser usados meios para dissuasão visuais, sonoros e outros meios físicos, tais como barreiras de segurança. (figura 5.134).
- Quando a capacidade do trecho do meio-fio/calha/pavimento tiver sido excedida (por exemplo, perto de pontos baixos de curvas verticais, travessias de pedestres, etc.), entradas dos drenos conectadas a um tubo de drenagem pluvial podem ser instaladas para desviar o escoamento da superfície da estrada. No entanto, as entradas da grelha não são recomendadas para instalação em locais com curvatura, devido ao potencial entupimento.
- As tampas das entradas e os drenos/canais devem ser concebidos para garantir a segurança do tráfego motorizado, dos veículos, das instalações destinadas a manutenção, dos pedestres e dos ciclistas. As tampas dos drenos devem ser projetadas para suportar, quando necessário, a passagem apropriada de motoristas, ciclistas e de pedestres.
- Para estradas em alta velocidade, as tampas não devem estar localizadas dentro das faixas de tráfego. Se necessário, eles devem estar localizados fora da zona livre.

Figura 5.132: Projeto típico de bueiro estendido e projeto revisado de cabeceira.



Fonte : © John Barrel.

Figura 5.133: Calha canalizada.



Fonte : FOA, 2020. NZ Forest Owners Association. 2020. NZ Forest road engineering manual, operators guide 2020, New Zealand.

Em estradas de baixa velocidade, as tampas das caixas também devem estar localizadas fora das faixas de tráfego, pois podem causar impactos, causar ruído, se soltar e causar problemas na segurança.

Manutenção

- Para evitar a redução da capacidade hidráulica ou seu entupimento, os drenos devem ser projetados e localizados de modo a evitar que o lodo e os detritos transportados em suspensão sejam depositados ao longo do caminho no qual o gradiente longitudinal é reduzido.
- Os materiais para o revestimento (por exemplo, vidro, concreto, calhas, etc.) devem ser selecionados, considerando-se sua flexibilidade, durabilidade, custo e assim por diante.
- Os drenos devem ser mantidos limpos e livres de materiais que possam diminuir a capacidade do canal através de manutenção oportuna e periódica (por exemplo, remoção de lixo, aterro para conter a erosão, remoção de ervas daninhas, etc.). À medida que as águas das cheias recuam, lodo e detritos ficam na superfície da estrada de uma via afetada por uma inundação, e isto pode ser um perigo para os usuários da estrada. A agência rodoviária deve inspecionar cada via que foi inundada, o mais rápido possível e quando necessário limpar a superfície da via.

Figura 5.134: Barreira física em frente ao dreno.



Fonte : DFID, 2

Figura 5.135: Estrada mal drenada com superfície irregular (fonte de sedimentos).



Fonte : -> USAID. 2003. Low- Volume Roads Engineering: Best Management Practices Field Guide, US.

Figura 5.136: Localização ruim da estrada com riacho e ligação hidrológica aos córregos



Fonte : USAID.

Figura 5.137: Deslizamento de terra bloqueando as valas para drenagem.



Fonte : USAID.

- Alguns exemplos de estradas mal drenadas (figuras 5.135 a 5.137).
- Abaixo está um resumo dos graus mínimos; no entanto, nenhuma recomendação geral pode ser feita para a adoção de qualquer eixo de rotação ou condições específicas.

Encostas transversais

- A drenagem de estradas com meios-fios em curvas verticais inclinadas necessita de um projeto de perfil cuidadoso. Em um ponto nivelado em uma curva vertical de cume, não há dificuldade na drenagem, se a curva for suficientemente acentuada ou se a superfície da estrada tiver queda transversal ou superelevação suficiente.
- Os declives planos normalmente podem proporcionar uma drenagem superficial adequada em rodovias não pavimentadas, onde a inclinação transversal é adequada para drenar a superfície do pavimento lateralmente. Em rodovias ou ruas com curvas, devem ser previstos declives longitudinais para facilitar a drenagem superficial.
- O arqueamento da calha em entradas com a abertura junto ao meio-fio deve ser limitado para minimizar efeitos adversos ao dirigir. A largura de um meio-fio vertical ou inclinado é considerada um elemento da seção transversal e deve estar inteiramente fora do percurso da via. Além disso, uma calha de cor e textura contrastantes não deve ser considerada parte do percurso da via.

Quando uma calha tem a mesma cor e textura de superfície que a via e não é muito mais íngreme em inclinação transversal do que o percurso adjacente, ela pode ser considerada como parte do percurso da via. Este arranjo é utilizado frequentemente em áreas urbanas, onde a largura restrita da faixa de servidão, não permite a instalação de uma calha.

- Na seção de transição para uma superelevação, a combinação de um desnível transversal inadequado e um desnível longitudinal no traçado, pode fazer com que a borda do pavimento tenha um desnível longitudinal desprezível. Isto pode levar a uma má drenagem da superfície do pavimento, especialmente em seções transversais curvas. Este comprimento da seção de transição deve ser estreitamente contornado para abranger a forma mais ampla do pavimento, incluindo a seção de desvio tangente e um comprimento igual da seção de escoamento na curva (ver seção 5.4 Superelevação).
- Para esses problemas, pode-se considerar a possibilidade de fornecer um nível mínimo de perfil ou um nível mínimo de borda do pavimento na seção de transição para manter um determinado nível de perfil e de borda do pavimento.

A profundidade de um dreno ou canal aberto na beira da estrada deve ser minimizada e ser inferior a 150 mm para evitar que o veículo capote. Drenos mais profundos devem ser acompanhados de declives mais planos.¹¹⁷

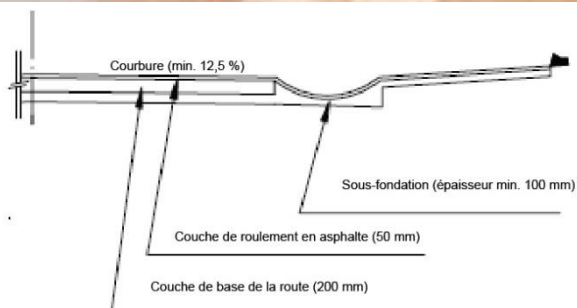
Exemplos de boas práticas

Figura 5.138: Instalação perigosa para drenagem em uma estrada estreita e acidentada.



Fonte : PIARC, 2003.

Figura 5.139: Drenagem tipo prato parabólico (boa hidrodinâmica, porém com baixa capacidade).



Fonte : DFID, 2003.

Encostas laterais

- Um canal de drenagem amplo, plano e arredondado proporciona uma sensação de abertura quando tem uma inclinação lateral de 1V:4H ou mais plana. As condições climáticas devem ser consideradas.

Figura 5.140: A combinação de acessos a rodovia, com a abertura de valas profundas para drenagem aumenta o risco potencial de colisões severas.



Fonte : PIARC, 2003.

Figura 5.141: Drenagem escavada em terra no Malawi.



Fonte : DFID.

¹¹⁷ DFID. 2003. CaSE Highway Design Note 1 Surface Water Drainage Channels. DFID (2003). CaSE Highway Design Note 1, Surface Water Drainage Channels.

Figura 5.142: Drenagem desprotegida.



Fonte : DFID, 2003.

Figura 5.144: Acostamento e drenagem alargados com segurança.



Fonte : DFID, 2003.

Estudo de Caso

Calhas transversais na rodovia, Alemanha¹¹⁸

Na região alemã de Brandemburgo, num setor da autoestrada A10 ao sul de Berlim, existe um trecho rodoviário feito de concreto que é altamente perigoso. Foi construído nos anos imediatamente seguintes à unificação da Alemanha. Embora a sua concepção tenha considerado as condições meteorológicas que incluem fortes precipitações de chuva, devido às alterações climáticas a inclinação transversal proposta não foi suficiente, o que posteriormente resultou num elevado número de sinistros de trânsito, decorrentes do fenómeno de aquaplanagem. O único método adequado para este trecho envolveu a construção de calhas transversais em concreto e cobertas com barras metálicas (figura 5.146).

Figura 5.143: Valas blindadas com vegetação, rocha, alvenaria ou concreto para resistir à erosão da vala.



Fonte : USAID, 2003.

Figura 5.145: Vala à beira da estrada feita com rocha de diferentes tamanhos (enrocamento) para controle de erosão.



Fonte : USAID, 2003.

Essas calhas foram construídas em toda a largura da faixa de rodagem, inclusive na faixa de emergência. As calhas não têm menos de 30 cm de largura, podendo ser montadas várias, ao longo de um trecho, respeitada a distância mínima de 5 metros entre as calhas individuais. Uma análise desta solução utilizando um software informático específico, denominado

Figura 5.146: Calha transversal.



Fonte : Burlacu, F. A., Răcănel, C. et Adrian Burlacu, A., 2018.

¹¹⁸ Alina Burlacu, Carmen Răcănel et Adrian Burlacu. 2018. Preventing aquaplaning phenomenon through technical solutions. Građevinar 12/2018. Acessado em <http://casopis-gradjevinar.hr/assets/Uploads/JCE-70-2018-12-4-1578-EN.pdf>.

“Pavement Surface Runoff Model” (Modelo de Escoamento Superficial do Pavimento) mostrou que as calhas transversais resultam na diminuição da profundidade da película de água de 6 mm para 4 mm, e até para 2 mm, o que diminui consideravelmente o risco de aquaplanagem.

Leitura adicional

- AASHTO. 2018. Green Book (GDHS-7). Importante ler: capítulo 3, Elements of design.
- Austroads 2018. Guide to Road Design Part 5, Drainage—General and Hydrology Considerations.
- USAID. 2003. Low-Volume Roads Engineering: Best Management Practices Field Guide. Importante ler: capítulo 5, Hydrology for drainage crossing design.
- DFID. 2003. CaSE Highway Design Note 1, Surface Water Drainage Channels. <https://www.gov.uk/research-for-development-outputs/case-note-1-drainage>.
- FHWA. 2009. A Guide for Local Street and Highway Maintenance Personnel. https://safety.fhwa.dot.gov/local_rural/training/fhwasa09024/.

5.12. Meios-Fios

Descrição geral

Os meios-fios são elementos elevados ou verticais localizados muito próximos da borda do percurso da via, que geralmente se estendem por 75 a 200 mm acima da superfície da estrada. Eles atendem às seguintes finalidades: controle de drenagem, delineamento da borda do pavimento, delineamento de passarelas para pedestres, redução da faixa preferencial, redução de operações para manutenção, fins estéticos e auxílio no desenvolvimento ordenado das estradas.¹¹⁹

Os meios-fios são comumente usados em áreas urbanas, com grande benefício na contenção da drenagem, dentro da área do pavimento, na separação dos pedestres do fluxo de tráfego e na canalização ou controle do tráfego de entrada e saída de propriedades adjacentes. Eles podem ser colocados em canteiros centrais ou bordas do percurso da via. Os meios-fios podem ser construídos usando vários materiais, incluindo concreto de cimento, granito e concreto asfáltico/betuminoso e são frequentemente combinados com seções de calha.

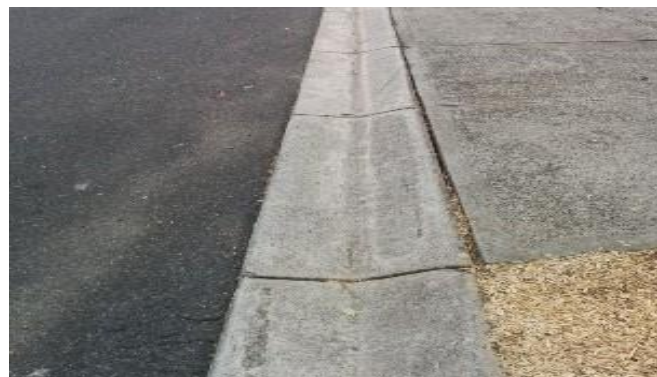
Existem dois tipos básicos de projeto de meio-fio: meio-fio vertical (figura 5.147) e meio-fio inclinado (figura 5.148). Os meios-fios verticais, também chamados de meios-fios de barreira, têm uma face vertical ou quase vertical e impedem os veículos de sair da estrada. Meio-fio inclinado, também conhecido como meio-fio montável, tem uma face inclinada, para permitir que os veículos os invadam facilmente quando necessário.

Figura 5.147: Meio-fio vertical de concreto.



Fonte : Governo do Reino Unido, Departamento de Transportes. 2020. O Secretário de Transportes age para tornar as calçadas mais seguras para os pedestres. Acessado em <https://www.gov.uk/government/news/transport-secretary-acts-to-make-pavements-safer-for-pedestrians>.

Figura 5.148: Meio-fio inclinado que dá acesso à entrada de automóveis.



Fonte : Wayne Eddy. <http://lgam.wikidot.com/fully-mountable-kerb-and-channel-photo-no-1>.

¹¹⁹ AASHTO. 2001. Policy on geometric design of highways and streets. American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC, 1(990), 158

Geralmente são utilizados em situações nas quais é desejável fornecer acesso à beira da estrada em situações de emergência e a propriedades adjacentes. Desses tipos básicos de projeto de meio-fio, existem outros tipos, incluindo meio-fio semi barreira e semi montável com uma variedade de modelos de desenhos.

Implicações para a segurança

- Os meios-fios são usados principalmente em instalações de baixa velocidade e deve-se ter cuidado ao instalar meios-fios em instalações de alta velocidade. De acordo com AASHTO (2010),¹²⁰ a instalação de meios-fios, em vez de acostamentos estreitos e nivelados em estradas urbanas não divididas de quatro pistas, parece aumentar os sinistros fora da estrada e na estrada, e todos os graus de gravidade dos sinistros. A instalação de meios-fios em rodovias suburbanas com múltiplas faixas, em vez de acostamentos estreitos, parece aumentar os sinistros de todos os tipos.
- Os meios-fios verticais têm a capacidade de redirecionar um veículo desgovernado para a direção paralela ao percurso da via, desde que a velocidade e o ângulo do impacto sejam modestos; uma situação aplicável a instalações de baixa velocidade. As capacidades redirecionais ocorrem em velocidades de aproximadamente 40 km/h ou menos.
- Meios-fios verticais ou muito inclinados podem ser um perigo para ciclistas e motociclistas
- Em instalações de alta velocidade, os meios-fios verticais são um risco à segurança (figura 5.149). Um impacto de alta velocidade com o meio-fio introduzirá um movimento de rolamento, uma vez que o centro de gravidade do veículo é muito mais alto do que o topo do meio-fio. Isto, por sua vez, introduz instabilidade na trajetória do veículo, que pode limitar a capacidade de controle do condutor sobre o veículo.

Figura 5.149: Meio-fio vertical perigoso em estrada de alta velocidade.



Fonte : National Highway Authority. 2019. Guidelines for Road Safety Engineering, Part 1. Governo do Paquistão. Recuperado em 15 de novembro de 2019, de <http://www.roadsafetypakistan.pk/download/Guidelines-for-road-safety-engineering-part-1.pdf>.

- Como os meios-fios são usados principalmente para fins de drenagem, eles são frequentemente encontrados em conjunto com encostas laterais íngremes, onde um capotamento seria ainda mais provável.¹²¹
- Figura 5.149: Meio-fio vertical perigoso em estrada de alta velocidade.
- Há circunstâncias que justificam o uso de meios-fios em combinação com barreiras de segurança, por exemplo, na aproximação a estruturas de pontes onde um meio-fio é necessário para fins de drenagem e um guarda-corpo de aproximação também é necessário para proteger os motoristas das encostas laterais íngremes da estrutura. Barreiras de concreto podem ser usadas como dispositivos de drenagem, portanto não há razão significativa para a necessidade de um meio-fio. Também é incomum ter combinações de barreiras flexíveis com meio-fio, uma vez que esses tipos de barreiras acomodam deflexões muito grandes, de até 3 m, e o veículo

¹²⁰ AASHTO. 2010. Highway Safety Manual. American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC.

¹²¹ National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2005. Recommended Guidelines for Curb and Curb-Barrier Installations. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13849>.

Figura 5.150: Exemplo de combinação perigosa de meio-fio e barreira com a barreira de aço localizada logo atrás do meio-fio.



Fonte : UNESCAP. 2017. Recommended Design Guidelines on Road Infrastructure Safety Facilities for the Asian Highway Network. Acessado em <https://www.unescap.org/resources/recommended-design-guidelines-road-infrastructure-safety-facilities-asian-highway-network>.

Figura 5.152: Meio-fio triplo em Bucareste, limitando o acesso de pedestres.



Fonte : UTIPEC, Delhi Development Authority. 2011. Kerb Heights for Footpaths and Medians PPT. New Delhi.

provavelmente subiria no meio-fio enquanto interagisse com a barreira. As barreiras semirrígidas, por outro lado, são amplamente utilizadas em conjunto com meios-fios, e um projeto inadequado desta combinação meio-fio-barreira, pode resultar em trajetórias de impacto imprevisíveis, fazendo com que os veículos saltem ou passem por baixo da barreira (ver figura 5.150).

- Meios-fios muito altos (maiores que 150 mm) nas bordas de calçadas limitam o acesso dos pedestres (veja as figuras 5.151 e 5.152).

Figura 5.151: Meio-fio muito alto (aprox. 250 mm) limitando o acesso de pedestres à calçada



Fonte : Cozmei, V. 23/04/2019. A calçada em Bucareste com três fileiras de meios-fios diferentes. https://www.hotnews.ro/stiri-administratie_locala-23104851-foto-trotuarul-din-bucuresti-trei-randuri-borduri.htm.

Boas práticas de projeto/ intervenções/ soluções

- Meios-fios verticais são recomendados para áreas construídas adjacentes a caminhos com tráfego considerável de pedestres, caminhos de uso compartilhado e em baias para parada de ônibus (figuras 5.153 e 5.154). Isto porque reduzem o risco para os pedestres, não apenas como barreira física, mas também como barreira psicológica, uma vez que os condutores geralmente tendem a evitar a linha do meio-fio.
- Embora os meios-fios devam ser concebidos para desencorajar os motoristas a invadir a área de pedestres, é desejável que os pedestres ainda sejam capazes de subir e descer a calçada até o percurso da via. A altura típica mais utilizada para o meio-fio é de 150 mm.
- Nos locais destinados a travessia de pedestres, os meios-fios rebaixados são ideais, pois permitem que os pedestres, especialmente os deficientes físicos, os idosos e aqueles com carrinhos de bebê, atravessem a rua com facilidade¹²².
- Como alternativa, particularmente em passagens não sinalizadas como sendo prioritárias para o cruzamento de pedestres, a faixa de rodagem pode ser elevada ao nível

¹²² Banco Mundial. 2013. Improving Accessibility to Transport for People with Limited Mobility : A Practical Guidance Note. Washington, DC. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/17592> Licence : CC PAR 3.0 IGO.

Figura 5.153: Meio-fio vertical adjacente à calçada.



Fonte : Designing Buildings. 2021. Kerbs. <https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Kerbs>. Banco Mundial. 2013. Improving Accessibility to Transport for People with Limited Mobility: A Practical Guidance Note.

Figura 5.154: Meio-fio rebaixado em ambas as extremidades da faixa de pedestres com piso tátil.



Fonte : Zigmars Rozentals. 2017. The “Curb cut effect”—why making things accessible helps everyone, Medium. <https://medium.com/@rozentals/the-curb-cut-effect-why-making-things-accessible-helps-everyone-2f712b2c86e>.

- do passeio e funcionar como medida de controle de velocidade (ver também secção 3.2).
- Quando forem usados meios-fios rebaixados, eles precisam ser combinados em ambas as extremidades do local de travessia, com uma superfície de pavimentação tátil, para facilitar a circulação de pessoas com deficiência visual (figura 5.155). Meios-fios rebaixados também são usados para permitir o acesso de veículos às propriedades (figura 5.156).
 - Onde a ocorrência de invasões por motoristas na área de pedestres for um problema podem ser empregadas técnicas de proteção tais como postes de amarração e floreiras, em vez de meios-fios mais altos.

Figura 5.155: Meio-fio do ponto de ônibus para facilitar o acesso dos passageiros.



Fonte : Designing Buildings, 2021.

Figura 5.156: Meio-fio rebaixado para acesso à propriedade.



Fonte : © Merton Council/Gouvernement du Royaume-Uni

- Meios-fios inclinados são geralmente usados nas seguintes situações:
 - Nas ilhas montáveis externas (truck aprons) em interseções, pequenas ilhas de canto, e rotatórias para destacar os caminhos padrão a serem percorridos por veículos.
 - Para definir a borda de uma faixa de rodagem na qual o cruzamento do acostamento ou faixa de estacionamento adjacente é oposto ao da faixa de rodagem.
 - Onde a travessia ou invasão por veículos maiores que os veículos projetados é permitida (por exemplo, em rotatórias) ou esperada em condições de emergência (caminhões bombeiro, etc.).

- Em cicloviás e caminhos para pedestres ao longo da borda gramada dos percursos asfaltados da via, para reduzir danos ao caminho causados pela grama que pode invadir o asfalto da trilha. Meios-fios ao longo do percurso da via também proporciona contraste visual com a borda do caminho e evita a erosão do material da borda da via.
- O uso de meios-fios é geralmente desencorajado em estradas de alta velocidade (superiores a 60 km/h) devido ao seu efeito na trajetória de um veículo no momento do impacto. No entanto, eles podem ser necessários quando existem restrições para a faixa preferencial da via, considerações para drenagem, controle de acesso, delineamento e outras funções do meio-fio. Recomenda-se que meios-fios inclinados sejam usados quando tal necessidade existir e devem estar localizados na borda externa dos acostamentos e não na borda de percurso da via. Meios-fios inclinados também habilitam o acesso à beira da estrada nas situações de emergência, e ainda possibilita que os motoristas estacionem longe do percurso da via, caso a largura estanque dos acostamentos não seja suficientemente larga.
- Dado que a aparência do concreto de cimento e dos meios-fios feitos com betume oferecem pouca visibilidade, em contraste com os pavimentos normais, particularmente durante condições de nevoeiro ou à noite quando as superfícies estão molhadas, a marcação dos meios-fios com materiais refletorizados, tais como tintas (figura 5.158) e termoplásticos, ou a fixação de meios-fios refletorizados, contendo marcadores no topo do meio-fio, aumentam sua visibilidade. Limpeza ou repintura periódica são necessárias para manter essa visibilidade.
- Para combinações de meio-fio e barreira, é importante observar que um meio-fio pode afetar a trajetória de um veículo, o que muitas vezes envolve a transformação da energia cinética longitudinal em energia cinética vertical e rotacional, que são difíceis de controlar. Por esta razão, uma abordagem do projeto é de colocar o meio-fio atrás da face da barreira ou nivelado com a barreira e limitar a deflexão da barreira através do reforço. Recomenda-se que o meios-fios que serão utilizados sejam do tipo inclinado e não tenha mais de 100 mm de altura. Os métodos comuns de endurecer o guarda-corpo incluem

Figura 5.157: Meio-fio inclinado instalado no canteiro central para permitir a montagem ocasional de veículos na ilha de tráfego conforme necessário, enquanto o meio-fio vertical na borda do percurso da via delinea a trilha, e desencoraja a entrada de veículos.



Fonte : UNESCO. 2017. Recommended Design Guidelines on Road Infrastructure Safety Facilities for the Asian Highway Network. <https://www.unescap.org/resources/recommended-design-guide-lines-road-infrastructure-safety-facilities-asian-highway-network>.

Figura 5.158: Meio-fio pintado em canteiro central. Este meio-fio porém, não permite o acesso de pessoas com deficiência na travessia.



Fonte : UTTIPEC, Delhi Development Authority. 2011. Kerb Heights for Footpaths and Medians PPT. New Delhi.

aninhar duas seções de viga W, adicionar uma viga W na parte traseira da barreira, adicionar um trilho de atrito e reduzir o espaçamento dos postes. Uma segunda

abordagem é deslocar lateralmente a barreira atrás do meio-fio por uma distância suficiente que permita que um veículo que a atravessa retorne seu percurso sem provocar sinistro.¹²³ Esta distância dependerá da velocidade de impacto, mas recomenda-se que seja adotada uma distância mínima de 2,5 m para velocidades de operação superiores a 60 km/h. Deve-se ter em mente que a situação alternativa na qual a barreira é omitida pode não ser um resultado aceitável na segurança. São necessárias considerações cuidadosas e avaliação de riscos na segurança, para locais nos quais a solução acima não pode ser alcançada, e ainda, para determinar se um resultado modificado é mais seguro do que não instalar nenhuma barreira.

Leitura adicional

- AASHTO. 2001. Policy on geometric design of high-ways and streets. American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC, 1(990), 158. Importante ler: capítulo 4, Cross-sectional elements.
- AASHTO. 2010. Highway Safety Manual. American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC Importante ler: A3, Roadside elements.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2005. Recommended Guidelines for Curb and Curb-Barrier Installations. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13849>.
- Transportation Officials. Task Force for Roadside Safety. 2011. Roadside design guide. AASHTO. Importante ler: capítulo 3, Roadside topography and drainage features.
- UNESCAP. 2017. Recommended Design Guidelines on Road Infrastructure Safety Facilities for the Asian Highway Network. <https://www.unescap.org/resources/recommended-design-guidelines-road-infrastructure-safety-facilities-asian-highway-network>.
- UTTIPEC, Delhi Development Authority. 2011. Kerb Heights for Footpaths and Medians PPT. New Delhi. <https://www.slideshare.net/UTTIPECworks/uttipec-street-design-guidelines>.

5.13. Sinalização vertical

Descrição geral

Os sinais de trânsito são colocados pela autoridade de trânsito, através dos poderes conferidos pela legislação nacional específica, para fornecer avisos, informações e detalhes de restrições ou regulamentos aos usuários da estrada em momentos apropriados para que possam modificar o seu comportamento e conduzam em conformidade com a sinalização. Além das placas de alerta de aproximação, existem outras para uso no próprio local, como sinais de direção (chevrons) nas curvas ou cruzamentos e placas regulatórias no ponto de fiscalização. As três funções principais dos sinais de trânsito são regular, alertar e informar. Além disso, há cada vez mais sinalização comercial ou publicitária nas rodovias. Estes não são estritamente sinais de trânsito, mas têm impacto na segurança dos usuários da estrada.

À medida que a tecnologia dos veículos avança, a boa qualidade e a sinalização consistente tornar-se-ão cada vez mais importantes.

Os sinais comerciais (regulamentados e não regulamentados) são cada vez mais comuns nas áreas urbanas e, embora não sejam estritamente sinais de trânsito, podem ter um impacto significativo na segurança rodoviária. A polícia e alguns outros organismos públicos e as autoridades estatutárias também têm o direito de colocar sinais de trânsito, mas apenas nas circunstâncias limitadas, previstas pela legislação pertinente.

Embora o governo nacional/federal defina a legislação que rege a aparência e o significado dos sinais de trânsito, as decisões sobre quais sinais colocar e em que cenário, são da responsabilidade das autoridades de trânsito.

Os aspectos legais da sinalização são por vezes mal compreendidos pelos profissionais, particularmente a proibição de uma autoridade inventar unilateralmente os seus próprios sinais não padronizados.

¹²³ Transportation Officials. Task Force for Roadside Safety. 2011. Roadside design guide. AASHTO.

- A utilização de sinalização não aprovada pelas autoridades rodoviárias, em vias públicas sem autorização da autoridade nacional/federal pode ser considerada ilegal.
- A colocação de uma sinalização não autorizada na rodovia, é uma obstrução e as possíveis consequências podem ser graves.

A Convenção das Nações Unidas sobre Sinalização Rodoviária e sinais, comumente conhecida como Convenção de Viena, é um tratado multilateral projetado para aumentar a segurança rodoviária e ajudar o tráfego rodoviário internacional, padronizando o sistema de sinalização para o tráfego rodoviário em uso internacional. Foi introduzido pela primeira vez em 1931 e o último Acordo Europeu foi em 1971. A adesão a Convenção de Viena, no entanto, não é universal.

Os sinais de trânsito usados pelos países das Américas são significativamente influenciados pelo Manual sobre Dispositivos Uniformes de Controle de Tráfego (MUTCD), lançado pela primeira vez em 1935. Isso reflete a influência dos Estados Unidos. Existem também vários signatários americanos da Convenção de Viena. Ambos os sistemas são amplamente utilizados internacionalmente.

Com o aumento do fluxo e da velocidade do tráfego, a convenção de sinalização é usar mais pictogramas ou símbolos, do que palavras para transmitir a mensagem. Os sinais em conformidade com a ONU devem utilizar mais pictogramas, em contraste com as variantes dos EUA, mais baseadas em texto. Na verdade, a maioria das nações pan-americanas utiliza mais símbolos do que o permitido no MUTCD dos EUA.

Existe um grupo diferente de sinais para cada função, e os sinais em cada grupo têm um formato uniforme para ajudar

os motoristas a reconhecê-los rapidamente. Os três grupos são:

Sinais regulatórios. Esses sinais dão ordens. Dizem aos condutores o que não devem fazer (proibitório) ou o que devem fazer (obrigatório). A maioria deles assume a forma de um disco circular, embora dois sinais, o sinal de PARE (STOP) e o sinal de preferencial (GIVE WAY/YIELD), tenham formas individuais distintas.

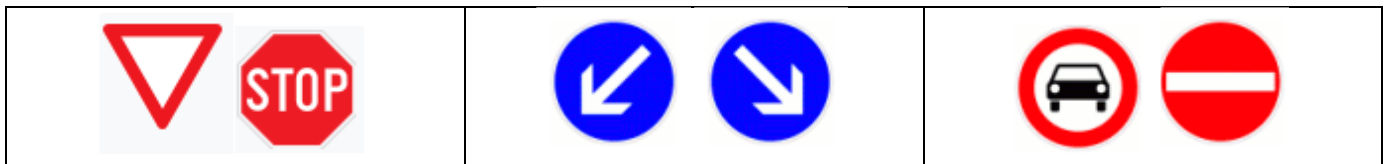
Sinais de Alerta. Eles alertam os motoristas sobre algum perigo ou dificuldade na estrada. A maioria deles assume a forma de um diamante ou de um triângulo equilátero apontando para cima.

Quase todos os países das Américas usam sinais de alerta com diamantes amarelos, enquanto os países baseados na Convenção de Viena usam sinais triangulares. Reconhecendo as diferenças nas normas na Europa e nas Américas, a Convenção de Viena considera estes tipos de sinais uma alternativa aceitável ao sinal de aviso triangular.

Placas de informação. A maioria destes sinais fornece aos condutores informações que lhes permitem encontrar o caminho até ao seu destino ou informações sobre as instalações. É um grupo variado de sinais, mas todos têm formato quadrado ou retangular antes de uma junção. Nas junções eles incluirão uma extremidade triangular. A cor do fundo depende do estado da rota (ou seja, autoestrada ou estrada principal ou local).

Sinalização comercial. Sinais comerciais são grandes estruturas de publicidade externa (um 'outdoor'), normalmente encontradas em áreas de tráfego intenso, como ao longo de estradas movimentadas. Eles apresentam

Sinais regulatórios



Sinais para ceder a preferência de passagem (GIVE WAY) e sinal de PARE (STOP)

O trânsito DEVE passar para a direita ou para a esquerda

Entrada de veículos proibida

Fonte : Bangladesh Road Transport Authority, 2000.

Sinais de Alerta.



A aproximação da próxima curva pode ser perigosa, caso primeiro não haja redução da velocidade

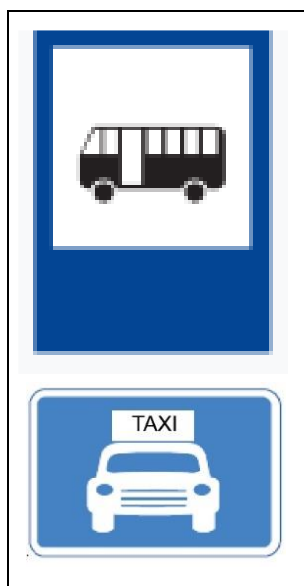
Curva à frente

Obras à frente

Sinal de alerta sobre o cruzamento de animais na pista

Fonte : Bangladesh Road Transport Authority, 2000.

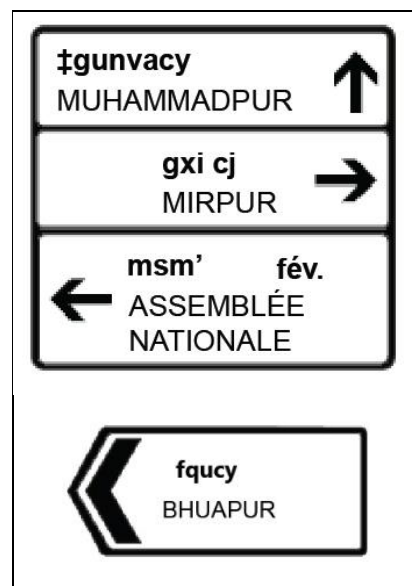
Placas de informação



Placa para Parada de ônibus e placa para o estacionamento de táxis



Sinalização das rotas principais



Sinais de direção locais

Fonte : Bangladesh Road Transport Authority, 2000.

grandes anúncios destinados a chamar a atenção dos pedestres e dos motoristas que passam pela via. Embora estejam presentes na rodovia, não são classificados como sinais de trânsito.

Os maiores outdoors estão localizados principalmente nas principais rodovias, vias expressas ou principais vias arteriais e comandam uma exposição de alta densidade para o consumidor (principalmente ao tráfego de veículos) (figura 5.159). Estes proporcionam maior visibilidade não só pelo seu tamanho, mas porque permitem uma “customização” criativa através de extensões e enfeites.

Outros sinais comerciais incluem sinais de fachada de lojas e placas “A” montadas nos acostamentos (figura 5.160). Todos eles são projetados para serem notados e, conseqüentemente, podem desviar a atenção de outras sinalizações relevantes. Os regulamentos para a sinalização comercial geralmente existem através do processo de planejamento. A sua localização pode constituir uma distração para os condutores e obstruir o movimento dos utilizadores não motorizados, sendo, portanto, uma preocupação de segurança.

Figura 5.159: Publicidade em rodovias – Ucrânia.

Fonte : © John Barrell.

Implicações para a segurança

- Muitas vezes há falta de sinalização nos PRMBs, ou aqueles que são fornecidos não são padronizados e são mal localizados/mantidos.
- Em alguns países em desenvolvimento existe uma multiplicidade de línguas e os sinais escritos requerem numerosas palavras, que podem tornar-se pequenas e difíceis de ler.
- A alfabetização também pode ser limitada.
- A consistência na aparência e na utilização dos sinais é essencial para a segurança rodoviária, tal como a seleção de tamanhos apropriados para determinar a velocidade de trânsito prevalecente.
- Os sinais têm de estar visíveis, com tempo suficiente para que o condutor compreenda a mensagem e possa tomar as medidas adequadas.
- Os sinais podem não ser visíveis à noite devido à má iluminação, falta de manutenção regular ou da falta de fornecimento contínuo de energia.
- Sinais refletivos que não sejam limpos regularmente podem não manter as suas propriedades de desenho.
- A manutenção é vital, pois sinais de má qualidade, tortos ou ausentes, não são capazes de transmitir mensagens com clareza.

Figura 5.160: Alertas para pedestres – Gana.

Fonte : © John Barrell.

- Um problema recorrente com a sinalização é o seu obscurecimento, seja por elementos permanentes como mobiliário urbano, alinhamento das estradas e vegetação, seja por veículos estacionados e, em vias duplas, por veículos em movimento na faixa lateral.
- Os próprios sinais podem obscurecer outras características e podem ser visualmente intrusivos do ponto de vista ambiental.
- Uma questão importante nos países de baixa e média renda é o roubo e o vandalismo da sinalização.
- A utilização excessiva de sinais distrai o usuário da estrada.
- Sinais em demasia podem prejudicar o seu objetivo, sobrecarregando o condutor com informações que levam à confusão ou a uma situação na qual o condutor ignora alguns sinais.
- Sinais de aviso colocados em diferentes distâncias dos perigos associados, em diferentes localidades, por exemplo, podem enganar os usuários da estrada, que se aventuram fora da sua área local.
- A inconsistência na orientação da rota, pode fazer com que os motoristas tomem decisões inseguras e inadequadas sobre a utilização das faixas e nas curvas.
- Os letreiros publicitários são concebidos para atrair a atenção do consumidor e representar uma grande distração. Seu uso proeminente em entroncamentos e locais complexos é perigoso

- Um problema comum ocorre nas obras rodoviárias, pois os sinais são muitas vezes mal colocados pelos empreiteiros.
- Existe uma tendência emergente na literatura que sugere que os sinais publicitários na estrada podem aumentar o risco de sinistros, especialmente para aqueles sinais que têm a capacidade de mudar frequentemente a mensagem (muitas vezes referidos como 'painéis digitais').¹²⁴
- Uma análise abrangente concluiu que o risco de sinistros aumenta aproximadamente 25-29 por cento, na presença de sinais publicitários digitais na estrada, em comparação com áreas de controle.
- Contudo, os estudos baseados em correlações entre sinistros e painéis publicitários enfrentam o problema da subnotificação: os condutores não estão dispostos a admitir a responsabilidade por um sinistro, por isso não admitem que se distraem num momento crucial. Mesmo tendo em conta essa limitação, alguns estudos encontraram taxas de sinistros mais elevadas nas proximidades de publicidade utilizando sinais de mensagens variáveis ou de outdoors eletrônicos.¹²⁵

Boas práticas de projeto/ intervenções/ soluções

- Para alcançar a operação segura e eficiente de uma rede rodoviária, é essencial que toda a sinalização fornecida seja:
 - Necessária,
 - Clara e inequívoca,
 - Transmita a sua mensagem aos usuários da estrada no momento apropriado e seja facilmente compreendida no momento em que é necessária – nem demasiadamente cedo para que a informação possa ser esquecida, nem demasiadamente tarde para a realização segura de qualquer manobra necessária,
 - Não forneça uma distração desnecessária.
- Para obter todos os benefícios da uniformidade, portanto, não deve haver apenas uniformidade de sinalização, mas também uniformidade na sua utilização, localização e iluminação (figura 5.161).
- A localização dos sinais é crítica – eles precisam estar suficientemente adiantados em relação a sua função de

de alertar, para dar tempo suficiente para que a mensagem seja compreendida e obedecida, mas não tão adiantados que a mensagem já tenha sido esquecida no momento em que o objetivo do alerta é alcançado.

- A quantidade de informação fornecida em um único local ou sinal deve ser limitada a não mais do que quatro linhas/mensagens, pois nada mais pode ser absorvido a tempo (figura 5.162).
- Para evitar problemas de sinalização não visualizada a tempo, deve-se prestar atenção à vegetação (tendo em conta o rápido crescimento de vegetação que ocorre sazonalmente) e às restrições para estacionamento.

Figura 5.161: Sinais de orientação inconsistentes.



Fonte : © Alina F. Burlacu/GRSF/ Banco Mundial.

Figura 5.162: O uso excessivo de sinais é uma distração.



Fonte : © Alina F. Burlacu/GRSF/ Banco Mundial.

¹²⁴ Oviedo-Trespalacios, Oscar ; Truelove, Verity ; Watson, Barry ; et Hinton, Jane A. Avril 2019. « The impact of road advertising signs on driver behaviour and implications for road safety: A critical systematic review ». Transportation Research Part A: Policy and Practice, 122: 85-98.

¹²⁵ Farbray, J., Wochinger, K., Shafer, T., Owens, N. et Nedzesky, A. 2001. Research review of potential safety effects of electronic billboards on driver attention and distraction. Washington, DC: Federal Highway Administration.

Figura 5.163: Via expressa com sinalização e iluminação de trevo em Hyderabad, Índia.



Fonte : © Krishnan Srinivasan/ Banco Mundial.

Se for considerado provável o bloqueio da sinalização devido a outros veículos em movimento, devem ser considerados sinais suspensos ou sinais repetidos montados nas laterais.

- Os sinais devem ser visíveis na escuridão. Nas zonas rurais isto pode ser conseguido com sinais refletores; em áreas urbanas pode exigir sinais iluminados externamente ou internamente, dependendo das condições de iluminação prevalentes, uma vez que a refletividade pode ser afetada por outra luz, e os condutores podem não utilizar faróis completamente acesos em áreas urbanas (figura 5.163).
- A manutenção regular é importante para manter a visibilidade, o funcionamento e a presença de sinalização.
- Fazer sinalização em materiais de pouco valor ou indicados para outras utilizações, juntamente com a montagem em altura de difícil acesso (embora ainda seja facilmente vista pelos usuários) pode torná-los menos suscetíveis a roubos. A fixação segura em suportes que são igualmente redundantes se removidos, também ajuda.
- É particularmente importante que não constituam um perigo por si só para os veículos que saem da estrada ou que obstruam a visibilidade ou o movimento.
- Os sinais devem ser colocados longe o suficiente das faixas de rodagem para não representarem perigo, caso um veículo saia da rodovia. Sempre que os sinais possam representar um perigo para veículos desgovernados, estes precisam de ser adequadamente protegidos. Para este fim, os desenvolvimentos recentes incluem uma

variedade de sinais que absorvem a energia do impacto ou caem, porém mesmo quando forem derrubados eles voltam à posição, caso tenha havido uma colisão.

Leitura adicional

- FHWA. 2009. Manual on Uniform Traffic Control Devices (MUTCD). Importante ler: parte 2, Signs.
- UNECE. 2006. Convention de Vienne sur les panneaux de signalisation. Acessado em https://unece.org/DAM/trans/convention/Conv_road_signs_2006v_EN.pdf.
- Department for Transport, gouvernement britannique. 2018. Traffic signs manual. <https://www.gov.uk/government/publications/traffic-signs-manual>.

5.14. Sinalização horizontal

Descrição geral

Uma demarcação de linha (ou marcação rodoviária) é qualquer tipo de dispositivo ou material usado na superfície de uma estrada para fornecer orientação e informações a todos os usuários que nela transitam.

O objetivo essencial da sinalização horizontal é orientar e controlar o tráfego em uma rodovia. Ela complementa a função dos sinais de trânsito, serve como uma barreira psicológica e significa a delimitação de uma via de tráfego e sua distância lateral dos perigos do tráfego. Por isso, são muito importantes para garantir o fluxo de tráfego seguro, suave e harmonioso. É provável que isto se torne mais importante para os veículos autônomos que confiam nas demarcações de boa qualidade na pista, para servir de guia da linha da faixa.

Elas podem ser usadas para delinear as faixas de tráfego, informar motoristas e pedestres, servir como geradores de ruído (quando instaladas com um perfil áudio tátil elevado) ao atravessar uma estrada ou tentar acordar um motorista adormecido, quando instalados nos acostamentos de uma estrada. As marcações na superfície da estrada também podem indicar regulamentos para estacionamento e parada. Podem ser longitudinais (ao longo da estrada); transversal (através da estrada) ou fornecer palavras ou símbolos escritos.

A uniformidade das demarcações é um fator importante para minimizar a confusão e a incerteza sobre o seu significado, e existem esforços para padronizar essas marcações através das fronteiras. No entanto, países e áreas categorizam e especificam as marcações da superfície rodoviária de diferentes maneiras.

- Em geral, os países europeus seguem a Convenção de Viena sobre sinais e sinalização rodoviárias, que descrevem a aparência dos sinais e as demarcações em rodovias. A maioria dos países europeus usa branco para marcações rotineiras de qualquer tipo. Amarelo é usado para marcar estacionamentos proibidos, como pontos de ônibus. No entanto, a Noruega tem marcações amarelas que separam as direções de tráfego.
- Muitos países usam amarelo, laranja ou vermelho para indicar quando as faixas estão sendo mudadas temporariamente para dar espaço a projetos de construção.
- Quase todos os países da América do Norte e do Sul têm linhas amarelas sólidas e intermitentes que separam as direções do tráfego.
- Chile e Argentina têm linhas brancas intermitentes que separam o tráfego, quando as ultrapassagens são permitidas em ambos os sentidos, e linhas amarelas sólidas quando as ultrapassagens são proibidas em ambos os sentidos; quando as ultrapassagens são permitidas em apenas um sentido esses países separam o tráfego com uma combinação de linhas brancas e amarelas.

As marcações lineares desempenham uma função muito importante na transmissão de informações aos usuários da estrada e as exigências que seriam impossíveis de serem comunicadas por meio da utilização de sinais verticais. Elas têm a vantagem de muitas vezes poderem ser vistas quando um sinal vertical está obscurecido e também podem fornecer uma mensagem contínua.

Elas são comparativamente baratas para instalar, mas precisam de manutenção regular, pois o tráfego intenso pode desgastá-las rapidamente. Diferentes tipos de demarcações de linha têm diferentes propriedades de durabilidade e refletividade (descritas abaixo). A seleção do tipo de demarcação de linha deve considerar estes aspectos importantes do desempenho.

Há um esforço contínuo para melhorar o sistema de demarcação rodoviária, e os avanços tecnológicos incluem a adição de retro refletividade, aumento da longevidade e redução do custo para instalação.

Implicações para a segurança

- As marcações de linha têm suas limitações.
 - Eles podem ficar completamente obscurecidas pela neve,
 - Proporcionam menos resistência à derrapagem na superfície da estrada circundante,
 - A remoção e o reposicionamento das demarcações nas rodovias podem deixar uma marcação fantasma que pode confundir os usuários,
 - Sua visibilidade é prejudicada quando molhadas ou sujas, e
 - Sua vida útil é reduzida se a estrada estiver sujeita ao tráfego pesado.
- A marcação dos dispositivos de desaceleração do tráfego é muito importante e por vezes devido à chuva, ou do decorrer do tempo, devido à qualidade da tinta, a marcação não é visível (figura 5.164).

Figura 5.164: Marcações apagadas nas faixas de pedestres no Camboja.



Fonte : © Blair Turner/GRSF.

- Eles dão uma contribuição vital para a segurança, por exemplo, definindo claramente o caminho a ser seguido através de perigos, separando movimentos conflitantes e delimitando a borda da estrada em estradas não iluminadas à noite
- Podem também ajudar a melhorar a capacidade dos cruzamentos e aproveitar o espaço disponível na rodovia. A utilização generalizada de demarcações nas faixas é particularmente desejável, uma vez que incentivam a disciplina nas faixas e melhoram a segurança e a eficiência do fluxo de tráfego.
- A função de orientação é menos crítica (embora ainda importante) à luz do dia ou em estradas iluminadas, porque existem muitas indicações visuais disponíveis que permitem ao condutor avaliar o rumo e a posição. Em estradas sem iluminação à noite, as condições são muito diferentes; os estímulos visuais à distância e nas laterais da estrada estão praticamente ausentes. As demarcações na rodovia tornam-se então a ajuda mais importante para permitir ao condutor seguir o traçado da estrada.
- Uma pesquisa colaborativa europeia, demonstrou que os condutores precisam de ser capazes de detectar as guias demarcadas na pista, a uma distância equivalente a um mínimo de dois segundos de tempo de viagem. Se a visibilidade for inferior a esta, os condutores tendem a ajustar-se tardiamente, quando a estrada muda de direção. Eles correm muito perto da linha central nas curvas próximas ou muito perto da borda da estrada nas curvas do lado oposto (offside) do condutor. Quanto maior for a velocidade predominante do tráfego, maior será a distância de visibilidade necessária para manter este “tempo de visualização” de dois segundos. Se não for fornecido, os motoristas tendem a perder a curva ou prosseguir em uma série de cambaleios.
- Quase todas as pesquisas recentes sobre sinistros foram voltadas para a adição demarcações de linhas nas faixas nas rodovias. Estudos recentes sobre sinistros, bem como aqueles com mais de meio século, mostraram conclusivamente, que a adição de linhas demarcadas nas bordas das rodovias rurais de duas pistas, podem reduzir sinistros e mortes. Em um estudo recente a sobrecarga do motorista foi reduzida depois que linhas de borda foram adicionadas a rodovias estreitas com duas pistas.¹²⁶
- A distância do campo de visão é afetada negativamente pelo brilho dos veículos que se aproximam, advindos do

sentido contrário, faróis ou pára-brisas sujos e especialmente pela chuva; as gotas de vidro que produzem a luminância noturna são ofuscadas pelo excesso de água, reduzindo bastante o brilho da linha demarcada.

- Os condutores mais velhos enxergam menos uma linha demarcada do que os condutores mais jovens; alguém com setenta anos pode sofrer uma redução no campo de visão de mais de 20% em comparação com motoristas na faixa dos vinte anos.

Boas práticas de projeto/ intervenções/ soluções

- O layout da demarcação das linhas deve sempre ser detalhado no desenho do traçado, ainda na fase de elaboração de qualquer projeto ou esquema.
- As demarcações têm duas funções principais:
 - O primeiro é simbólico; o motorista precisa ter aprendido previamente, por exemplo, que uma marcação triangular oca com o vértice voltado para baixo significa “ceder passagem” (yield/give way).
 - A segunda é a orientação; linhas centrais, linhas de borda e linhas de faixa ajudam os motoristas a manter sua posição lateral na estrada. Algumas marcações, por exemplo, linhas de perigo e sistemas de linhas brancas duplas, têm funções simbólicas e de orientação.
- Vários fatores influenciam o tamanho do campo de visão de uma marcação rodoviária. É aumentado quando uma linha é mais larga, ter uma relação marca-espaco (gap) mais alta, ou ter um elevado coeficiente de luminosidade retro refletida (maior contraste com a superfície da estrada durante o dia).
- As linhas longitudinais devem ser projetadas para garantir um alinhamento fluido, evitando mudanças bruscas de direção ou afunilamentos acentuados com o comprimento inadequado (figura 5.165). As demarcações podem ser aplicadas a pista manualmente ou por meio de máquinas, utilizando de tinta, termoplástico ou fitas pré-formatadas.
- Para que as demarcações da linha sejam eficazes, elas precisam ser claramente visíveis, tanto de dia como de noite.

¹²⁶Paul J. Carlson, Eun Sug Park et Carl K. Andersen. 2008. The Benefits of Pavement Markings: A Renewed Perspective Based on Recent and Ongoing Research. US Federal Highway Administration.

Figura 5.165: Desvio inesperado da marcação da linha – Índia



Fonte : Blair Turner/GRSF.

- A maioria das demarcações de linha que possuem função de orientação, precisam ser iluminadas por material retro refletor (figura 5.166). A retro refletividade é obtida pela adição de esferas de vidro aplicadas diretamente na superfície da linha de demarcação, durante o processo de aplicação e, no caso do termoplástico, pela presença de esferas de vidro incorporadas ao próprio material. Isto torna a demarcação muito mais brilhante à noite do que materiais não retro refletivos.

Leitura adicional

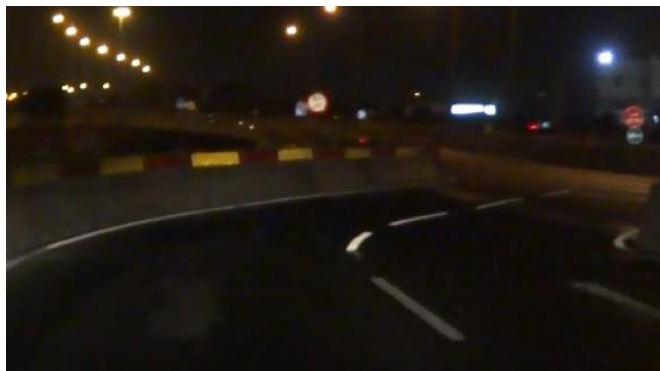
- FHWA. 2009. Manual on Uniform Traffic Control Devices (MUTCD). Importante ler: capítulo 3, Markings.
- Department for Transport, gouvernement britannique. 2019. Traffic signs manual. Importante ler: capítulo 5, Road markings, MUTCD.

5.15. Iluminação pública

Descrição geral

Um poste de luz é uma fonte elevada de luz, geralmente situada no topo de um poste de luz (coluna) padrão, na beira de uma estrada ou percurso, ou no canteiro central de uma faixa de rodagem dividida. Também pode ser suspenso por fios na faixa de rodagem.

Figura 5.166: Marcações de linhas iluminadas por material retro refletor.



Fonte : Training presentation by John Barrell, © Fabian Marsh.

Raramente é fornecido isoladamente, mas como parte de uma rede mais ampla para criar um nível consistente de iluminação através de uma área ou corredor rodoviário mais amplo, geralmente urbano.

Cada vez mais na iluminação urbana estão sendo instalados em balizadores de proteção nivelados com a calçada para proporcionar menos poluição luminosa.

Muitas lâmpadas possuem fotocélulas sensíveis à luz, que ativam a lâmpada automaticamente quando necessário, em momentos nos quais existe pouca ou nenhuma luz ambiente, como ao anoitecer, ao amanhecer ou em condições climáticas escuras. Esta função em sistemas de iluminação mais antigos poderia ser executada com o auxílio de uma placa solar.

Muitos sistemas de iluminação pública estão sendo conectados no subsolo em vez de serem conectados a partir de um poste de abastecimento ao outro que se segue.

A iluminação pública oferece uma série de benefícios importantes. Pode ser utilizada para promover a segurança nas zonas urbanas e para aumentar a qualidade de vida, prolongando artificialmente os horários de luz.

A iluminação pública também melhora a segurança dos motoristas, dos passageiros e dos pedestres.

As lâmpadas incandescentes foram usadas principalmente para iluminação pública até o advento das lâmpadas de descarga de gás de alta intensidade. Elas eram frequentemente operadas em circuitos em série de alta tensão. Os circuitos em série eram populares porque sua voltagem mais alta produzia mais luz por watt consumido. Além disso, antes da invenção dos controles fotoelétricos, um único interruptor ou relógio poderia controlar todas as luzes de um distrito inteiro.

Hoje, a iluminação pública existente geralmente usa lâmpadas de descarga de alta intensidade. As lâmpadas de sódio de baixa pressão (LPS) tornaram-se comuns após a Segunda Guerra Mundial devido ao seu baixo consumo de energia e sua longa vida útil. No final do século XX, as lâmpadas de sódio de alta pressão (HPS) eram as preferidas. Essas lâmpadas fornecem a maior quantidade de iluminação fotópica (colorida) com o menor consumo de eletricidade.

Novas tecnologias de iluminação pública, como LED ou luzes de indução, emitem uma luz branca que fornece altos níveis de lúmens escotópicos (baixo nível), permitindo que luzes públicas com potências mais baixas e lúmens fotópicos inferiores substituam as luzes públicas existentes.

Implicações para a segurança

- As principais vantagens da iluminação pública incluem a prevenção de sinistros e o aumento da segurança.¹²⁷
- Demonstrou-se que as fontes de luz branca duplicam a visão periférica do condutor e melhoram o tempo de reação para que o condutor freie o veículo em pelo menos 25 por cento. Também permitem aos pedestres detectar melhor os perigos que podem causar tropeços no pavimento, e facilitam avaliações visuais de outras pessoas, associando a isso os julgamentos interpessoais.¹²⁸ Estudos comparando lâmpadas de iodetos metálicos e lâmpadas de sódio de alta pressão mostraram que, em níveis iguais de luz fotópica, uma cena de rua iluminada à noite por um sistema de iluminação de iodetos metálicos foi vista como mais brilhante e segura do que a mesma cena iluminada por um sistema de sódio de alta pressão.¹²⁹
- A iluminação pública representa um grande custo em infraestrutura para os PRMB e a falta de manutenção e falhas no fornecimento de energia podem tornar a iluminação instalada menos eficaz. Os avanços na energia solar estão aumentando a viabilidade e a aceitação da iluminação pública, percebida como uma melhoria social e como medida positiva para a segurança das comunidades.
- Existem também perigos físicos na iluminação pública. Os pilares de iluminação pública (postes de iluminação) representam um risco de colisão para motoristas e pedestres.
- A maior parte da informação que os condutores utilizam no trânsito é visual. As condições visuais podem, portanto, ser muito significativas para uma viagem segura.
- No escuro, o olho capta contraste, detalhes e movimento em muito menor grau do que à luz do dia. Esta é uma das razões pelas quais o risco de sinistro é maior durante a escuridão da noite do que durante o dia para todos os usuários da estrada.

¹²⁷ Rea, M. S., J. D. Bullough, C. R. Fay, J. A. Brons, J. Van Derlofske et E. T. Donnell. 2009. Review of the Safety Benefits and Other Effects of Roadway Lighting (rapport du National Cooperative Highway Research Program). Washington, DC: Transportation Research Board.

¹²⁸ Fotios, S. et Cheal C. 2013. Using obstacle detection to identify appropriate illuminances for lighting in residential roads. *Lighting Research & Technology*, 45(3); 362–376.

¹²⁹ Fotios, S. A., et Cheal, C. 2007. Lighting for subsidiary streets: investigation of lamps of different SPD. Part 2—Brightness, *Lighting Research & Technology*, 39(3); 233–252.

- Estudos demonstraram que a escuridão resulta em um grande número de sinistros e mortes, especialmente aqueles que envolvem pedestres; as mortes de pedestres são 3,00 a 6,75 vezes mais prováveis de ocorrerem no escuro do que à luz do dia.¹³⁰
- Muitas autoridades locais (por exemplo, na Inglaterra e no País de Gales) reduziram a iluminação pública durante a noite para poupar dinheiro e reduzir as emissões de carbono. No entanto, a investigação não encontrou qualquer evidência estatística de que qualquer estratégia de adaptação da iluminação pública estivesse associada a uma mudança nas colisões noturnas.¹³¹
- A perda de visão noturna devido ao reflexo de acomodação dos olhos é o maior perigo para os condutores em termos de risco de segurança óptica.
- À medida que os condutores saem de uma área não iluminada para um foco de luz proveniente de um poste de iluminação pública, as suas pupilas contraem-se rapidamente para se ajustarem à luz mais forte, mas à medida que saem do foco de luz, a dilatação das suas pupilas para se ajustarem à luz mais fraca é muito mais lenta, que modo que eles estão dirigindo com a visão prejudicada.
- À medida que uma pessoa envelhece, a velocidade de recuperação do olho torna-se mais lenta, assim sendo, o tempo e a distância que conduzem, com a visão prejudicada aumenta.
- Os faróis de veículos que se aproximam são mais visíveis contra um fundo preto do que contra um fundo cinzento.

O contraste cria maior consciência do veículo que se aproxima. A iluminação precisa, portanto, realçar eficazmente a silhueta de um veículo ou pedestre que se aproxima.

- Ventos fortes ou fadiga metálica acumulada ocasionalmente derrubam as luzes da rua, quando a manutenção não é adequada.
- Da mesma forma, a iluminação pública só é eficaz se estiver funcionando. A má manutenção ou a falta de fornecimento de energia consistente podem torná-los ineficazes e representar risco de colisão.

Boas práticas de projeto/ intervenções/ soluções

- A iluminação é mais apropriada nas ruas urbanas. Os principais locais incluem os cruzamentos de pedestres.
- O nível de iluminação precisa ser consistente e a manutenção é muito importante.
- A iluminação deve proporcionar uma superfície de estrada uniformemente iluminada contra a qual veículos, pedestres ou outros objetos sejam vistos em silhueta (figura 5.167).
- O projeto do sistema de iluminação deve estar relacionado com as características de reflexão da superfície da estrada, a fim de proporcionar a melhor qualidade e quantidade de iluminação.
- Superfícies de cores claras proporcionam melhor visão da silhueta do que superfícies escuras.

Figura 5.167: Iluminação numa aldeia – Índia.



Fonte : Banco Mundial.

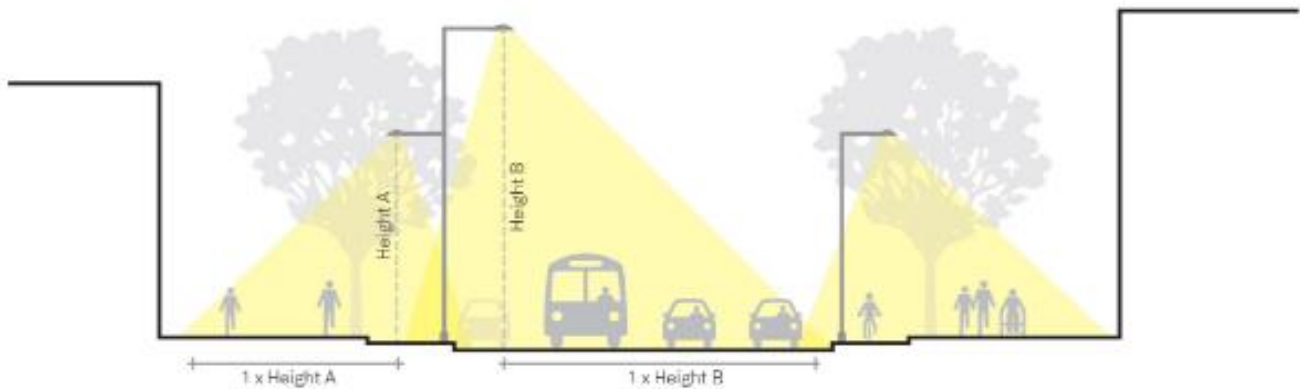
Figura 5.168: Iluminação pública movida a energia solar.



Fonte : Banco Mundial.

¹³⁰ John M. Sullivan et Michael J. Flannagan. 2002. The role of ambient light level in fatal crashes: inferences from daylight saving time transitions. *Accident Analysis & Prevention* Volume 34, Édition 4, juillet 2002, pages 487 à 498.

¹³¹ Steinbach, R., Perkins, C., and Tompson, L. et al. 2015. The effect of reduced street lighting on road casualties and crime in England and Wales: controlled interrupted time series analysis. *J Epidemiol Community Health* 69 :1118-1124.



- Os sistemas de iluminação podem ser caros para instalar e manter. Interrupções frequentes no fornecimento de energia também podem reduzir a eficácia. Os recentes avanços tecnológicos na produção de energia solar estão tornando a iluminação mais apropriada para as comunidades remotas e PRMBs (figura 5.168).
- O espaçamento entre postes de luz é normalmente 2,5 vezes a altura da fonte de luz. Uma única fileira de luzes pode ser suficiente para uma rua estreita, mas são necessárias múltiplas fontes para ruas mais largas.
- Postes de luz muito distantes uns dos outros resultam em áreas escuras e podem deixar os usuários inseguros, além de afetar a percepção do motorista quanto à sombra e à silhueta.
- Colunas de iluminação rígidas podem ser reprojatadas para fornecer postes e colunas de iluminação frágeis (quebráveis) mais tolerantes, ou seja, dos tipos que absorvem impactos ou os de base deslizante (figuras 5.169 e 5.170).



- O risco de colisão pode ser reduzido com a colocação de colunas longe de áreas de escoamento ou projetando-as para se romperem quando atingidas (suportes frágeis ou desmontáveis), protegendo-as com grades de proteção ou marcando as partes inferiores para aumentar sua visibilidade, especialmente para os pedestres.

Figura 5.169: Coluna de iluminação com base deslizante adequada para estradas de alta velocidade com pouca atividade de pedestres e de estacionamento.



Fonte : CAREC, 2018.

Figura 5.170: Colunas de iluminação com absorção de impacto adequadas para ambientes de baixa velocidade com maior atividade de pedestres e estacionamento.



Fonte : CAREC, 2018

Leitura adicional

- FHWA. 2012. Lighting Handbook. https://safety.fhwa.dot.gov/roadway_dept/night_visib/lighting_handbook/.
- Queensland Department of Transport and Roads. 2016. Road Planning and Design Manual, 2nd edition, Volume 6—Lighting. <https://www.tmr.qld.gov.au/-/media/busind/techstdpubs/Road-planning-and-design/Road-Planning-and-Design-2nd-edition/RPDM2ndEdVolume6.pdf?la=en>.
- Transport Infrastructure Ireland (TII). 2018. Design of Road Lighting for the National Road Network.
- DN-LHT-03038. <https://www.tiipublications.ie/library/DN-LHT-03038-03.pdf>.
- Texas Department of Transport. 2018. Highway Illumination Manual. <http://onlinemanuals.txdot.gov/txdotmanuals/hwi/hwi.pdf>.

6. INTERSEÇÕES

Uma interseção é um local na rede viária onde duas ou mais estradas ou ruas se encontram ou se cruzam. Eles podem ser classificados por:

- Número de vias que se encontram,
- Nível (separado por grau ou em nível),
- Forma de controle de tráfego (não controlado, semaforizado ou não semaforizado), ou
- Layout ('T', 'Y', rotatória, elevado).

As interseções separados por nível são às vezes chamadas de trevos, intercâmbios, ou ligações.

Muitas vezes é difícil determinar o melhor tipo de cruzamento para um local específico, e se deve levar em conta todos os fatores relevantes e as diversas opções possíveis. A seleção de um cruzamento envolve considerações de segurança e de desempenho operacional, incluindo a capacidade, a compatibilidade com as intervenções nos outros cruzamentos adjacentes, a topografia do local e outros fatores (ver leitura adicional: Guia para Gestão de Tráfego Parte 6).

Geralmente, existem diferentes padrões para dirigir veículos e de comportamentos na condução destes em países de baixo e médio rendimento (PRMB), o que pode resultar na inadequação de alguns tipos de cruzamentos.

No entanto, do ponto de vista da segurança, alguns tipos de cruzamentos são muito mais seguros do que outros. As seções abaixo fornecem alguns princípios gerais relacionados à segurança em cruzamentos e se propõem auxiliar na seleção dos tipos de cruzamentos mais seguros, e dar informações mais detalhadas sobre cada tipo de cruzamento, e outras considerações.

Implicações para a segurança

- As necessidades de segurança de todos os usuários da estrada, incluindo pedestres, ciclistas, motociclistas e pessoas com dificuldades de mobilidade, devem ser consideradas, pois as suas necessidades podem ser um fator significativo na escolha da intervenção e no tipo de controle de tráfego adotado.
- A velocidade dos veículos em um cruzamento deve ser gerida de forma segura. As baixas velocidades relativas de impacto proporcionam um ambiente mais seguro para manobras conflitantes. Quando as colisões ocorrem em velocidades mais baixas a gravidade do sinistro tende a ser menor. Velocidades acima de 50 km/h para veículos motorizados e acima de 30 km/h para usuários não motorizados da estrada, levam a sinistros cada vez mais graves (ver seção 3.1). Velocidades mais baixas permitem que os motoristas freiem e parem mais rapidamente quando há perigos; auxiliam a fazer julgamentos mais precisos sobre as velocidades de outros veículos e, portanto, a tomar decisões apropriadas sobre as aberturas/pausas seguras no tráfego; e a aceitar aberturas menores, reduzindo assim os atrasos e aumentando a capacidade.
- Uma mudança no gradiente nas aproximações do cruzamento de mais de 3 por cento para menos de 3 por cento parece estar associado a uma redução (marginalmente significativa) no número de sinistros com feridos em 17 por cento, porém com um aumento no número de sinistros que causam apenas danos materiais.¹³²

Boas práticas de projeto/intervenções/soluções

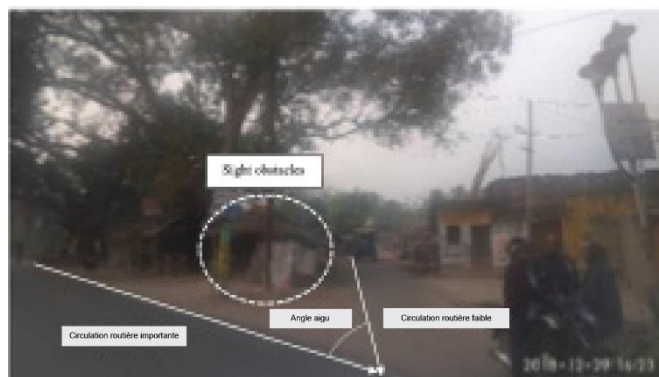
- Os princípios básicos de um bom design para os cruzamentos de vias são os que permitem a transição de uma rota para outra, ou através do movimento na rota principal, com o mínimo de atraso e a máxima segurança. Para isso, o traçado (layout) e o funcionamento da intersecção devem ser óbvios e inequívocos

¹³² Conference of European Directors of Roads. 2008. Best Practice for Cost-Effective Road Safety Infrastructure Investments.

e permitir boa visibilidade de possíveis movimentos conflitantes. Estes objetivos têm de ser alcançados por meio de custos razoáveis, por isso é necessário evitar a provisão de recursos para aplicação de padrões desnecessariamente elevadas, bem como evitar as que são inadequadas as necessidades do local. Diferentes tipos de cruzamentos serão apropriados em diferentes circunstâncias, dependendo dos fluxos de tráfego, das velocidades e das limitações do local.

- Os cruzamentos devem ser tão simples quanto possível e concebidos para guiar os usuários com segurança através dos pontos de possível conflitos.
- Os cruzamentos introduzem um elevado nível de risco devido ao número de pontos passíveis de conflito. Uma estratégia para reduzir o risco é remover cruzamentos desnecessários, embora isso exija a existência de opções alternativas e seguras para os usuários das estradas.
- Os vários tipos de layout de cruzamentos podem fornecer uma hierarquia de layouts alternativos que atendem a níveis crescentes de fluxo de tráfego:
 - Cruzamentos sem qualquer prioridade designada – cruzamentos não controlados,
 - Cruzamento prioritário simples – controle para parada ou de preferência ao condutor (Stop ou Yield),
 - Cruzamentos prioritários com canalização,
 - Rotatórias ou cruzamentos controlados por sinalização, e
 - Intersecções separadas por níveis.
- O planejamento da rede rodoviária deve ser bem pensado para evitar a criação de cruzamentos com vários braços e distorções. Ângulos de aproximação inadequados obscurecerão o triângulo de visão do motorista na área de cruzamento (figura 6.1). Além disso, os ângulos de impacto devem ser tão pequenos quanto possível (quase-paralelos).
- O potencial de lesões graves num cruzamento também pode ser minimizado através de reduções na velocidade, redução no número de pontos de colisões, separação dos usuários da estrada e/ou reduções no ângulo de impacto do veículo.
- Grandes cruzamentos com pouca canalização ou deflexão podem criar grandes espaços abertos e não regulamentados, com múltiplos pontos de conflito e elevadas velocidades dos veículos. Embora as soluções

Figura 6.1: Intersecção 'Y' não controlada na Índia.

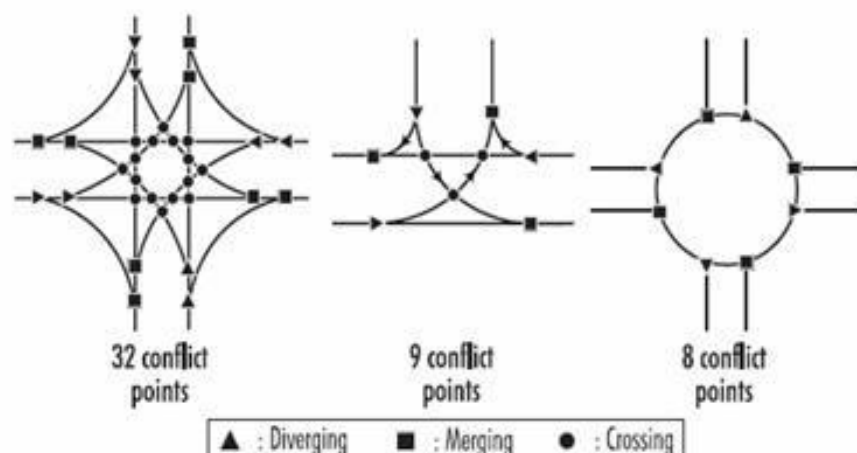


Fonte : IIT, 2019.

sejam específicas para cada local, o princípio geral de redução da velocidade e o gerenciamento dos pontos passíveis de conflito deve ser aplicado a todos os traçados para cruzamentos.

- Os pontos de conflito podem ser reduzidos através do traçado geométrico, incluindo canalização e disponibilização de rotatórias, adição de faixas de desaceleração, realinhamento do cruzamento, proibições de conversão e redução das faixas de tráfego. Em geral, o número de pontos de conflito nos cruzamentos de quatro pernas é muito maior do que nos cruzamentos em T. No entanto, o número de pistas também afeta muito o número de pontos de conflito. As rotatórias são as que resultam no menor número de pontos de conflito em cruzamentos de quatro braços (Figura 6.2).
- A separação do tráfego nos cruzamentos é outro meio eficaz para melhorar a segurança e também pode produzir benefícios na capacidade do tráfego. A separação por níveis (passagens subterrâneas e superiores) é a forma mais consistente para separação. Estas reduzem substancialmente os conflitos entre veículos, especialmente quando são bem concebidas.
- Outras estratégias para abordar o risco nos cruzamentos incluem a aplicação de dispositivos de controle de tráfego, tais como sinais, demarcações e sinalização de trânsito. Estes têm benefícios na redução do risco de sinistros, mas nem sempre reduzem a gravidade dos sinistros. Do ponto de vista da segurança, é muitas vezes benéfico combinar estes dispositivos com outras medidas (tais como reduções de velocidade) para obter benefícios de segurança significativos.
- Deveriam ser considerados os custos e as obras necessárias para a manutenção dos cruzamentos.

Figura 6.2: Pontos de conflito em diferentes tipos de interseções com faixa única.



Fonte : © União Europeia, 2021.

Tabela 6.1: Vantagens e desvantagens em diferentes formas de interseções:

Tipo de interseção	Características do tráfego	Características básicas para segurança	Medidas adicionais para segurança
Prioridade/ Preferencial	<p>Fluxos baixos.</p> <p>Pode haver bastante atraso no tráfego da rodovia menor.</p> <p>Sem demora do tráfego na estrada principal.</p> <p>Estrada principal precisa de sinal de pare, dentro do campo de visão dos condutores</p>	<p>Problemas de controle de velocidade e de colisões se mantem no cruzamento.</p>	<p>Canalização</p> <p>Rampas de acesso</p> <p>Faixas para retornos</p> <p>Proibição de algumas manobras</p> <p>Melhoria da resistência à derrapagem</p> <p>Plataforma elevada</p> <p>Sinais de alerta previa</p>
Rotatória	<p>Fluxos baixos/médios.</p> <p>Bom para os que fazem retorno e que precisam cruzar e se fundir com o fluxo do tráfego de outras vias.</p> <p>Atrasos mínimos em fluxos mais baixos (fora do horário de pico, etc).</p> <p>Não é bom para a segurança dos ciclistas ou de outros veículos lentos quando não houver provisão adequada (por exemplo, segregação).</p>	<p>Embora ocupem bastante terreno, as versões de faixa única são as mais conformes e seguras do sistema para cruzamentos nivelados.</p> <p>Elimina todos os conflitos para a travessia, obrigando os veículos a convergirem com o fluxo do tráfego ou saírem dele.</p> <p>Velocidades relativamente baixas para todos, embora permaneçam os desafios para usuários não motorizados, a menos que instalações fora da estrada sejam disponibilizadas em ambientes de velocidade moderada a alta.</p>	<p>Alargamento da abertura de aproximação dos veículos</p> <p>Melhoria da resistência à derrapagem</p> <p>Sinais de alerta previa</p> <p>Plataformas elevadas</p> <p>Ciclovias fora da estrada</p> <p>Pontos de passagem para pedestres e ciclistas, bem definidos em cada braço</p>
Sinais de trânsito	<p>Fluxos baixos/médios.</p> <p>Pode acomodar fluxos pesados de veículos que precisam mudar de direção, usando semáforos na filtragem e na canalização dos veículos para a direção desejada.</p> <p>Requer menos espaço que a rotatória.</p> <p>Atrasos relativamente altos fora dos horários de pico.</p> <p>A manutenção e o fornecimento de energia podem ser problemas nos PRMBs.</p>	<p>Semáforos separam todos os conflitos por meio do controle de tempo.</p> <p>Exige bom cumprimento por parte de todos os usuários da estrada.</p> <p>Principais riscos são para o tráfego cruzado e para os usuários vulneráveis.</p>	<p>Canalização</p> <p>Rampas de acesso</p> <p>Faixas para retornos</p> <p>Manobras proibidas</p> <p>Câmeras de velocidade/semáforos</p> <p>Melhoria da resistência à derrapagem</p> <p>Ativação do sinal indicador de direção dos veículos</p> <p>Sinais de alerta previa</p>
Estrutura separada por níveis	<p>Altos fluxos.</p> <p>Atrasos mínimos.</p> <p>Ocupa grande área.</p> <p>Alto custo</p>	<p>Elimina todos os conflitos dos cruzamentos e reduz a interação/separação dos veículos.</p>	<p>Iluminação pública</p> <p>Sinalização/alertas</p> <p>Redução/limites de velocidade</p>

Leitura adicional

- Austroads. 2019. Guide to Traffic Management, Part 6.
- Austroads. 2016. Safe System Assessment Framework (Research Report AP-R509-16).

6.1. Cruzamentos não controlados e não semaforizados (dê a preferência)

Descrição geral

Uma interseção/cruzamento não controlada é uma interseção controlada apenas por regras rodoviárias gerais (leis de trânsito), sem dispositivos para o controle do tráfego, tais como semáforos, demarcações na rodovia, faixas adicionais ou canalização. São a forma mais simples de cruzamento existente na rede rodoviária. Por exemplo, nos EUA “quando dois veículos se aproximam ou entram num cruzamento vindos de autoestradas diferentes aproximadamente ao mesmo tempo, o condutor do veículo da esquerda deve ceder a preferência de passagem ao veículo da direita”. Os cruzamentos não controlados são geralmente limitados a estradas com tráfego muito baixo localizadas em áreas rurais ou residenciais¹³³.

Se houver dispositivos para o controle do tráfego, o cruzamento poderá ser chamado de ‘interseção não sinalizada’, ou ‘prioritária’. As interseções não sinalizadas também podem ser subdivididas naquelas nas quais uma abordagem secundária é necessária para ceder a preferência ao tráfego oriundo da estrada principal e naquelas nas quais o movimento em circulação controla a entrada do tráfego que se aproxima. Esta seção considera apenas as interseções onde não há controle da circulação dos veículos.

Todo o controle de potenciais conflitos decorrentes da cessão de preferência em cruzamentos, incluindo aqueles conseguidos por meio da utilização dos sinais regulamentares ou de demarcações na via, é apoiado por regras rodoviárias. Em cruzamentos não controlados apenas as regras rodoviárias gerais, que diferem por país/região, controlam o tráfego.

No entanto, as interseções com sinais tipo “yield” (dar preferência) ainda são responsáveis por uma alta proporção de atrasos na rede, colisões entre veículos, e entre veículos e outros usuários da estrada como pedestres.

Os cruzamentos baseados em cessão da preferência para a travessia são adequados para situações nas quais não há (ou provavelmente não há) problemas operacionais, tais como atrasos/filas excessivas ou problemas de segurança (ou seja, baixo volume de tráfego e estradas de baixa velocidade, etc.).

Implicações para a segurança

- As interseções retas de quatro braços geralmente têm um histórico de segurança ruim porque o tráfego de vias secundárias não consegue parar para o tráfego de vias principais, seja por indisciplina do motorista ou porque o motorista não sabe que há uma via principal à frente.
- Os principais tipos de colisões em interseções não controladas e com sinalização de ‘preferência’ são aquelas em que os veículos não param, o que implica visibilidade ou percepção inadequadas da interseção. Colisões com veículos que emergem subitamente sugerem que o campo de visão é inadequado, seja ao longo da estrada principal ou da secundária.
- Na maioria dos cruzamentos não sinalizados, as estradas secundárias não dispõem de campo de visão adequado, principalmente devido a existência de obstruções e outros elementos (árvores, etc) no local.
- Conversões incorretas e movimentos de trânsito caóticos são comumente observados nestes locais.
- Os cruzamentos menores e estradas de acesso não controladas podem causar bastante insegurança para pedestres e veículos
- Nos locais onde os cruzamentos não são controlados, a falta de sensibilização dos condutores nas estradas principais para com os veículos que fazem curvas pode resultar em colisões traseiras.
- Se o sinal ‘cessão de preferência’ para a travessia estiver localizada em uma depressão na borda da curvatura da estrada principal, ela poderá ser invisível à distância na estrada secundária.
- A velocidade dos veículos que se aproximam também é uma das principais causas de colisões.

¹³³ Uniform Vehicle Code at <https://iamtraffic.org/wp-content/uploads/2013/01/UVC2000.pdf>.

- Para todos os tipos de cruzamentos não controlados ou baseados em cessão de preferência para a travessia, existe o problema de atraso para o tráfego rodoviário menor. Se os atrasos forem excessivos, os condutores emergentes poderão correr riscos indevidos, para tentar entrar ou atravessar o fluxo principal.
- Abordagens com múltiplas faixas impõem maiores exigências ao condutor saindo da estrada secundária e tendem a ser locais mais perigosos.
- Os veículos lentos ou parados que entram numa estrada lateral, atravessando o fluxo de tráfego rodoviário principal, são frequentemente a causa de sinistros graves, especialmente à noite.
- Os problemas também podem ser causados nas áreas urbanas por meios-fios inadequados que apresentam um traçado pouco claro e oferecem pouca ou nenhuma previsibilidade para os pedestres.

Boas práticas de projeto/ intervenções/ soluções

- Nos casos em que não existem dispositivos de controle (semáforos, rotatórias, etc), deve ser fornecida a designação ou clarificação de regras de prioridade (por exemplo, sinais/marcações de "Pare" ou "cessão de preferência" da travessia) para dar uma indicação clara à expectativa dos condutores (figura 6.3). Isto também ajudará na separação de manobras conflitantes, além das regras gerais para cruzamentos. Esses dispositivos evitam ou desencorajam que sejam feitas manobras inadequadas no tráfego do cruzamento.

Figura 6.3: Sinais de cessão de preferência para travessias usados para controlar cruzamentos.



Fonte : National Cooperative Highway Research Program. 2015. Unsignalized Intersection Improvement Guide.

- Ilhas de tráfego (por exemplo, ilhas triangulares de conversão à esquerda) e canteiros centrais ajudariam a fornecer o delineamento e a direcionar o tráfego para o caminho apropriado, através dos cruzamentos.
- Embora o controle do trânsito por agentes da polícia (ou pessoas autorizadas) seja frequentemente utilizado em circunstâncias excepcionais (por exemplo, horas de pico de trânsito, obras rodoviárias, incidentes), isto pode resultar em atrasos adicionais no cruzamento.
- Caso quaisquer intervenções na segurança não possam ser implementadas em um cruzamento não controlado, deverá ser considerado o redirecionamento do tráfego para um cruzamento de maior qualidade.
- A melhoria da conspicuidade da interseção e da distância de visão do motorista nas interseções deve ser priorizada para aumentar a conscientização e a legibilidade.
- Todos os obstáculos dentro das áreas de cruzamento devem ser removidos (figura 6.4) ne todos os pontos de conflito dispensáveis devem ser eliminados. Por exemplo, colocar um espaço de espera no centro de um cruzamento é perigoso, porque os usuários têm que entrar no cruzamento para chegar ao espaço. Além disso, o espaço de espera será um obstáculo à visão dos outros usuários da estrada (figura 6.5).

Figura 6.4: Obstrução do triângulo em um cruzamento em T.



Fonte : IIT, 2019.

Figura 6.5: : Obstáculo (espaço de espera no ponto de ônibus) no centro de um cruzamento na Índia.



Fonte : IIT, 2019.

Figura 6.6: Sinais de “Pare” e medidas para desaceleração do tráfego, em cruzamentos não sinalizados.



Fonte : PIARC. 2003. *Road Safety Manual*, First edition.

Figura 6.7: Restrição para conversão à esquerda por meio de placas de sinalização e de linha de demarcação no canteiro central, em um cruzamento em T não sinalizado.



Fonte : Moradores frustrados com as repetidas infrações de trânsito em Palo Alto norte, 05/07/2017 <https://www.paloaltoonline.com/news/2017/07/04/residents-frustrated-by-repeated-traffic-violations-in-north-palo-alto>.

Abaixo segue um resumo de intervenções destinadas a cruzamentos não controlados/não sinalizados:

Abordagem e intervenções menores

- Sinais de aviso avançados e demarcações na rodovia ajudariam a indicar aos condutores a existência de um cruzamento.
- A colocação de sinais de “Pare” na aproximação de um cruzamento em estradas secundárias pode ser eficaz quando a distância do campo de visão do trecho secundário do cruzamento for insuficiente e não for seguro prosseguir sem parar. Entretanto atribuir novamente ao condutor o direito preferencial para a travessia pode não funcionar de forma segura se for algo que contrária às expectativas do condutor, além de não funcionar como uma intervenção autônoma.
- A decisão sobre se é necessário um sinal de “Pare” em vez de um sinal de cessão de preferência baseia-se na distância de visibilidade disponível aos condutores para acessar a estrada secundária, ou seja, se o campo de visão do trecho secundário do cruzamento é inadequado e seria inseguro prosseguir sem parar. Verificou-se que a utilização de sinais de “Pare” em locais que possuem o campo de visão adequado não proporciona benefícios adicionais na segurança e pode levar à perda de credibilidade e ter a sua eficácia comprometida (ver seção 5.13 sobre Sinalização).
- O gerenciamento da velocidade, também conhecido como “desaceleração do tráfego” (lombadas, cruzamentos elevados, etc.) são usados em conjunto com sinais de “pare/cessão da preferência, nas proximidades dos cruzamentos para ajudar a controlar a velocidade (consulte a seção 3.2 sobre Cumprimento da velocidade estabelecida e desaceleração do tráfego, e a seção 6.4 sobre cruzamentos elevados (figura 6.6).
- Canalização, campo de visão adequado ou suplementação da visibilidade, incluindo iluminação, devem ser disponibilizadas em todos os cruzamentos de vias menores.
- Fornecer postes flexíveis nas estradas principais e secundárias, para separar o tráfego do sentido oposto. Isso pode reduzir certos tipos de falhas.

Medidas para proibição de movimentos críticos

- A proibição de movimentos críticos selecionados (por exemplo, esquerda para dentro/esquerda para fora, nenhuma conversão à esquerda ou à direita, período

Figura 6.8: Sinalização proibindo a conversão virar à esquerda e demarcação de “Pare” na superfície do pavimento, em cruzamento não sinalizado na Dominica.



Fonte : DAVIBES. 2016. New signs erected to ease traffic congestion, March 22. <https://www.dominicavibes.dm/news-196869/>.

integral ou parcial, etc.) pode reduzir certos tipos de sinistros relacionados a limitação do campo de visão dos condutores e dos pedestres nos locais que envolvem conversão à esquerda ou à direita veículos. Esta estratégia também pode reduzir a frequência e a gravidade dos sinistros.

- As proibições podem ser implementadas através de canalização, demarcações e/ou sinalização (figuras 6.7 e 6.8). Isoladamente, os sinais e/ou demarcações exigirão outras intervenções físicas.
- As proibições podem ser apropriadas quando uma manobra de conversão for considerada de alto risco e outras estratégias forem impraticáveis ou impossíveis de implementar. Esta estratégia pode ser de difícil justificativa em um cruzamento importante, a menos que os volumes de conversão à esquerda sejam muito baixos. Geralmente é preferível acomodar com mais segurança as manobras de conversão no ponto onde o condutor deseja virar do que deslocar a atividade de conversão para um local alternativo.
- Uma faixa auxiliar proporciona a separação dos veículos, canalizando-os para fazer a conversão e é normalmente usada em áreas rurais nas quais os veículos transitam em alta velocidade e em baixo volume, sendo que o volume e as manobras lentas do tráfego nessas conversões, são suficientes para criar um conflito com o tráfego seguinte.
- Uma faixa para o retorno à esquerda/direita permite que o tráfego desacelere e vire sem afetar o tráfego (figura 6.9). Uma faixa auxiliar para conversão à direita para uso

Figura 6.9: Faixa auxiliar segregada próxima à cruzamento não sinalizado.



Fonte : AfDB, 2014.

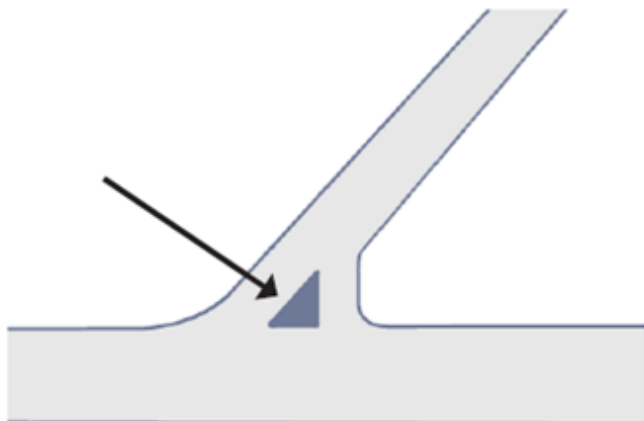
dos condutores que estão à esquerda (faixa auxiliar de conversão à esquerda na condução à direita) sem canalização pode não ser eficaz (ver secção 6.5 sobre Faixa de Conversão e Canalização).

A seguir está o resumo das intervenções para cruzamento do tipo Y (enviesada).

- A velocidade dos veículos que se aproximam do cruzamento é afetada pelos ângulos de aproximação. Os ângulos de aproximação também afetam a distância da travessia (footprint) dos veículos no cruzamento. Além disso, ângulos de aproximação apropriados podem melhorar o triângulo de visão do condutor na área de intersecção das vias. Os ângulos de aproximação devem ser determinados para atingir os seguintes princípios:¹³⁴
 1. Velocidade limitada para virar em torno de um ângulo obtuso. Interseções com ângulos agudos reduzem a visibilidade dos motoristas, enquanto interseções obtusas permitem curvas em alta velocidade. Uma intervenção com ângulo reto pode funcionar como controle de velocidade e pode melhorar o triângulo de visão do motorista (figura 6.11).
 2. Reduzir a distância da travessia (footprint) para os veículos. As interseções compactas reduzem a exposição dos pedestres, retardam o trânsito perto de pontos de conflito e aumentam a visibilidade para todos os usuários. Ambas as interseções com ângulos agudos e obtusos criam travessias para pedestres desnecessariamente longas.

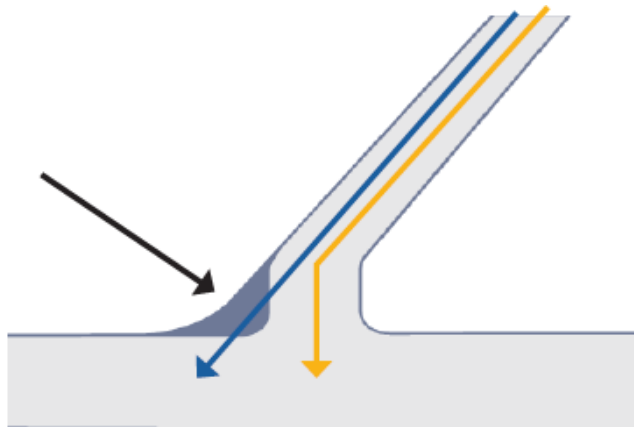
¹³⁴ National Association of City Transportation Officials (NACTO). 2019. Urban Street Design Guide. Acessado em <https://nacto.org/publication/urban-street-design-guide>.

Figura 6.10: Ilha que separa o tráfego no centro da estrada secundária.



Fonte : NACTO

Figura 6.11: Mudança do ângulo do meio-fio no cruzamento de entrada de estrada secundária.



Fonte : NACTO

3. Separação dos fluxos de veículos visando a redução de conflitos (figura 6.10).
- Um ângulo inferior a 90 graus resulta no menor número de colisões com ferimentos, e parece que o oposto resulta em colisões que causam apenas danos materiais. Redesenhar uma interseção com um ângulo inferior a 90° para um ângulo de 90, pode aumentar os sinistros com lesões em 80%. Pelo contrário, redesenhar uma junção de um ângulo de 90° para um ângulo superior a 90°, parece trazer uma redução de sinistros com lesões em 50 por cento.¹³⁵
 - O realinhamento do traçado de um cruzamento (bastante caro) pode afetar o campo de visão e/ou o ângulo de impacto dos veículos envolvidos em colisões no cruzamento. É muito melhor traçar o desenho do cruzamento muito antes dele ser construído do que o reconstruir. A reconstrução de um cruzamento deve ser implementada quando o campo de visão for insuficiente e contramedidas adequadas não estiverem disponíveis.

Leitura adicional

- FHWA. 2009. Manual on Uniform Traffic Control Devices (MUTCD). Importante ler: capítulo 2b, Regulatory signs, barricades, and gates.
- Austroads Guide to Traffic Management Part 10: Traffic Control and Communication Devices (Austroads 2019e).
- Institute of Transportation Engineers (ITE). 2015. Unsignalized Intersection Improvement Guide. <https://toolkits.ite.org/uiig/>.

¹³⁵ Conference of European Directors of Roads. 2008. Best Practice for Cost-Effective Road Safety Infrastructure Investments.

Estudos de Caso/Exemplos

Figura 6.12: Pequenas intervenções: desaceleração da velocidade do trânsito e sinais de alerta na Índia, a partir da perspectiva de uma estrada secundária.



Fuente: IIT, 2019.

Figura 6.13: Pequenas intervenções: desaceleração da velocidade do trânsito e sinais de alerta na Índia, sob a perspectiva de uma estrada principal.



Fuente: IIT, 2019.

Figura 6.14: Instalação de medidas de proibição para retornos e medidas de proteção para pedestres – Colômbia.

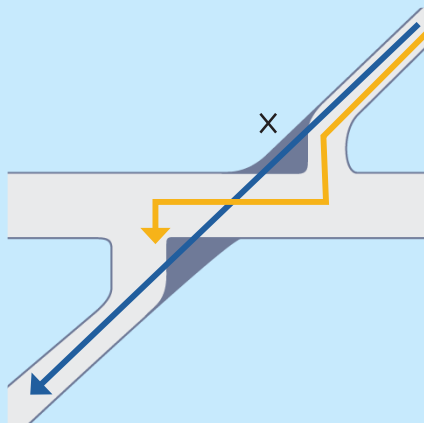


Fonte : iRAP.

Box 6.1 : Cruzamentos escalonados

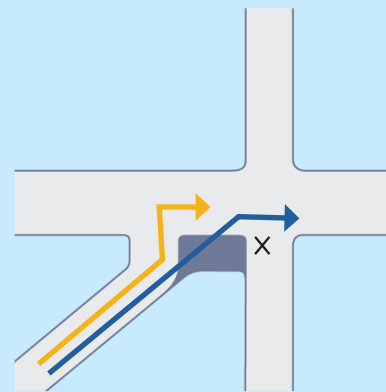
- O escalonamento de cruzamentos (conversão para dois mini cruzamentos) resulta em uma redução do número de pontos de conflito. Este tratamento pode ser aplicado em cruzamentos com mais de cinco braços e para cruzamentos de quatro braços que tenham campos de visão obscurecidos ou registro de sinistros (figuras 6.15 e 6.16). O escalonamento precisa ser suficientemente distante um do outro, para que funcione como se fosse dois, ou próximo o suficiente para funcionar como sendo apenas um.
- Os cruzamentos escalonados podem resultar numa redução de 33% no número de sinistros com feridos quando o tráfego na estrada secundária é normal ou intenso. O efeito dos cruzamentos escalonados depende fortemente da proporção do tráfego originário da estrada secundária.
- Um estudo australiano indica que as intersecções em T escalonadas devem ter as seguintes características:
 - I. Baixos volumes de tráfego rodoviário na estrada principal (<2.000 vpd),
 - II. Nenhuma curvatura significativa próxima aos acessos rodoviários secundários,
 - III. Escalonamento do tipo esquerda-direita (dirigindo na faixa esquerda da estrada), distância escalonada ≥ 15 m,
 - IV. Sinais de alerta na estrada principal, e
 - V. Não implementado na operação com capacidade igual ou próxima à capacidade dentro de sua vida útil projetada.

Figura 6.15: Conversão de cruzamentos com quatro pernas, em dois cruzamentos em T (cruzamentos escalonados da direita para a esquerda).



Fonte : © Alina F. Burlacu/GRSF/ Banco Mundial.

Figura 6.16: Conversão de cruzamentos em T com deslocamento para 4 pernas + três pernas de intersecção (realinhamento da aproximação do cruzamento, visando reduzir ou eliminar sua inclinação).



Fonte : © Alina F. Burlacu/GRSF/ Banco Mundial.

Os cruzamentos escalonados da direita para a esquerda (quando se conduz pelo lado esquerdo no veículo) induzem tempos de viagem mais curtos do que os cruzamentos escalonados da esquerda para a direita e os cruzamentos de quatro vias, no sentido em que os condutores que vêm da estrada secundária têm que dar preferência para apenas um fluxo de tráfego, ou seja, ao virar à direita na estrada principal e depois à esquerda para a estrada secundária. No entanto, esta intervenção pode ser prejudicial para as operações do tráfego quando do deslocamento entre os dois cruzamentos em T é insuficiente para permitir que o tráfego da rodovia principal reaja a entrada dos veículos que estão se movendo mais lentamente.

6.2. Interseções semaforizadas

Descrição geral

Uma interseção controlada por semáforos restringe movimentos conflitantes do tráfego tanto em tempo como em espaço, permitindo que apenas os movimentos não conflitantes prossigam simultaneamente através do cruzamento. Ela controla o tráfego de veículos e pedestres e atribui o direito de passagem aos vários movimentos de tráfego por um determinado período, afetando profundamente o fluxo de tráfego livre.

Os semáforos (figura 6.17) funcionam com base em fases e estágios. Uma fase semafórica é um fluxo de movimento único ao qual é atribuído um sinal verde para mover ou um sinal vermelho para parar. Várias fases podem ser combinadas para criar um único estágio semafórico. Depois que todas as fases tiverem sido cumpridas e o tráfego tiver sido autorizado a prosseguir individualizado em todas as vias, um ciclo semafórico completo para o deslocamento através do cruzamento será concluído.

Nota: Em alguns países (por exemplo, Austrália e Nova Zelândia), a terminologia é diferente, sendo uma "fase" um período de tempo durante no qual um conjunto de movimentos de tráfego recebe o sinal verde. Isto é equivalente ao conceito de "estágios" no Reino Unido e nos EUA. Uma saída elétrica do controlador do semáforo é chamada de "grupo de sinal", semelhante ao conceito de "fase" do Reino Unido e dos EUA.

O sinal âmbar (amarelo) é usado para alertar os motoristas sobre a proximidade do início da sua vez de arrancar ou do final do tempo para a travessia. O período âmbar é necessário para que o motorista tenha tempo para reagir e para a eliminação de movimentos conflitantes no cruzamento. Os potenciais pontos de conflito variam de acordo com a abordagem e o tamanho do cruzamento.

A sequência padrão de mudanças de cor nos semáforos é:

VERMELHO: pare

VERMELHO e ÂMBAR: prepare-se para ir (usado apenas em um pequeno número de países, incluindo o Reino Unido)

VERDE: ir

ÂMBAR: prepare-se para parar

VERMELHO: pare

Figura 6.17: Semáforo para o controle de tráfego de veículos na Índia.



Fonte : *Times of India*. 2016. Cops want 19 more road signals in city. 20/07/2016. <https://timesofindia.indiatimes.com/city/nashik/Cops-want-19-more-road-signals-in-city/articleshow/53296116.cms>.

Os semáforos de trânsito destinam-se principalmente ao controle do tráfego motorizado, mas podem incluir fases específicas para o movimento de pedestres e ciclistas. A quantidade de tempo que cada fluxo de movimento tem para prosseguir ao longo do ciclo do semáforo é determinado pelo conhecimento do volume do tráfego que tem que passar pelo cruzamento, durante um determinado período. Podem ser fornecidos tempos diferente em cada fase, em diferentes horas do dia ou dias da semana. Os sinais podem operar durante um tempo fixo para cada fase/estágio/ciclo ou em "sincronia com os veículos", no qual os períodos de tempo mínimo e máximo para qualquer estágio podem ser negociados e variados, dependendo de quantos veículos têm a necessidade de cruzar a interseção. Geralmente opera assim em horários de baixo fluxo, e com os tempos de cada fase fixos sendo utilizados em períodos de pico de demanda. Os parâmetros operacionais do semáforo são revisados e atualizados (se necessário) regularmente (dependem das decisões do engenheiro de trânsito, que decide quando ocorrem mudanças significativas no fluxo de tráfego e/ou no uso da via) visando maximizar a capacidade do semáforo em satisfazer as demandas do trânsito em determinados horários.

Quando um corredor rodoviário abrange dois ou mais cruzamentos sinalizados com semáforos, estas podem ser coordenadas para obter maiores ganhos de eficiência. Em alguns países, este princípio pode ser utilizado para criar uma "onda verde" visando dar prioridade a um movimento específico.

Implicações para a segurança

- Sequências apropriadas no controle das fases do semáforo podem reduzir a frequência e a gravidade de certos tipos de sinistros, especialmente colisões em ângulo reto, separando-os de outros movimentos conflitantes, incluindo o de pedestres.
- A prática comum de permitir conversões em cruzamentos controlados por semáforos ainda pode resultar em risco substancial de colisão com pedestres que atravessam a via.
- Os semáforos são por vezes instalados em locais onde não são necessários, afetando negativamente a segurança e a eficiência do tráfego de veículos, bicicletas e de pedestres. A decisão para instalar semáforos para o controle do tráfego em um cruzamento deve ser feita após a consideração de outras alternativas (por exemplo, instalação de farol para pedestres, rotatória, etc.). (Consulte a seção 6 sobre seleção de interseção.)

O uso impróprio ou injustificado do controle do tráfego por meio de semáforos pode resultar em:

- Atraso excessivo,
 - Desobediência às indicações do sinal,
 - Aumento do uso de rotas inadequadas para evitar os semáforos, e
 - Aumento na frequência de colisões (colisões traseiras, etc).
- Além disso, deve ser considerada a possibilidade de aumento dos atrasos, e dos ruídos e das emissões de gases.
 - É importante compreender que a instalação de semáforos não é uma “cura para tudo” e ainda pode acrescentar vários riscos à segurança (por exemplo, de desobediência dos motoristas, falta de manutenção, permanência de colisões, etc.).
 - As obstruções visuais dos semáforos e de outros dispositivos de controle do tráfego devem ser removidas. Os sinais de trânsito geralmente ficam ocultos por galhos de árvores ou outras obstruções. Isto torna as viagens urbanas particularmente difíceis e potencialmente fatais.

- Figura 6.18 : Sinal escondido pelos galhos de uma árvore em Gurudwara, Índia; árvores/galhos devem ser removidos ou o sinal deve ser substituído.
- Fonte : Hindustan Times.¹³⁶
- O uso do solo, o tráfego e outras mudanças, podem fazer com que os semáforos existentes para controle do tráfego se tornem obsoletos ou ineficazes. Exemplos são o prejuízo da visibilidade devido ao crescimento de ramos de árvores que cobrem os semáforos (figura 6.18).
- As condições inadequadas da instalação dos semáforos dificultam a sua detecção pelos usuários da estrada e podem ser enganosas. Semáforos disfuncionais durante desastres, ou com dificuldades técnicas, podem causar problemas (por exemplo, apagões) porque semáforos precisam de eletricidade.

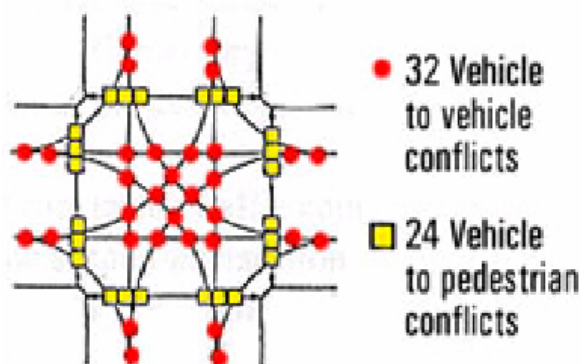
Figura 6.18: Semáforo escondido pelos galhos de uma árvore em Gurudwara, Índia; árvores/galhos devem ser removidos ou o semáforo deve ser substituído.



Fonte : Hindustan Times. 2019. Blocked vision, technical glitches of traffic lights in Gurugram fixed, 05/04/ 2019. <https://www.hindustantimes.com/gurgaon/blocked-vision-technical-glitches-of-traffic-lights-in-gurugram-fixed/story-3RV1I9hYpCjho4LCxXqO7I.html>

¹³⁶ Hindustan Times. 2019. Blocked vision, technical glitches of traffic lights in Gurugram fixed, 5 abril 2019. <https://www.hindustantimes.com/gurgaon/blocked-vision-technical-glitches-of-traffic-lights-in-gurugram-fixed/story-3RV1I9hYpCjho4LCxXqO7I.html>.

Figura 6.19: Todos os possíveis pontos de conflito no cruzamento de quatro pernas.



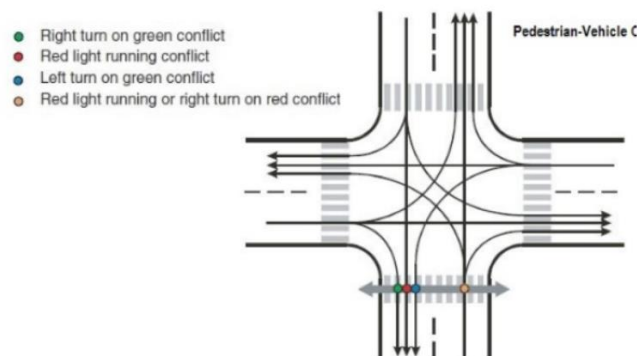
Fonte : Eugene R. 2019. *Operational Performance of Kansas Roundabouts: Phase II*. https://www.researchgate.net/figure/ Figure-Showing-the-Reduction-of-Conflict-Points-in-a-Roundabout-When-Compared-to-a_fig5_267548567.

- A redução dos pontos de conflito entre veículos e de veículos com pedestres pode reduzir certos tipos de sinistros. Por exemplo, existem 32 pontos de conflito entre veículos e 24 pontos de conflito entre veículos e pedestres num típico cruzamento de quatro vias (figura 6.19). Durante uma fase de luz verde para os pedestres e para os veículos que se aproximam na mesma direção, o número de pontos de conflito entre veículos e pedestres pode ser reduzido para apenas um se o avanço do sinal vermelho for permitido para os veículos fazer uma viragem para o lado (figura 6.20). TODOS os conflitos podem ser removidos por meio do controle feito pelo semáforo, evitando que movimentos conflitantes operem juntos.
- A instalação de semáforos para o controle do trânsito em cruzamentos não sinalizados reduziu os sinistros com feridos em 30 por cento segundo uma análise recente de vários países.¹³⁷

Boas práticas de projeto/ intervenções/ soluções

- Os cruzamentos nos quais semáforos são instalados simplificam a tomada de decisões dos condutores, evitando movimentos conflitantes, conforme ilustrado na figura 6.21. A possibilidade de avaliar mal se é seguro entrar ou atravessar um cruzamento, tanto pelos veículos em uma rua secundária, como pelos pedestres que atravessam a rua, pode ser reduzida.

Figura 6.20: Exemplo de pontos de conflito em fase específica no cruzamento de quatro pernas.



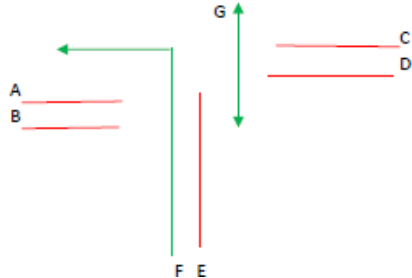
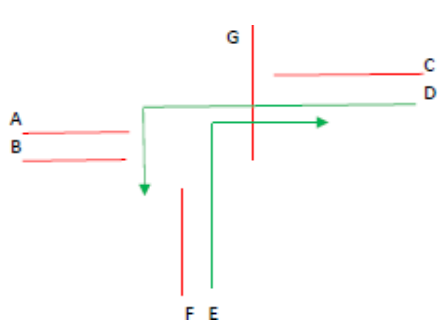
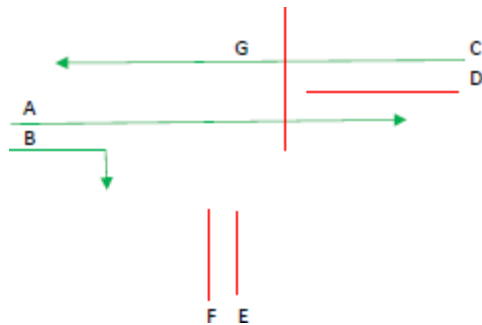
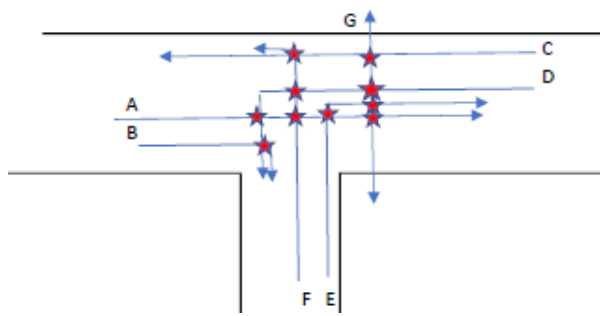
Fonte : National Cooperative Highway Research Program. 2010. Report 672 Roundabouts: An Informational Guide, Second edition.

- A disposição dos semáforos deve ser considerada tendo em conta a visibilidade dos sinais para os usuários da estrada. O triângulo de visão do motorista e a altura dos sinais também devem ser considerados.
- O semáforo também deve estar visível em um ponto da faixa de pedestres que permita ao pedestre uma visão clara antes e durante a travessia.
- Os pedestres devem ter tempo suficiente para se deslocar (a 1.06m) até o centro da faixa mais movimentada antes que os veículos que atravessam recebam o sinal verde para arrancarem.¹³⁸
- A manutenção periódica e a consistência do fornecimento de energia aos semáforos são um problema recorrente nos PRMBs (figuras 6.22 e 6.23). Quando os semáforos não funcionam, os seus benefícios são menos eficazes, embora os veículos tendam a utilizar esses cruzamentos com mais cautela, devido à falta de certeza. A introdução da energia solar oferece uma opção realista e acessível para uma fonte de alimentação fixa.
- Deve ser dada especial atenção aos usuários da estrada quando os semáforos se tornam disfuncionais ou ocultos.
- Estágios alternados dos semáforos podem reduzir todos os conflitos potenciais, mas é necessário cuidado para manter tempos de ciclo que não resultem na impaciência dos usuários com a espera para a mudança de cor. São preferidos tempos de ciclo entre 90 segundos e 2 minutos.

¹³⁷ Turner, B., Steinmetz, L., Lim, A et Walsh, K. 2012. Effectiveness of Road Safety Engineering Treatments. APR422-12. Austroads Project No: ST1571.

¹³⁸ FHWA. 2019. The Manual on Uniform Traffic Control Devices.

Figura 6.21: Ciclo de Sinal Típico para as fases acima.



Stream



- Um cruzamento simples de três vias não controlado com uma passagem para pedestres no braço CD tem 10 pontos de passagem potenciais.
- Tudo isso pode ser removido por meio do controle feito pelo semáforo, evitando que movimentos conflitantes operem juntos.
- Ao identificar cada fluxo de movimento separadamente, pode-se considerar outras alternativas, dependendo dos volumes de tráfego

Estágio 1

- Verde indica os fluxos em movimento e vermelho indica os fluxos estacionários.
- O período âmbar (amarelo) entre as fases 1 e 2 é necessário para permitir que as fases A-D eliminem o ponto de conflito pelo fato de ser o mais longo.

Estágio 2

- Verde indica os fluxos em movimento e vermelho indica os fluxos que estão estacionários.
- O período âmbar (amarelo) entre as fases 2 e 3 é necessário para permitir que as fases D-F eliminem o ponto de conflito.

Estágio 3

- Verde indica os fluxos em movimento e vermelho indica os fluxos que estão estacionários.
- O período âmbar (amarelo) entre as fases 2 e 3 é necessário para permitir que as fases A-G eliminem o ponto de conflito.

Nota: A fase de pedestres G exige que o período verde feche antes de F para permitir que os pedestres saiam da pista antes do início da fase conflitante A.

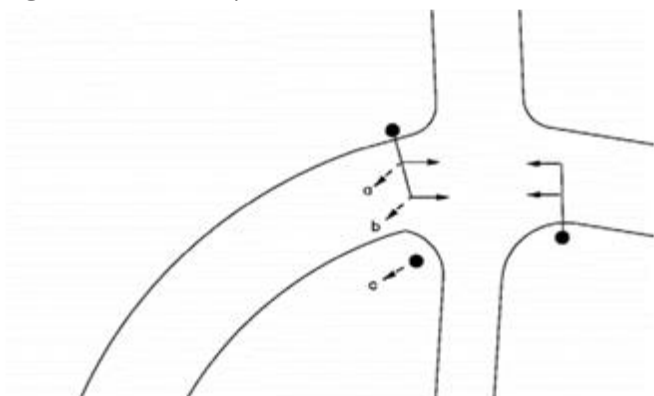
Fonte : © John Barrell.

Figura 6.22: Cruzamento com sinais que não funcionam na Índia



Fonte : Hindustan Times. 2016. Faulty traffic signals pose threat to city commuters, 04/12/2016. <https://www.hindustantimes.com/noida/faulty-traffic-signals-pose-threat-to-city-commuters/story-ldSjGgtFlx-ievzSZ0MCp9M.html>.

Figura 6.24: Sinal suplementar nas curvas horizontais.



Fonte : FHWA, 2019.

Sinais e demarcações

- Semáforos suplementares montados em postes podem ser colocados no lado mais próximo dos cruzamentos, particularmente onde a distância de visibilidade é um problema, como nas aproximações a cruzamentos em curvas (figuras 6.24 e 6.25).
- Nos PRMBs, os motoristas podem aglomerar-se e parar muito perto das faixas de pedestres. Linhas de paragem avançadas para parar os veículos nos semáforos são úteis para melhorar a visibilidade dos pedestres para os motoristas. Os motoristas podem ignorar a linha se colocada muito à frente das faixas de pedestres (figura 6.26)
- Nos cruzamentos sinalizados por meio de semáforos, as

Figura 6.23: Sinal disfuncional em Dwarka, Índia.



Fonte : Times of India. 2019. Hidden traffic signals dangerous for drivers, 25/04/2019. <https://timesofindia.indiatimes.com/citizen-reporter/stories/hiddentrafficsignalsdangerousfordrivers/articleshow/69034168.cms>.

Figura 6.25: Sinal suplementar para cruzamento no meio de uma curva reversa.



Fonte : Institute of Transportation Engineers. 2003. Making Intersections Safer: A Toolbox of Engineering Countermeasures to Reduce Red-Light Running.

- linhas antecipadas para a parada dos veículos antes da faixa de pedestres nos semáforos devem ser colocadas longe da faixa de pedestres, de modo a permitir que os pedestres e os motoristas tenham uma visão clara uns dos outros e tenham mais tempo para avaliar as intenções uns dos outros.¹³⁹
- Em grandes cruzamentos, sinalizados com múltiplas faixas de conversão, a continuação das marcações das faixas através do cruzamento podem fornecer orientação adicional aos motoristas e reduzir a ocorrência de colisões com impacto lateral.

¹³⁹ Pedestrian Safety Guide and Countermeasure Selection System. 2019. <http://www.pedbikesafe.org/pedsafe/index.cfm>.

Figura 6.26: Veículos ultrapassando a linha de parada.

Fonte : © Bahnfreund.

Dispositivos alternativos

- Existem vários outros tipos de dispositivos para o controle do tráfego que são semelhantes aos semáforos que controlam os cruzamentos. Um farol para pedestres (híbrido) é um exemplo (figura 6.27). A diferença entre os faróis para pedestres e os semáforos para pedestres, é que eles permanecem escuros nas faixas de trânsito, a menos que um pedestre aperte o botão de travessia, mas traz uma maior taxa de conformidade na parada do trânsito para que os pedestres possam atravessar com muito mais segurança. Os primeiros estudos demonstraram até 97 por cento de conformidade dos condutores, o que representa uma melhor taxa de conformidade por parte dos condutores do que outros dispositivos nas faixas de pedestres.²⁴²
- Como inovação, foram sugeridos sinais faixa de pedestres (figura 6.28). Esta nova forma de semáforo é adaptada à largura da estrada imediatamente antes da faixa. As luzes são embutidas na estrada como sinais de trânsito refletivos e são à prova d'água. Este semáforo funciona como um sinal suplementar, trabalhando conjuntamente com os semáforos tradicionais nos cruzamentos quando a visibilidade dos semáforos tradicionais é obstruída por veículos de grande porte, condições climáticas, etc. A eficácia deste novo tipo de semáforo foi estudada por uma equipe em Nova Iorque que concluiu que os

Figura 6.27: Farol para pedestres (híbrido) nos EUA.

Fonte : Federal Highway Administration. 2014. Pedestrian Hybrid Beacon Guide—Recommendations and Case Study. https://safety.fhwa.dot.gov/ped_bike/tools_solve/fhwasa14014/.

Figura 6.28: Dispositivos para assistência aos pedestres (sinais na travessia) em Hyderabad, Índia.

Fonte : Anjani Kumar @CPHydCity/Hyderabad

semáforos instalados no pavimento são mais visíveis, embora não seja impossível não os perceber.¹⁴⁰

Estratégia para o faseamento dos semáforos e gerenciamento de faixa

- A distribuição das fases de movimento ao longo do ciclo do sinal é determinada pela análise dos vários fluxos de demanda dos usuários da via pela interseção em vários momentos do dia. A alocação de fases para diferentes estágios é então determinada para minimizar o atraso geral e maximizar a operação segura. Os tempos para

¹⁴⁰ John F. 2003. Evaluation of In-Pavement, Flashing Warning Lights on Pedestrian Crosswalk Safety.

Estudos de Caso/Exemplos

Figura 6.29: Fluxos de tráfego em cruzamentos não sinalizados e sem travessias para pedestres em Phnom Penh, Camboja.

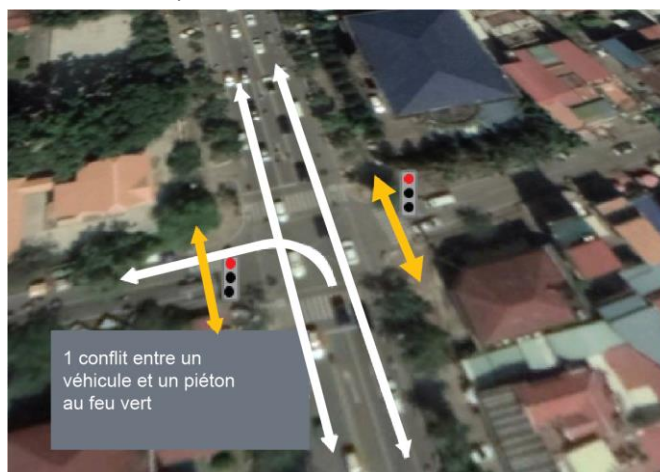


Fonte : © Google Earth.

estas etapas são então desenvolvidos através de várias simulações que objetivam determinar os tempos ideais para um determinado padrão de tráfego.

- Podem ser adotadas estratégias para o faseamento dos semáforos. O número de fases do semáforo para o controle do tráfego e seu tipo e duração, são um fator importante na segurança rodoviária dos cruzamentos sinalizados com semáforos. As fases devem ser definidas segundo as referências advindas de consultas a manuais apropriados (por exemplo, FHWA, MUTCD).
- A sinalização para ônibus, bondes elétricos e para ciclistas, também pode ser considerada no conjunto de ações que visam a segurança dos usuários da estrada.
- Fases de funcionamento separadas em um mesmo local de aproximação do cruzamento requerem um semáforo com sinais e fases separados para controlar o movimento do tráfego e também permitir a gestão adequada da faixa.

Figura 6.30: Fluxo de tráfego ordenado em cruzamento sinalizado com pontos de conflito reduzidos.



Fonte : © Google Earth.

- A gestão da faixa de rodagem é conseguida através da utilização de dispositivos de controle de tráfego que podem incluir dispositivos físicos, sinais e marcações rodoviárias estáticas, sinais e marcações eletrônicas ou pavimento colorido. Orientações sobre dispositivos de controle de tráfego e seu uso são fornecidas na Parte 10 do Guia de Gerenciamento de Tráfego (Austroads 2019) e no MUTCD.

As Figuras 6.29 e 6.30 abaixo ilustram pontos de conflito veículo-pedestre em cruzamentos não sinalizados versus cruzamentos sinalizados.

Leitura adicional

- FHWA. 2019. The Manual on Uniform Traffic Control Devices.
- FHWA. 2013. Signalized Intersections Informational Guide, Second edition. <https://safety.fhwa.dot.gov/carrefour/signal/fhwasa13027.pdf>.
- Austroads. 2019. Guide to Traffic Management Part 6: Intersections, Interchanges and Crossings.

6.3. Rotatórias

Descrição geral

- Uma rotatória é uma forma de cruzamento que canaliza o tráfego fazendo com que este circule em um sentido único em torno de uma ilha central circular na qual todo o tráfego que entra é obrigado a dar lugar ao tráfego que circula na rotatória.
- Os benefícios incluem a redução dos pontos de conflito e, portanto, do trabalho extra dos motoristas que enfrentam cruzamentos perpendiculares e, dependendo dos fluxos de tráfego, redução das filas associadas aos semáforos.
- Eles oferecem facilidade para fazer inversão de marcha dentro do fluxo normal de tráfego, o que geralmente não é possível em outras formas de cruzamento.
- Ao entrar, os veículos só precisam ceder passagem em velocidades relativamente baixas e nem sempre param completamente. Como resultado, ao manter uma parte do seu impulso, a interseção funciona de forma mais eficiente do ponto de vista do fluxo de tráfego. Além disso, os motores exigirão menos esforço para recuperar a velocidade inicial, resultando em emissões mais baixas de gases. A investigação também demonstrou que o tráfego lento nas rotatórias produz menos ruído do que o tráfego que tem de parar e arrancar, acelerar e frear.
- Originalmente, as rotatórias, às vezes chamadas de 'praças rotatórias', 'rotundas' ou até 'balões' (no Brasil) foram projetadas com abordagens que eram ao mesmo tempo alargadas e tangenciais, encorajando altas velocidades e manobras complexas.
- As rotatórias modernas foram padronizadas pela primeira vez em meados da década de 1960, com ilhas centrais de menor diâmetro, espaço de circulação e aproximações mais lentas. Descobriu-se que elas representam uma melhoria significativa em relação às rotundas e rotatórias anteriores.
- Dado que são necessárias velocidades baixas para o tráfego que entra nas rotatórias, estas são fisicamente concebidas para gerenciar as velocidades do tráfego que se aproxima e entram no cruzamento e visam melhorar a segurança. As aproximações dos veículos são projetadas de modo que os veículos que entram na faixa de rodagem

com raio de percurso limitado, diminuem naturalmente a velocidade.¹⁴¹

- As rotatórias podem ser usadas satisfatoriamente em uma ampla variedade de locais nos quais existem cruzamentos, incluindo:
 - i. Estradas urbanas locais e estradas coletoras (de capacidade baixa e moderada);
 - ii. Estradas arteriais em áreas urbanas;
 - iii. Estradas rurais;
 - iv. Terminais em rampas de autoestradas/rodovias; e
 - v. Como intervenções separados em um cruzamento/ intercâmbio.

Implicações para a segurança

- As rotatórias fornecem alta legibilidade e um layout da intersecção fisicamente consistente, que limita de forma previsível e consistente o potencial para velocidades mais altas e dos conflitos de ângulo de impacto elevado.
- Transformar o método de controle de um sinal de "pare" (STOP) em via de mão dupla ou um semáforo de controle de trânsito em uma rotatória, com uma ou duas faixas, é eficaz na redução do número de mortos e feridos nos cruzamentos.
- Em particular, para rotatórias de faixa única bem concebidas, a taxa de sinistros entre pedestres e veículos pode ser significativamente reduzida.
- Ao limitar a curva do caminho de entrada e, assim, introduzir uma deflexão horizontal nas aproximações da rotatória, as velocidades de entrada dos veículos podem ser reduzidas, o que proporciona aos condutores mais tempo para reagir a potenciais conflitos, e reduz a gravidade dos sinistros.
- Há menos pontos para que veículos colidam e menos potencial para colisões de alta gravidade, tais como ângulo reto, conversão à esquerda e colisões frontais, devido ao desenho da rotatória e porque todos os motoristas estão indo na mesma direção.
- Em geral, há um diferencial de velocidade reduzido entre os veículos que passam pela intersecção, o que reduz a gravidade do sinistro.

¹⁴¹ Austroads Guide to Road Design Part 4B. 2015. section 4.5.

- São eficazes durante cortes de energia. Ao contrário dos cruzamentos com semáforos tradicionais, que devem ser tratados como parada total ou exigir que a polícia direcione o tráfego, as rotatórias continuam funcionando normalmente.
- Como riscos de segurança remanescentes, os seguintes fatores podem ser considerados; no entanto, devido ao ambiente de baixa velocidade confiável, a gravidade das lesões causadas por sinistros em rotatórias, mesmo para usuários vulneráveis, tende a ser baixa:
 1. **Mal-entendidos sobre as regras e nem todo motorista conhece as regras sobre rotatórias.** Em alguns países/áreas com novas rotatórias as pessoas nunca aprenderam as regras (ceder a preferência e instruções para condução) das rotatórias. Eles podem dirigir em direções erradas e não ceder a preferência a outros veículos;¹⁴²
 2. **Mal avaliação dos espaços** livres por parte dos motoristas que entram em um fluxo de tráfego circulante de alta velocidade, especialmente quando há múltiplas faixas;
 3. **As colisões traseiras** entre veículos que esperam para entrar na rotatória podem aumentar (embora sejam muito preferíveis aos impactos de alta velocidade observados em outros tipos de intersecções);
 4. **Colisão lateral** durante mudança de faixa ou entrada/saída do círculo central;
 5. **Colisão entre pedestres e bicicletas** por não ceder a preferência a pedestres e ciclistas; e
 6. **Ilhas pintadas (ou de baixa altura) tornam-se menos visíveis para os motoristas.** Os motoristas podem não entender o que parecem ser círculos pintados em cruzamentos que deveriam funcionar como rotatórias.

Boas práticas de projeto/intervenções/ soluções

- Rotatórias adequadamente projetadas controlam o ângulo em que o tráfego entra no cruzamento e as velocidades dos veículos que entram e passam pela interseção, criando uma curvatura geométrica com 'ilhas' centrais e divisórias. Esse recurso resulta em intersecções

mais seguras do que outras intersecções em nível, onde os veículos podem entrar na interseção sem diminuir a velocidade.

- Os projetos mais recentes também podem incluir plataformas elevadas ou lombadas na aproximação da rotatória. Estas plataformas têm sido utilizadas com sucesso para diminuir a velocidade de aproximação dos veículos, reduzindo a necessidade de curvatura geométrica e, por vezes, reduzindo significativamente os custos de construção.
- O espaço de circulação dentro da rotatória é muitas vezes limitado a uma única faixa; no entanto, múltiplas faixas podem ser usadas desde que haja tamanho suficiente para permitir que o fluxo interno de tráfego manobre para a faixa externa para sair. Contudo deve notar-se que, à medida que as larguras de circulação aumentam, a capacidade de controlar a velocidade dentro e através da rotatória torna-se menos previsível.
- Um elemento-chave da operação segura da rotatória é garantir que a ilha central ou as ilhas divisórias forneçam deflexão suficiente do movimento em linha reta, para garantir as velocidades lentas dos veículos através da interseção (ver figura 6.31 para um exemplo de uma rotatória mal projetada). Onde não é possível uma deflexão suficiente (por exemplo, devido a restrições no espaço rodoviário), plataformas elevadas têm sido utilizadas com sucesso.

Figura 6.31: Projeto de rotatória perigosa na Roménia, onde a estrada principal não tem desvio.



Fonte : Google Street View.

¹⁴² Bhutanese. <https://thebhutanese.bt/virtual-roundabouts-remain-ignored-by-motorists>. Acessado em 11/13/2019

Figura 6.32: Veículo ignorando rotatória plana na Croácia

Fonte : Novilist.hr

Figura 6.34: Rotatória com ilha central demasiadamente pequena na Índia.

Fonte : © Google Earth.

Figura 6.33: Rotatória decorada que obscurece a visão do condutor no Butão

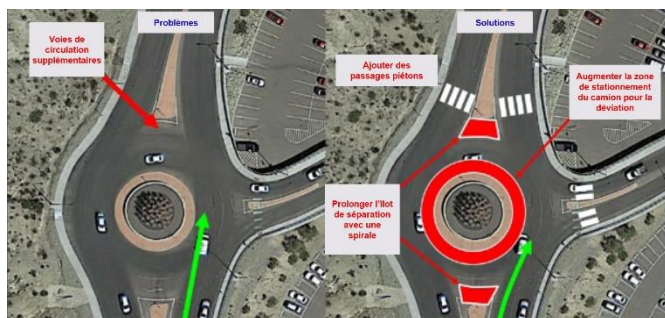
Fonte : The Travel Magazine.

Figura 6.35: Localização e tamanho inadequados da rotatória no Butão.

Fonte : Kuensel.

- Com ilhas divididas os pedestres são obrigados a atravessar na rotatória, em apenas um sentido do tráfego por vez e enfrentam veículos mais lentos por causa das ilhas divisórias.
- Ilhas planas/de baixa altura podem não funcionar (figura 6.32). As ilhas centrais e divisórias devem ser fisicamente elevadas para proporcionar legibilidade.
- A decoração e a vegetação no centro e nas ilhas divisórias não devem obstruir o campo de visão do condutor em relação ao tráfego que se aproxima ou circula (figura 6.33). No entanto, deve ser suficientemente alta para obstruir a visão direta da estrada à frente e concentrar a atenção dos condutores na rotatória.
- A ilha central e as ilhas divisórias devem ser suficientemente grandes para forçar os veículos que se aproximam a reduzir a sua velocidade para entrarem na interseção. Ilhas centrais e ilhas divisórias muito pequenas podem não funcionar para reduzir a velocidade dos veículos que se aproximam durante a passagem pela interseção porque não é necessário virar ao longo da ilha central (figuras 6.34 e 6.35). Isso vai contra o propósito de uma rotatória.
- Um fator chave na determinação da dimensão de uma rotatória, tanto da ilha central como da largura da faixa de rodagem, é a busca do equilíbrio que envolve o traçado e a segurança necessária para que o veículo possa fazer todos os movimentos. Por exemplo, ao traçar a passagem segura de uma unidade de semirreboque, à medida que o raio da ilha central diminui, a largura de circulação deve aumentar para permitir que o veículo contorne a ilha. Este efeito depende das dimensões do veículo e do ponto de dobradiça. Dado que isto pode resultar em menos desvios e, portanto, em maiores velocidades para fazer o contorno do círculo, pode ser preferível construir uma plataforma ligeiramente elevada ou uma área sempre movimentada.

Figura 6.36: Ajuste de diâmetro e do comprimento de ilhas numa rotatória.



Fonte : Gus S. 2018. Are Multilane Roundabouts a Safe and Effective Intersection Treatment, 2018 ITE Joint Western & Texas District Annual Meeting. https://www.westernite.org/annualmeetings/18_Keystone/Presentations/3B/3B.Randy%20Johnson.Multi-lane%20Roundabouts_Johnson-Berger-Sanchez.pdf Acessado em 11/14/2019

Figura 6.38: Pátio de caminhões que não serve ao propósito do projeto na África do Sul (pátio de estacionamento demasiado alto para caminhões maiores e demasiadamente baixo para bloquear a circulação de automóveis de passageiros).



Fonte : Southern African Transport Conference 2017.

Figura 6.37: Pátio para caminhão com traçado correto para uso somente por caminhões - com vagão circular estreito na África do Sul.



Fonte : Southern African Transport Conference 2017.

na ilha central. Com uma borda vertical baixa (50 mm), esse recurso permite que veículos grandes façam o contorno da ilha com segurança, ao mesmo tempo em que fornece um "alvo" mais estreito para veículos pequenos e mantém a previsibilidade.

- Um pátio transponível para caminhão pode ser fornecido nas rotatórias para acomodar veículos grandes e, ao mesmo tempo, minimizar outras dimensões da rotatória (figuras 6.36 a 6.38). Um pátio de caminhões fornece uma área pavimentada adicional para permitir o sobre rastreamento de grandes veículos com semirreboques na ilha central sem comprometer a deflexão para veículos menores. Nas rotatórias que não possuem pátios para caminhões, as faixas de circulação tornam-se largas demais para acomodar os veículos maiores. Isso pode

causar um uso inadequado das faixas. Essas rotatórias têm maior velocidade de veículos na interseção.

- Lombadas e plataformas podem ser usadas para reduzir velocidades, especialmente onde não há desvio suficiente na aproximação.
- Instalações para pedestres e ciclistas podem ser incluídas no projeto da interseção.

Pode ser necessário educar para garantir que os usuários das vias saibam como navegar nas rotatórias, especialmente quando introduzidas pela primeira vez; e fiscalizar para garantir a conformidade. Uma pequena ilha central e a falta de extensão das ilhas divisórias também criarão faixas de circulação extras.

Figura 6.39: Rotatória com linhas de demarcação e largura de faixa inadequados criando faixas adicionais na Sérvia.



Fonte : The Miner (CC BY-SA 3.0).

Figura 6.41: Mini rotatória com poste visível – Zagreb, Croácia.



Fonte : © Admiral Norton.

- As faixas das pistas devem ter larguras adequadas. Por vezes faltam linhas de demarcação nas faixas de rodagem nas rotatórias (figura 6.39). Os veículos que se aproximam perderão o percurso que deveriam percorrer no cruzamento e, conseqüentemente, ocorrerão colisões entre veículos. Os limites da pista devem ser fornecidos de acordo com as estradas que se aproximam. Isso também pode orientar os veículos para que façam curvas apropriadas ao longo da ilha central e reduzam sua velocidade.
- Em ambientes urbanos restritos e de baixa velocidade, as mini rotatórias – aquelas sem ilha física e apenas com uma sinalização rodoviária circular pintada – podem ser eficazes desde que os fluxos de veículos sejam baixos e a velocidade seja bem controlada. A deflexão através da

Figura 6.40: Mini rotatória (Wetherby, Inglaterra).



Fonte : © John Barrell

intersecção é fornecida por meio de regras de trânsito e de alinhamentos para aproximação que exigem que a marcação central seja passada para o lado oposto do condutor (offside) de um veículo.

- As mini rotatórias (figuras 6.40 e 6.41) podem ser uma ótima solução para uma questão operacional ou de segurança em um cruzamento existente, controlado por “parada obrigatória” ou sinalizado e no qual o espaço é insuficiente para uma faixa preferencial que permita a instalação de uma rotatória padrão. As mini rotatórias são caracterizadas por ilhas (ilhas centrais e ilhas divisórias) de pequeno diâmetro e normalmente transponíveis (círculo pintado ou cúpula baixa) e oferecem a maioria dos benefícios das rotatórias de tamanhos regulares, além do benefício adicional de precisar de uma área menor para sua instalação. As mini rotatórias.¹⁴³ devem ser instaladas apenas em estradas de baixa velocidade e de baixo tráfego, porque não têm uma função coercitiva física para reduzir a velocidade dos veículos que passam pelo cruzamento.
- A sinalização para indicação de “rotatória à frente” de forma clara e consistente em toda a rede é muito importante. A variação na utilização de sinais e marcações (figura 6.42) reflete a falta de conhecimento, a falta de atenção aos detalhes ou a falta de orientações claras para a implementação de sinais e de demarcações nas rodovias. Da mesma forma, a variação das demarcações de linhas nas rodovias também causa mau comportamento dos condutores.
- O desempenho em algumas rotatórias congestionadas

¹⁴³ FHWA. 2010. Mini-carrefours giratoires.

Figura 6.42: Sinal de rotatória de boa qualidade, mas a variação do tipo de sinal no mesmo país, pode confundir os condutores na África do Sul.



Fonte : Southern African Transport Conference 2017.

pode ser melhorado com a instalação de semáforos que equilibrarão os fluxos de entrada e/ou um fluxo contínuo do tráfego circulante na faixa de rodagem, para evitar longas filas que causem atrasos e bloqueiem os cruzamentos anteriores. Os semáforos são capazes de manter o fluxo circulatório do tráfego fluido e, portanto, equilibrar e melhorar a capacidade de vazão do tráfego na rotatória.¹⁴⁴

- O número de pedestres e ciclistas pode aumentar os riscos de sinistros e atrasos, porque o tráfego é regido pela entrada com controle da preferência numa rotatória, especialmente em cruzamentos com um baixo volume de

pedestres. Fornecer pontos para travessia e rotas específicas em torno do cruzamento, separadas do tráfego motorizado, pode melhorar a segurança dos pedestres e dos ciclistas nos cruzamentos das rotatórias (ver seção 4 sobre Usuários Vulneráveis).

- As regras de trânsito e o design das rotatórias devem coordenar-se com outros meios de transporte para evitar o aumento dos riscos de sinistros com ciclovias e faixas de transporte público nas estradas arteriais (ver secção 4.5 sobre Transporte Público).

¹⁴⁴ Department of Transport UL. 2009. Signal Controlled Roundabouts.

Estudos de Caso/Exemplos

As Figuras 6.43 a 6.47 mostram exemplos de rotatórias em vários contextos.

Figura 6.43: Rotatória que permite a passagem de veículos de maiores dimensões em parte da ilha central (as mesmas condições das mini rotatórias são aplicadas).



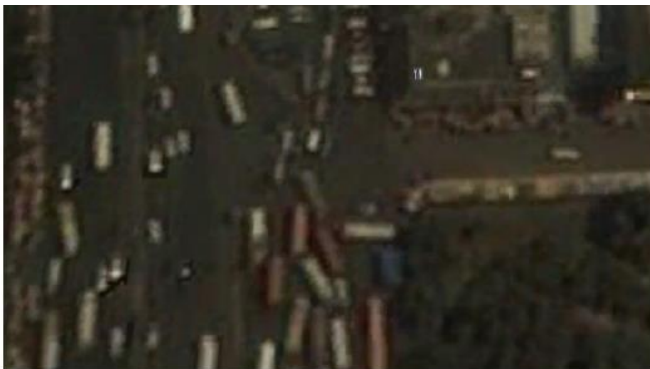
Fonte : Imagic (CC BY-SA 2.0).

Figura 6.44: Rotatória com trilhos para bonde na Polónia.



Fonte : © Google Earth.

Figura 6.45: Transformação de cruzamento não controlado em rotatória – Filipinas.



Fonte : © Google Earth, Top Gear Philippines.

Figura 6.46: Exemplo de rotatória de baixo custo na Argentina



Fonte : Municipalidad Chivilcoy @MuniChivilcoy

Figura 6.47: Exemplo de mini rotatória com pintura retro refletiva na Itália.



Fonte : © Mad Vinyl.

Leitura adicional

4. FHWA. 2009. *The Manual on Uniform Traffic Control Devices*. Importante ler: capítulo 2B, Regulatory signs, barricades, and gates ; capítulo 3C, Roundabout markings.
 5. FHWA. 2010. *Carrefours giratoires : An Informational Guide, Second Edition* (NCHRP Report 672). https://www.virginiadot.org/business/resources/NCHRP_Report_672_Roundabout_Informational_Guide_2nd_Edition2010.pdf.
- Tomaž T. 2016. Comparative Analysis of Four New Alternative Types of Roundabouts: "Turbo," "Flower," "Target," and "Four-Flyover" Roundabout, 60(1), pp. 51–60.
 - Austrods. 2018. *Towards Safe System Infrastructure A Compendium of Current Knowledge*, Research Report AP-R560-18. Importante ler: capítulo 5, Harm minimization at intersections.
 - FHWA. 2007. Roundabouts in the United States (NCHRP Report 572). <https://nacto.org/docs/usdg/nchrprpt572.pdf>.
 - Conference of European Directors of Roads. 2008. Best Practice for Cost-Effective Road Safety Infrastructure Investments. Importante ler: capítulo 3, Review of road safety investment, e capítulo 5, In-depth analysis of most promising road safety investments.
 - FHWA. 2010. Mini-Roundabouts. <https://www.fhwa.dot.gov/publications/research/safety/0067/00067.pdf>.
 - Department of Transport UL. 2009. Signal Controlled Roundabouts. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/876622/ltn-1-09_Signal_controlled_roundabouts.pdf.
 - FHWA. 2010. *Highway Capacity Manual 2010 (HCM2010)*. Importante ler: capítulo 4, Unsignalized intersection.
 - FHWA. 2014. *Kansas Roundabout Guide, Second Edition (A Companion to NCHRP Report 672)*. https://www.ksdot.org/Assets/wwwksdotorg/bureaus/burtrafficeng/Roundabouts/Roundabout_Guide/KansasRoundaboutGuideSecondEdition.pdf.
 - Abishai P. 2005. *Evaluation of Roundabouts versus Signalized and Unsignalized Intersections in Delaware*. <https://cpb-us-w2.wpmucdn.com/sites.udel.edu/dist/1/1139/files/2013/10/Rpt.-179-Roundabouts-Final-11329b7.pdf>.
 - NCHRP. 2020. Report 672 Roundabouts—An Informal Guide, 2nd edition. <http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/webinars/RoundaboutsPresentations.pdf>

6.4. Interseções elevadas

Descrição geral

Uma interseção elevada é uma intervenção que se destina ao gerenciamento da velocidade e é projetada para obter reduções ou reforçar a necessidade da redução da velocidade para os veículos que se aproximam de um cruzamento, elevando todo o cruzamento ao nível da calçada ou a um nível semelhante a esse. As áreas planas elevadas cobrem todos os cruzamentos por meio de rampas em todos os acessos, e muitas vezes com tijolos ou outros materiais texturizados na seção plana e nas rampas. Os veículos que passam por um cruzamento elevado devem subir na aproximação e descer na saída do cruzamento.

Elas são às vezes chamados de junções elevadas, lombadas de interseção ou platôs, e são semelhantes às lombadas e a outros elementos de controle de velocidade vertical. Eles reforçam a velocidade baixa e incentivam os motoristas a ceder a vez aos pedestres na faixa de pedestres. Como a via é elevada ao nível da calçada, geralmente não há necessidade de identificar locais específicos para faixas de pedestres, e tais arranjos são adequados para estradas de baixa velocidade e de baixo fluxo.

Implicações para a segurança

- Pesquisas demonstraram que as medidas para desaceleração do tráfego mais eficazes envolvem mudanças verticais na estrada tais como lombadas, amortecedores de velocidade e tabelas de velocidade ('Gateway', etc).¹⁴⁵
- Semelhante às lombadas, os cruzamentos elevados resultam na criação de uma travessia segura e de baixa velocidade, e incentivam os veículos a ceder a preferência para a travessia dos pedestres na faixa (ver seção 3.2 sobre Cumprimento da velocidade e moderação do tráfego).
- Os cruzamentos com elevações podem normalmente reduzir a velocidade dos veículos que se aproximam em menos de 10 por cento.¹⁴⁶ Portanto, são mais confiáveis para enfatizar ou reforçar um limite de velocidade do que para conseguir uma redução da velocidade.

Boas práticas de projeto/ intervenções/ soluções

- Os cruzamentos elevados (ver figuras 6.48 a 6.51) são mais apropriados para faixas de rodagem não divididas, locais de pouco tráfego nos quais são esperados grandes movimentos de pedestres ou onde os pedestres têm maior prioridade. No entanto, não é recomendada a instalação de plataformas de aproximação ou lombadas em uma faixa de rodagem não dividida pois pode fazer com que os condutores mudem para a faixa oposta para evitá-las. Portanto, somente devem ser utilizadas se estas se estenderem por toda a largura da faixa de rodagem.
- Os cruzamentos elevados foram implementados principalmente em cruzamentos de pequeno porte, mas não foram amplamente implementados em estradas arteriais ou em cruzamentos com velocidades mais elevadas.
- A construção de cruzamentos elevados deve ser evitada em locais que têm notadamente curvas horizontais ou verticais, que possam impedir que o campo de visão do condutor alcance o cruzamento com elevação. Deve ainda dispor de sinalização associada, bem como de restrições de distância vertical.
- As rampas com elevações devem ser orientadas perpendicularmente à direção do fluxo do tráfego, para garantir que ambas as rodas dianteiras de um veículo comecem a subir ou a descer as rampas simultaneamente. Caso isso não ocorra, os veículos poderão percorrer as rampas com rodas em diferentes níveis, podendo causar instabilidade e afetar a capacidade do motorista de operar o veículo com segurança. Esta é uma preocupação maior para os veículos de duas rodas ao fazerem as curvas.
- As interseções elevadas devem adotar um perfil superior plano, e suas rampas de aproximação e saída também devem ser planas com o mesmo grau consistente.
- A seção plana (o 'platô') de um cruzamento elevado deve ter um mínimo de 6 m de largura na estrada para acomodar um veículo padrão de passageiros, inclusive quando usada como passagem de pedestres. Ao elevar inteiramente um cruzamento essa largura se estenderá de modo a abranger a toda a área ocupada pelo cruzamento.

¹⁴⁵ FHWA. 1998. Synthesis of Safety Research Related to Speed and Speed Management.

¹⁴⁶ Institute of Transport Engineering. 2019. Traffic calming measures. <https://www.ite.org/technical-resources/traffic-calming/traffic-calming-measures/>.

Figura 6.48: Cruzamento elevado em Bogotá para dar prioridade aos pedestres em uma via arterial.



Fonte : © Ben Welle/WRI.

Figura 6.49: Cruzamento elevado com pavimento colorido.



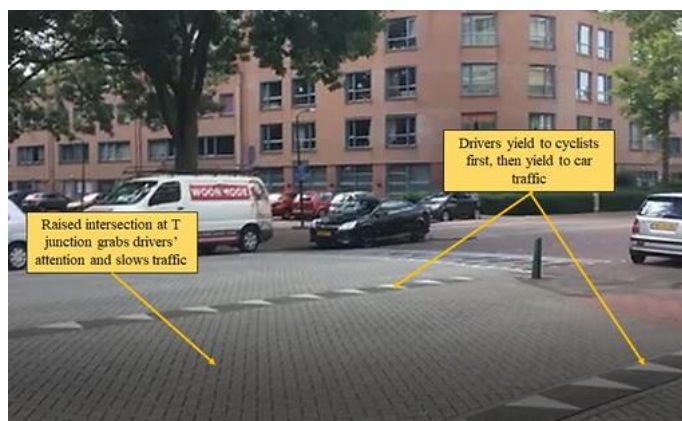
Fonte : NACTO.

Figura 6.50: Cruzamento elevado com padrão diferente do pavimento.



Fonte : Université Northeastern

Figura 6.51: Segregação em etapas dos pontos de conflito.



Fonte : Université Northeastern

- A altura desejável da plataforma de um cruzamento elevado é de 100 mm, mas podem ser considerados a utilização de 75 mm quando as restrições do local e a composição do tráfego sugerem que um perfil de altura mais baixo é adequado (por exemplo, rotas com grande volume de caminhões ou ônibus). Alturas de rampa < 75 mm são muito menos eficazes na redução de velocidades e não devem ser consideradas. Para ambientes de baixa velocidade (< 50 km/h) e baixo volume de tráfego poderá ser utilizado 150 mm; no entanto, plataformas > 100 mm de altura podem danificar veículos rebaixados e não são recomendadas para a instalação em estradas arteriais¹⁴⁷ (ver secção 5.5 sobre Alinhamento vertical).

- As rampas de partida devem ser projetadas de modo a permitir a saída suave de um cruzamento elevado. Com base nos testes em Victoria, um grau de 1:35 é considerado apropriado para a rampa de embarque. Encostas mais planas também podem ser consideradas.
- O grau de inclinação da rampa deve ser ajustado para alcançar uma mudança equivalente no grau de inclinação, quando a rampas são construídas nos cruzamentos elevados tanto para a subida, quanto na descida.
- Além dos custos de construção, devem ser considerados os potenciais impactos nos serviços e na drenagem (ver secção 5.11 sobre Drenagem).

¹⁴⁷ Vicroads. 2019. Road design notes: Raised Safety Platforms (RSPs).

- A construção de rampas elevadas não deve ser feita em locais onde a mudança de faixa é necessária ou frequente (por exemplo, nas placas de direção ou além delas). Quando instaladas em faixas de conversão, as rampas elevadas devem ser colocadas em um local que permita iniciar ou concluir uma curva antes de cruzar a rampa.
- Para evitar que os motoristas interpretem erroneamente onde devem parar, antes de entrar em um cruzamento elevado as linhas de parada devem estar localizadas:
 1. Antes do início da rampa do cruzamento elevado (preferencialmente), ou
 2. Na plataforma, antes do início da rampa de saída (para plataformas) ou passagem de pedestres (para os cruzamentos elevados).
- É necessário um espaço livre mínimo de 7 m entre o início do platô da plataforma ou a base da inclinação da plataforma e a linha de parada, para garantir que um veículo de passageiros padrão possa ser acomodado antes da linha de parada. Da mesma forma, onde a porcentagem de veículos pesados que utilizam a estrada é elevada, a localização das rampas de aproximação devem ter o comprimento equivalente ao da estabilidade crítica que o veículo tem que manter antes do ponto de conversão.

- Localização e orientação das rampas de aproximação e de saída para evitar a instabilidade crítica dos veículos;
 - Altura máxima da do cruzamento elevado para evitar a instabilidade crítica do veículo;
 - Potenciais deficiências operacionais e atrasos devido à menor aceleração e desaceleração de veículos pesados; e
- Implicações potenciais de que condutores de veículos maiores optem por utilizar rotas alternativas (por exemplo, ruas locais) para evitar o cruzamento elevado.

Demarcações e sinais

- Todos os cruzamentos elevados devem ter sinais de aviso (figuras 6.52 e 6.53) indicando a velocidade segura recomendada para esse local. (figura 6.54).
- Quando houver preocupações com a estabilidade do veículo, deve-se considerar a instalação de placas de advertência com uma velocidade de aviso de inclinação do caminhão adequada (figura 6.55).
- A introdução de cruzamentos elevados pode diminuir a visibilidade entre o espaço viário e o espaço dos pedestres, particularmente quando as plataformas propostas estão niveladas com os terrenos adjacentes. Delineações adicionais, tais como marcações coloridas contrastantes no pavimento e/ou marcações brancas na calçada, podem ser consideradas para melhorar a visibilidade do cruzamento elevado (figuras 6.56 a 6.58). Essas melhorias visuais dos cruzamentos também podem contribuir para o reconhecimento dos cruzamentos pelo motorista.

Veículos maiores

A seguir estão as principais considerações para veículos maiores, incluindo ônibus, veículos de emergência, etc:

Figura 6.52: Cruzamento elevado e com sinal de "Pare".



Fonte : © Ville d'Albuquerque.

Figura 6.53: Cruzamento elevado e com sinalização para travessia.



Fonte : © Ville d'Albuquerque.

Figura 6.54: Sinais de alerta com a velocidade recomendada.



Fonte : Vicroads.

Figura 6.55: Sinais de aviso sobre a inclinação do caminhão e a velocidade adequada.



Fonte : Vicroads.

Figura 6.57: Cruzamento sobrelevado, colorido, com marcações de linhas.



Fonte : Vicroads.

Figura 6.56: Cruzamento sinalizado (baixo custo).



Fonte : NACTO.

Figura 6.58: Cruzamento marcado com desenho artístico para atrair ainda mais atenção dos motoristas.



Fonte : Université Northeastern.

Medidas para estradas de maior velocidade

Para conseguir uma redução adequada da velocidade dos veículos que se aproximam de um cruzamento em um ambiente rodoviário de alta velocidade (≥ 80 km/h), não é prático utilizar apenas cruzamentos elevados. Portanto, deve-se considerar a adoção de intervenções de apoio, tais como, mas não limitados a:

- Redução de velocidade em etapas (ex. múltiplas plataformas com perfis de rampa apropriados);
- Redução permanente do limite de velocidade (apoiada por outras intervenções incluindo plataformas e radares quando necessário);
- Sinais de alerta adicionais (por exemplo, sinais de alerta luminosos);
- Marcação de linhas de redução de velocidade;

- Faixas transversais; e
- Intervenções tipo "Gateway".

Leitura adicional

- Austroads. 2019. Guide to Traffic Management, parte 6.
- NACTO. 2019. Urban Street Design Guide. <https://nacto.org/publication/urban-street-design-guide/>.
- FHWA. 2017. Traffic Calming ePrimer. https://safety.fhwa.dot.gov/speedmgt/traffic_calm.cfm.
- Vicroads. 2019. Road Design Note: Raised Safety Platforms. <https://www.vicroads.vic.gov.au/-/media/files/technical-documents-new/road-design-notes/road-design-note-0307--raised-safety-platforms-rsp-version-c2.ashx>

6.5. Canalização (incluindo faixas de conversão e faixas de acesso (slip lanes))

Descrição geral

A canalização é a disponibilização de faixas de tráfego exclusivas dedicadas a diferentes movimentos nos cruzamentos. Visa melhorar o desempenho e a segurança por meio da separação dos fluxos de tráfego (por meio de sinalização viária ou ilhas físicas) e tornar transparentes os padrões de direção e as regras de direito de passagem. Essa canalização pode reduzir a área de conflito e melhorar os ângulos do cruzamento. Também pode ser adicionado para aumentar a capacidade, melhorar a visibilidade dos dispositivos de controle de tráfego e reduzir os sinistros. Ela pode ser incluída em todos os tipos de interseções, independentemente do layout ou do controle.

A canalização pode ser incluída em estradas secundárias e estradas principais. A separação de movimentos pode ser feita por meio de ilhas de tráfego, canteiros centrais ou demarcações na superfície da rodovia, juntamente com faixas auxiliares, ou pela designação de faixas para movimentos específicos, tais como conversão à esquerda, conversão à direita ou conversão em U.

Essas faixas também podem ser chamadas de faixas de conversão (turn lanes) ou faixas de acesso (slip lanes). Em alguns países, faixas de conversão referem-se à faixa de conversão canalizada, a qual fornece um local para o veículo aguardar até que surja um espaço adequado no tráfego oposto, para que ele faça a conversão. As faixas de acesso para a faixa de conversão mais próxima fornecem um recurso de desaceleração dedicado que remove o tráfego lento do restante do tráfego que segue na via. Estes podem ter fluxo livre ou serem obrigados a dar preferência de passagem para o outro tráfego assim que a estrada lateral for alcançada.

Figura 6.59: Obstrução visual dinâmica – um veículo grande na faixa de desaceleração escondendo um veículo na outra faixa da pista.



Fonte : Woolley, J., Stokes, C., Turner, B. et Jurewicz, C. 2018. Towards safe system infrastructure: a compendium of current knowledge (No. AP-R560-18).

A área cônica dessas faixas nos acessos aos cruzamentos funciona como faixas de acomodação para o tráfego que fará conversão. As faixas auxiliares associadas também podem servir como acostamento utilizável para uso de emergência e para acomodar veículos parados. Normalmente, estas faixas devem ser instaladas como faixas separadas (não como faixas de ultrapassagem) do tráfego que segue em frente em um cruzamento, de forma que este tráfego possa ultrapassar os veículos que estão aguardando para poder virar.

A canalização em grande escala não é uma solução para todos os problemas. A canalização inadequada ou excessiva pode reduzir a segurança e a capacidade da via. Muitas vezes a adição de uma faixa de conversão, de um canteiro central ou ilha é suficiente para atender as melhorias desejadas. Com a adição da possibilidade de conflito advindo do tráfego ferroviário, cuidados devem ser tomados para garantir que a canalização forneça orientação e controle, e não confusão.

As faixas de conversão canalizadas projetadas de forma inadequada podem resultar em um aumento insignificante da capacidade e dificultar a travessia de ciclistas e pedestres. Uma faixa lateral canalizada (faixa de desaceleração) tem como objetivo principal melhorar a eficiência. Do ponto de vista da segurança, é contrário aos princípios do sistema seguro, que se permita que o tráfego aumente de velocidade no cruzamento e que se crie faixas de acesso de alta velocidade e de grande raio em vez de se reduzir a velocidade do tráfego atrás do veículo que está desacelerando. Além disso, se a faixa de acesso (faixa de desaceleração) não estiver adequadamente separada do restante do tráfego presente na via, existe um alto risco de que os veículos que utilizam essa faixa possam mascarar ou ocultar os veículos que transitam na faixa de passagem. Isto é por vezes referido como “efeito de sombra” ou “obstrução visual dinâmica” e representa um aumento significativo no risco de um veículo sair de uma estrada secundária (figura 6.59).

Implicações para a segurança

- Um dos principais objetivos do projeto de interseção é limitar e/ou reduzir a gravidade dos possíveis conflitos entre usuários da via.
- A FHWA esclarece que os princípios básicos para a canalização do tráfego em cruzamentos, que podem reduzir conflitos são:
 1. **Pontos de choque separados.** A separação dos pontos que podem ser a causa de choque entre os veículos circulantes, pode facilitar a tarefa de condução e, ao mesmo tempo, melhorar a capacidade e a segurança em um cruzamento. O uso de faixas de conversão exclusivas, conversões canalizadas à direita (para quem dirige à direita) e canteiros centrais elevados, como parte de uma estratégia de controle de acesso, são formas eficazes para separar os choques entre veículos. (consulte a seção 6.6 “Esquerdo para dentro, esquerdo para fora/direito para dentro, direito para fora”).
 2. **Definir caminhos convenientes para os veículos.** O alinhamento da via ao se aproximar de um cruzamento, bem como o próprio cruzamento, deve apresentar ao usuário da via a clara definição do caminho adequado que o veículo deve estar posicionado, em locais de risco que tem uma geometria complexa ou determinados padrões de tráfego, tais como cruzamentos altamente inclinados, cruzamentos com várias pernas, cruzamentos com os deslocamentos em T e nos cruzamentos com volumes de conversões muito elevados. A clara definição das funções das pistas pode minimizar a mudança de faixa e evitar “prender” veículos na faixa incorreta.
 3. **Desestimular movimentos indesejáveis.** Os projetistas podem utilizar raios de curva, canteiros elevados ou ilhas de tráfego, para evitar movimentos indesejáveis ou errados, incluindo restrição de conversões e um traçado do alinhamento da pista desenhado considerando a aproximação da pista a um cruzamento, visando facilitar os movimentos intuitivos.
 4. **Incentive velocidades seguras.** Em estradas de baixa velocidade nas quais também circulam pedestres, as velocidades para conversões devem ser menores, e serem traçadas com raios menores, terem faixas mais estreitas e/ou incluir características que levam a canalização do tráfego (figura 6.60). Em estradas de alta velocidade, nas quais não transitam pedestres, as velocidades dos veículos na faixa para a conversão devem ser comparáveis às velocidades em linha reta para liberar os veículos em conversão do fluxo de tráfego da forma mais rápida e segura possível. Isto pode ser conseguido com cones mais longos e suaves e com comprimento de desaceleração associado até a curva, em uma velocidade mais lenta.
 5. **Facilitar a movimentação de fluxos de tráfego de alta prioridade.** Priorizar a acomodação dos fluxos de veículos nos cruzamentos atende tanto às expectativas dos motoristas quanto à capacidade de vazão dos cruzamentos. Os maiores volumes de um determinado movimento de veículos no cruzamento definem os movimentos de maior prioridade, embora por vezes as designações de rotas e a classificação funcional das estradas que se cruzam devam ser consideradas. Nas zonas suburbanas e rurais com baixa densidade, pode ser apropriado dar prioridade à circulação de veículos motorizados; contudo, em alguns locais urbanos, os pedestres e os ciclistas podem, por vezes, ser os usuários que receberão maior prioridade do sistema rodoviário. A separação dos movimentos através da canalização pode reduzir a largura das travessias para os pedestres e aumentar a sua oportunidade de atravessar estradas movimentadas.

Figura 6.60: Ângulo da faixa de rolamento transformado de largo (imagem à esquerda) para apertado (imagem à direita).



Fonte : Javus, A. et al. 2012. Safety evaluation of right-turn smart channels using automated traffic conflict analysis, Accident Analysis & Prevention, volume 45, March 2012, pages 120-130.

6. **Facilite o esquema de controle de tráfego desejado.** A visibilidade dos sinais e demarcações nos cruzamentos pode ser mantida através da canalização. Outros equipamentos no cruzamento não devem bloquear o campo de visão dos motoristas e devem facilitar a manutenção preventiva, pelo pessoal de campo. O layout da interseção deve ser projetado para movimentos simultâneos de conversão à esquerda e potenciais movimentos de conversão em U. Os impactos operacionais e o projeto das instalações para pedestres devem ser levados em consideração durante a elaboração do projeto do cruzamento.
7. **Acomodar veículos em desaceleração, lentidão ou veículos parados fora de faixas de tráfego de alta velocidade.** As diferentes velocidades com que os veículos trafegam são a principal causa de sinistros. Os diferenciais em velocidade nos cruzamentos são inerentes nesses locais, à medida que os veículos desaceleram para facilitar a conversão. A disponibilização de faixas exclusivas para conversão à esquerda e à direita podem melhorar a segurança, pois excluem os veículos que farão a conversão em velocidade mais lentas do fluxo de tráfego de maior velocidade, e dessa forma reduzem potenciais choques traseiros. Além disso, os veículos que seguirão transitando adiante na via podem sofrer menos atrasos e menos filas. No entanto, é necessário ter cuidado para não induzir velocidades mais elevadas no tráfego contínuo e no que fará conversão, de modo a não obscurecer a visão do tráfego nas estradas laterais
8. **Fornecer refúgio seguro e orientação para ciclistas e pedestres.** A canalização de cruzamentos pode fornecer refúgio e/ou reduzir a distância de exposição dos pedestres e dos ciclistas, dentro de um cruzamento, sem limitar o movimento dos veículos.
- A canalização que separa as faixas de trânsito contínuo e a de conversão, pode constituir um perigo devido à sua localização, quando é aplicada uma intervenção com elevação do pavimento, especialmente em estradas de alta velocidade.¹⁴⁸
 - Faixas de conversão canalizadas podem tornar a velocidade nas aproximações do cruzamento mais lenta do que nas faixas de conversão não canalizadas.¹⁴⁹
 - Vários estudos realizados em países de rendimento elevado confirmaram a conclusão de que a disponibilização de faixas de conversão reduz as taxas de sinistros.^{150,151,152}
- Alguns estudos comprovaram a eficácia da canalização.
- A disponibilização de ilhas centrais na aproximação de um cruzamento pode ajudar os condutores a identificar a localização deste e a aumentar o seu estado de alerta para selecionar sua rota de viagem através do cruzamento. As ilhas centrais fornecem alguma proteção para veículos que fazem conversão, quando uma faixa de conversão é fornecida para tirar o veículo que faz a conversão para fora da faixa de trânsito contínuo. Este tratamento pode reduzir em 20% as colisões frontais, traseiras e as do tipo curva à direita. Se a ilha central for colocada através do cruzamento, removendo assim o movimento cruzado dos veículos, colisões frontais, curvas à direita e em ângulo reto podem ser eliminadas.
 - Canteiros centrais mais largos (geralmente mais de 5,4m que compensam a faixa de conversão proporcionam os seguintes benefícios de segurança:
 1. Melhor visibilidade dos veículos que transitam em direção oposta no trânsito;
 2. Diminuição da possibilidade de choques entre movimentos opostos de conversão à esquerda dentro do cruzamento; e
 3. Mais veículos que vão virar à esquerda são atendidos em um determinado período de tempo, principalmente em cruzamentos sinalizados.¹⁵³
 - O fornecimento de faixas de conversão recuadas com

¹⁴⁸ Vicroads. 2019. Road design notes: Raised Safety Platforms (RSPs).

¹⁴⁹ FHWA. 2014. Handbook for Designing Roadways for the Aging Population: Accessible à l'adresse https://safety.fhwa.dot.gov/older_users/handbook/.

¹⁵⁰ Staplin, et al. 1997. National Highway Traffic Safety Administration.

¹⁵¹ Gluck, J., H. S. Levinson et V. Stover. 1999. National Cooperative Highway Research Program Report 420: Impacts of Access Management Techniques. NCHRP, Transportation Research Board, Washington, DC.

¹⁵² Elvik, R., Hoye, A., Vaa, T. et Sorensen, M. 2009. The Handbook of Road Safety Measures, Second edition. Emerald Group Publishing Limited. ISBN 978-1-84855-250-0.

¹⁵³ Harwood, D. W., M. T. Pietrucha, M. D. Wooldridge, R. E. Brydia et K. Fitzpatrick. 1995. Rapport 375 du National Cooperative Highway Research Program : Median Intersection Design. NCHRP, Transportation Research Board, Washington, DC.

com ilhas pintadas pode reduzir em 20% as colisões em curvas opostas e colisões traseiras; e com uma ilha mediana, podem ser obtidas reduções de 40% nas colisões traseiras, 30% nas curvas opostas e 20% nas colisões por perda de controle.¹⁵⁴

- Uma meta-análise australiana mostra uma redução entre 22% e 36% dos sinistros. Esta redução é decorrente da canalização, porém não está claro se a canalização foi feita por meio de uma divisão da pista, de uma mediana ou ambos. Cinco estudos sobre vias contendo ilhas divisórias demonstraram novamente uma redução global de cerca de 30 por cento; dois estudos sobre reduções devido às ilhas medianas demonstraram uma redução de cerca de 20 por cento. Esses benefícios também podem ser interpretados como sendo parte de outros atributos, como a provisão e delimitação de faixas de conversão.
- Os sinistros em interseções sinalizadas onde foi adicionada uma faixa de conversão à direita (no tráfego à direita), em combinação com e sem uma fase de sinalização separada para conversão à direita, foram reduzidos em 36% e 15%, respectivamente. Em cruzamentos não sinalizados com canalização marcada que separa a faixa de conversão à direita da faixa de passagem, os sinistros foram reduzidos em áreas rurais, suburbanas e urbanas em 50, 30 e 15 por cento, respectivamente. Quando foram utilizados dispositivos de canalização com elevações, as reduções de sinistros foram de 60, 65 e 70 por cento nas áreas rurais, suburbanas e urbanas, respectivamente. Evidências consistentes foram relatadas em Hagenauer et al. (1982), McFarland et al. (1979), e FHWA (2014). Handbook for Designing Roadways for the Aging Population (Manual para projetar estradas para a população idosa) Acessado em https://safety.fhwa.dot.gov/older_users/handbook/.

Boas práticas de projeto/ intervenções/ soluções

- A canalização com elevações e com meios-fios inclinados é recomendada em vez da canalização realizada apenas através do uso de demarcações no pavimento (niveladas) para as intervenções em faixas de conversão à esquerda e à direita, nos cruzamentos em todas as estradas com velocidades de operação inferiores a 20 km/h. (AASHTO 2009. Highway Safety Manual (Manual de Segurança Rodoviária).
- As ilhas elevadas devem ser meios-fios semi-montáveis. Meios-fios de barreira e outros perfis não são recomendados para uso em ilhas. Ilhas contendo uma depressão do pavimento também podem ser delineadas usando meios-fios desde que a definição e o delineamento adequado da ilha possam ser alcançados por outros meios (por exemplo, acostamento atrás do meio-fio).
- As conversões proibidas devem ser bloqueadas através de ilhas canalizadoras, sempre que possível.
- As ilhas/canteiros centrais devem ser visíveis para os motoristas que se aproximam. Os locais rurais com poucas restrições, terão ilhas relativamente grandes (por exemplo, ≥ 100 m² para uma ilha divisória em uma estrada que se aproxima de uma estrada arterial importante), enquanto que em um cruzamento urbano não sinalizado, pode ser uma pequena ilha (Austroads 2017. Guide to Road Design Part 4 A Unsignalised and Signalised Intersections (Guia para Projeto de Estradas, Parte 4 A, Cruzamentos não Sinalizados e Sinalizados).
- A extremidade/ponta ('nariz') das ilhas deve ser deslocada da borda da faixa de tráfego adjacente, para proporcionar espaço adicional ao meio-fio e para aumentar o conforto dos motoristas que se aproximam, além de evitar qualquer tendência para que eles se afastem do meio-fio.
- Como orientação geral, as pontas devem ser deslocadas em 0,2 m por cada 10 km/h de velocidade de aproximação, mas isto não é usado por todas as jurisdições. Em ilhas estreitas nas quais um deslocamento em relação a extremidade/ponta da ilha para a aproximação não é praticável, uma ponta totalmente montável pode ser fornecida, o que requer um deslocamento e um raio de ponta menores do que um meio-fio. No entanto, quando isso não puder ser feito devido à visibilidade limitada das interseções localizadas em cristas ou curvas relativamente fechadas, ilhas medianas elevadas na via principal podem ser usadas para melhorar a percepção do motorista sobre a interseção. Nesses casos, a ponta da ilha deve ser concebida num comprimento que o leve sobre topo ou ao redor da curva, até um ponto onde o cruzamento possa ser facilmente visto (ver secção sobre Medianas/ canteiros centrais).
- As ilhas curvas são por vezes difíceis de ver à noite devido ao brilho dos faróis que se aproximam ou de luminárias,

¹⁵⁴ Austroads. 2012. Effectiveness of road safety engineering treatments, AP-R422-12.

distantes, ou ainda devido a presença de lojas, fábricas, etc à beira da estrada. As ilhas curvas geralmente não devem ser usadas em áreas rurais e em locais isolados, a menos que o cruzamento seja iluminado e os meios-fios sejam delineados, como acontece com refletores instalados/ pintados no topo do meio-fio.

- A canalização com menor custo é a por meio da colocação de ilhas/canteiros centrais pintados evitando o estreitamento da faixas e reduzindo as velocidades de aproximação. Isto é complementado por faixas de vibração dentro deste canteiro central e ao longo do exterior das linhas de borda do pavimento (ver secção 3.2 sobre Cumprimento de velocidade e desaceleração do tráfego).
- Uma faixa auxiliar deve ter largura suficiente (incluindo os acostamentos adjacentes até às faixas auxiliares) e comprimento suficientes que permitam ao motorista manobrar adequadamente um veículo nela e ainda que, uma vez dentro dela, reduza a velocidade para virar no cruzamento.
- O comprimento da faixa para acomodação dos veículos deve ser suficiente para evitar que veículos parem nas faixas de trânsito contínuo à espera de uma mudança de sinal ou do surgimento de uma brecha no fluxo de tráfego oposto. Uma faixa mais longa deve ser considerada em situações nas quais há um grande volume de conversão de caminhões, uma inclinação, ou uma alta velocidade projetada. A incapacidade dos veículos que fazem curvas de acessar as faixas de conversão pode adversamente afetar a capacidade de um cruzamento e resultar em veículos invadindo os canteiros centrais e causando problemas de manutenção.
- Contudo, o comprimento do estreitamento não deve ser muito longo, de modo a garantir que o início da faixa auxiliar esteja bem definido e que os motoristas não entrem inadvertidamente na faixa durante condições climáticas adversas ou em uma curva horizontal.
- O projeto deve permitir que um caminhão grande ocasionalmente faça uma curva, abrindo espaço e invadindo outras faixas de tráfego sem interromper significativamente o trânsito.
- Onde o meio-fio for usado adjacente à faixa auxiliar, um deslocamento apropriado do meio-fio deverá ser disponibilizado para poder acomodar os veículos.
- O estacionamento deve ser restrito a uma distância anterior ao raio de giro do lado direito, para evitar invasão dos espaços adjacentes das faixas de giro.
- Para o projeto de ruas arteriais, os raios adequados para a operação dos veículos devem ser equilibrados com as necessidades dos pedestres e a dificuldade de adquirir direitos de passagem adicionais ou recuos de esquina. Dado que o raio da esquina muitas vezes está comprometido, o seu efeito tanto sobre os pedestres, e

sobre as manobras dos veículos, deve ser examinado.

As Figuras 6.61 a 6.65 abaixo mostram alguns exemplos bons e ruins de delineamento para movimentos de conversão.

Para a segurança dos usuários vulneráveis da estrada:

- Instale uma ilha elevada de tamanho adequado para oferecer refúgio onde se espera a travessia de pedestres (figura 6.66). As ilhas utilizadas para canalização não devem interferir ou obstruir as ciclovias nos cruzamentos
- Os motoristas não devem ser confrontados repentinamente com uma área inutilizável no caminho normal do veículo. As ilhas, para a abordagem inicial do tráfego, devem ser indicadas por um alargamento gradual e uma demarcação ou uma faixa sonora de cada lado.
- Coloque a faixa de pedestres no centro da faixa de conversão (mais longe do cruzamento da esquina) perpendicularmente à direção da viagem (sem torná-la um desvio inconveniente para os pedestres) e use paisagismo, etc., para evitar que os pedestres atravessem em outro lugar (figuras 6.67 e 6.68). Além disso, a faixa de pedestres e a rampa do meio-fio devem ser mantidas a uma distância equivalente ao comprimento de um ou dois carros (ou seja, geralmente 6 m ou 12 m) da linha de espera, para que a travessia coincida com um espaço entre os carros na fila. Essa forma permitirá que os motoristas que estão no trecho de aproximação procurem se acomodar na fila e cedam a preferência aos pedestres, antes de chegar à via do cruzamento e que procurem por espaços no tráfego.
- Os pedestres devem dispor de um campo de visão adequado para parar e aguardar para fazerem a travessia, especialmente em cruzamentos com faixas de acesso nos quais as velocidades são maiores, do que em locais com raios menores para a conversão. Outras situações em que é necessária uma consideração especial são as dos ciclistas e das intervenções que podem ajudar no acesso e na segurança. Estas incluem abordagens nas quais a inclinação de um cruzamento exige a disponibilização de uma faixa de acesso aos ciclistas na esquina de uma rotatória (por exemplo, ciclovias marcadas).

Figura 6.61: Faixa de entroncamento não sinalizada na Tanzânia.



Fonte : Banco Mundial.

Figura 6.62: Faixa de entroncamento mal delineada no Gana.



Fonte : Graphic Online. <https://www.graphic.com.gh/news/general-news/accra-chokes-heavy-traffic-slows-business-field-day-for-okada-operators.html>.

Figura 6.63: Pista de entroncamento com marcação em zigue-zague no pavimento, em Cingapura.



Fonte : Google Street View.

Figura 6.64: Grande interseção urbana com demarcação do pavimento para movimentos de conversão.



Fonte : © Google Earth.

Figura 6.65: Intervenção em estradas secundárias usando postes flexíveis.



Fonte : Indian Institute of Technology, Kharagpur. 2019. Report on Road Safety Audit of SH-11 During Operation Stage, India.

Figura 6.66: Refúgio para pedestres e orientação para ciclistas.



Fonte : FHWA

Figura 6.67: Pista de acesso com grande ângulo e cruzamentos mal alinhados e sem possibilidade de travessia.



Fonte : Un-Habitat.

Figura 6.68: Uma faixa de acesso à direita bem projetada em um cruzamento complexo.



Fonte : Designing for Pedestrian Safety.

O motorista pode não ver os ciclistas atravessando a estrada na qual o motorista deseja entrar (potencialmente devido à distração do motorista ou à velocidade mal avaliada do ciclista pelo motorista).

- Sempre que possível, semáforos, postes de serviços públicos e sinalização devem ser colocadas fora das áreas pavimentadas para pedestres e das áreas de embarque/desembarque. Deve-se ter cuidado para evitar colocar esses objetos em conflito com futuras instalações destinadas aos pedestres.
- Disponibilizar um espaço tampão quando as calçadas forem construídas aumenta a separação entre os pedestres e a via de circulação.
- Podem ser necessárias intervenções apropriadas para os ciclistas, incluindo demarcação de linhas e da instalação de sinais adjacentes à ilha que forma as faixas de acesso, para que os condutores que utilizam a pista de acesso fiquem atentos aos ciclistas.
- A prioridade nos cruzamentos deve ser clara para todos os usuários da estrada (ou seja, se os condutores, os pedestres ou os ciclistas têm prioridade).
- Nos cruzamentos com canalização deverão ser instalados sistemas de iluminação para iluminar ilhas, locais de desvio e fusão, vias de conversão e travessias de pedestres.
- Uma ilha de refúgio para pedestres em ou perto de uma faixa de pedestres ou ciclovia que auxilie e proteja os pedestres e ciclistas que atravessam a pista, deve ser fornecida com faixas de desvio e de conversão.
- As ilhas de esquina com elevação e ilhas de canalização central ou divisórias podem ser usadas como áreas para refúgio. As ilhas para refúgio (de pedestres e ciclistas que atravessam uma rua larga, para carregar ou descarregar passageiros de transporte público ou para rampas destinadas a cadeirantes) são usadas principalmente em áreas urbanas.

Figura 6.70: Transformação em mini praça nos EUA.



Fonte : LADOT people St (CC BY-ND 2.0).

Figura 6.71: Transformação em ciclovia urbana nos EUA.



Fonte : Google Street View.

Figura 6.72: Transformação para trilhas para pedestres nos EUA.



Fonte : John Greenfield/Streebsblogusa.

Figura 6.69: Faixa de pedestres com elevação e acesso contendo marcações de “ilha fantasma” e sinalização de faixa de pedestres.



Fonte : The State of Queensland.

- Quando se espera que os pedestres e os ciclistas atravessem uma faixa de acesso ou façam uma conversão, devem ser incentivadas baixas velocidades dos veículos no ponto de travessia.
- O uso de dispositivos físicos (por exemplo, lombada ou sinalização especial (como um ‘wombat’) para atravessar em faixas de desvio e de conversão pode reduzir a velocidade dos veículos e melhorar a visibilidade das faixas de pedestres (figura 6.69).
- Durante os últimos anos, em alguns países como os EUA e a Austrália, faixas de acesso inadequadamente concebidas foram convertidas em espaços destinados aos pedestres ou ciclistas, porque estas faixas de acesso podem ser prejudiciais para a segurança (figuras 6.70 a 6.72). Por exemplo, uma faixa de acesso curta (sem dispositivos de segurança para os pedestres durante a travessia destes) que apenas divide a calçada, de modo que permite aos motoristas fazerem as curvas mais rapidamente, é perigosa. Muitas cidades adaptaram esses espaços em praças de pedestres.

Leitura adicional

- AASHTO. 2018. Green Book (GDHS-7). Importante ler: capítulo 2, Design controls and criteria ; capítulo 5, Local roads and streets ; capítulo 6, Collectors in urban areas ; capítulo 7, Arterial road.
- FHWA. 2014. A Report on the Development of Guidelines for Applying Right-Turn Slip Lanes. Importante ler: capítulo 2, Literature review.
- Austroads. 2017. Guide to Road Design. Importante ler: parte 4A, Unsignalised and Signalised Intersections.
- Austroads. 2015. Road Geometry Study for Improved Rural Safety. Importante ler: capítulo 6, Design elements for improved rural road safety.
- Rune Elvik. 2009. The Handbook of Road Safety Measures, Second edition. Importante ler: parte II, Road Safety Measure.

6.6. Esquerda para dentro/ Esquerda para fora/ Direita para dentro/ Direita para fora

Descrição geral

Esquerda para dentro/esquerda para fora (LILO = Left-in/left-out) e direita para dentro/direita para fora (RIRO = right-in/right-out) referem-se a um tipo de cruzamento de rodovias no qual três vias se encontram e as manobras para conversão dos veículos são restritos. RIRO é típico

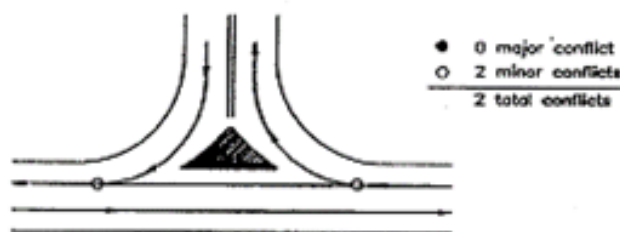
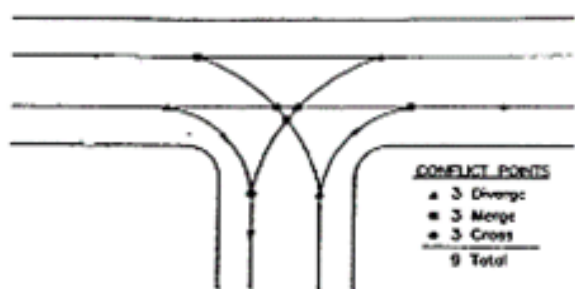
quando os veículos circulam pela direita, e LILO é típico quando os veículos circulam pela esquerda. Isso ocorre porque as estradas secundárias geralmente se conectam à parte externa das estradas de mão dupla.

Um LILO permite apenas conversões à esquerda e um RIRO permite apenas conversões à direita. "Right-in" e "Left-in" se refere as conversões de uma estrada principal em um cruzamento (ou a uma entrada de automóveis ou um lote); "direita" e "esquerda" referem-se as conversões em um cruzamento (ou entrada de automóveis ou um lote) em uma estrada principal. Eles são implementados para evitar que sejam feitas manobras de conversão em faixas de tráfego opostas.

Implicações para a segurança

- As configurações RIRO/LILO geralmente melhoram a segurança e a eficiência do tráfego rodoviário, reduzindo o número de pontos de choque entre veículos (figura 6.73). Em particular, eles eliminam os riscos de eventuais sinistros de alta gravidade decorrentes do tráfego que faz a conversão em relação ao tráfego contínuo. As restrições as manobras de conversão são um tipo de estratégia de gestão de acesso usada para melhorar a segurança de cruzamentos e calçadas que tem controle indicativos de "Pare" (STOP) para os veículos. A restrição ou a proibição de manobras de conversão reduzem o número de pontos de choques derivados da conversão nos cruzamentos e são geralmente conhecidos por serem capazes de reduzir o risco de colisão.¹⁵⁵
- Segundo a literatura, 74 por cento dos sinistros em estradas manobras de conversão fora da faixa de rodagem,

Figura 6.73: Esboço da mudança nos pontos de conflito com a implementação da estratégia RIRO



Fonte : Oregon Department of Transportation, 1998
Interseção de três vias, antes da restrição

Cruzamento RIRO

¹⁵⁵ Simodynes, T., Welch, T. et Kuntmeyer, M. 2000. Effects of Reducing Conflict Points on Reducing Accidents (abstract), Third National Access Management Conference, p. 141, Federal Highway Administration, Washington, DC.

Figura 6.74: Interseção RIRO com curva à direita muito próxima na Ucrânia.



Fonte : © Google Earth.

Figura 6.75: LILO urbano com espaço insuficiente para mudança segura de faixa para conversão à direita-Brunei.



Fonte : © John Barrell.

em que os veículos que emergem têm de atravessar faixas de tráfego opostas.¹⁵⁶

- RIRO/LILO só são eficazes quando esta manobra para mudança de direção é eficazmente evitada, seja esse impedimento geralmente feito por uma barreira física, ou por uma ilha elevada. As restrições legais às manobras de conversão (aquelas sem restrições físicas) são muito menos eficazes e sujeitas a abusos. Portanto, são mais comuns onde a faixa de rodagem é dividida e não há cruzamento pelo canteiro central.
- Existem algumas evidências de que o RIRO, sem prevenção física dos movimentos de conversão à esquerda, pode resultar em taxas de sinistros mais elevadas do que aqueles com proibição física.¹⁵⁷
- Uma configuração RIRO/LILO pode melhorar a segurança e as operações em um cruzamento e conseqüentemente piorá-las em outro cruzamento a montante ou a jusante.
- A migração acidental é um problema potencialmente relacionado com as manobras de conversão restritas em um determinado ponto de acesso. Isso ocorre quando falhas em um local no qual havia uma intervenção que permitia a mudança de direção, foi mudada para outro local. Embora as operações RIRO/LILO eliminem as conversões em fluxos opostos no local em questão, as manobras com inversão de marcha (retorno em U) e colisões relacionadas, aumentam potencialmente no próximo cruzamento a jusante, que permite inversões de marcha.
- Também introduzem padrões de colisão adicionais, à medida que os veículos tentam atravessar as faixas principais e fundem-se com o tráfego em sentidos opostos (figuras 6.74 e 6.75). Dessa forma, em uma interseção

¹⁵⁶ National Highway Institute. 1992. Access Management, Location and Design: Participant Notebook, NHI Course No. 15255, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Washington, DC.

¹⁵⁷ Sarath Chandra Gorthy. 2017. Analysis of Right-in, Right-out Commercial Driveway Safety, Operations and Use of Channelization as Compliance Countermeasure. MSc Thesis, Clemson University.

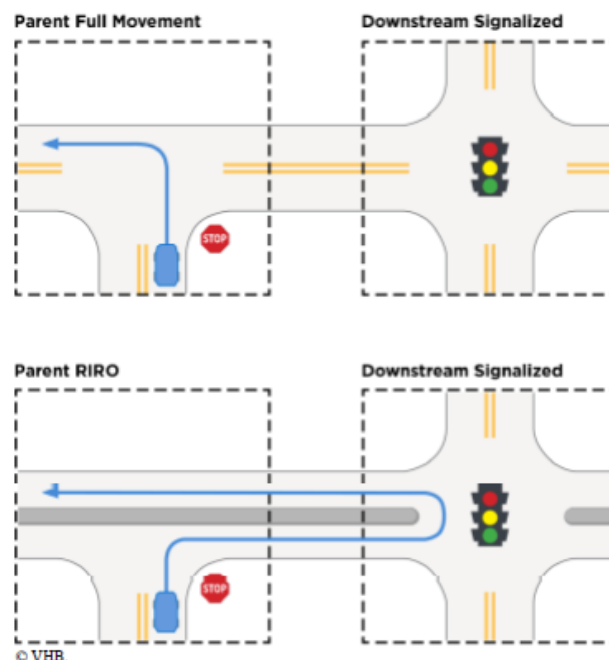
semaforizada de movimento completo dentro de um corredor, poderia haver um aumento nos movimentos de retorno em ambas as direções ao longo da linha principal se as interseções com controle de parada (STOP) fossem convertidas em RIRO ao longo do corredor.

- Cruzamento RIRO com desvio para a direita muito próximo e comprimento insuficiente entre os movimentos (também incorpora travessia de pedestres e parada de transporte público). Necessidade de conversão e armazenamento para acomodar todos os veículos, inclusive veículos pesados (HGVs).

Boas práticas de projeto/ intervenções/ soluções

- Os cruzamentos RIRO/LILO devem ser concebidos com a implantação de um canteiro central físico localizado na entrada da junção das vias que seja eficaz na prevenção de movimentos de conversão não autorizados.
- As abordagens em pistas de faixa única são mais eficazes na prevenção desse tipo de manobras p não autorizadas para conversões.
- Onde a rodovia principal é uma faixa de rodagem única, também será necessária a instalação de uma barreira física na rodovia principal.
- Onde a rodovia principal for uma via de mão dupla a interseção deve ser destinada como se a faixa de desaceleração fosse uma rampa de saída, e a faixa de aceleração uma rampa de acesso, com separação física entre o tráfego em desaceleração/aceleração, enfatizando o ponto no qual é possível fazer a mudança de direção, de modo que movimento de conversão resulte em um movimento de fusão. Esta filosofia é semelhante aos exemplos mostrados na próxima seção.
- A possibilidade de realizar a manobra proibida nos RIRO/LILO, precisa ser possível nos próximos cruzamentos disponíveis. Como as conversões em “U” são eficazes pelo lado de fora do fluxo do tráfego oposto, elas devem ser feitas sob condições controladas, contendo instalações de alta qualidade para que as conversões possam ser feitas- seja o controle por meio de um semáforo ou por meio de uma rotatória (figura 6.76).
- A utilização de um impedimento do cruzamento, feito apenas pelo deslocamento da linha mediana da pista, somente transfere o problema da fusão do tráfego para outro local.

Figura 6.76: Movimento de conversão substituído em um entroncamento a jusante.



Fonte : FHWA, 2012.

- Sempre que esta manobra de conversão for permitida, deverá ser mantida uma distância suficiente do RIRO/LILO, de modo a permitir que o tráfego que emerge atravesse com segurança as faixas principais de tráfego e para permitir que os veículos que se aproximam antecipem os veículos que estão diminuindo a velocidade para fazer a virada para o lado de fora.

Leitura adicional

Ahmet Aksan, Robert Layton. 1998. Right-In Right-Out Channelization Discussion Paper No. 13 prepared for Oregon Department of Transportation presented at the 3rd National Conference on Access Management Transportation Research Board Fort Lauderdale, Florida, October 4-7, 1998.

FHWA. 2012. Safety Evaluation of Turning Movement Restrictions at Stop-Controlled Intersections. FHWA Publication No. FHWA-HRT-17-065.

Mn/DOT Access Management Manual. 2008. Importante ler: capítulo 3, Guidelines and Public Street and Driveway Connections.

6.7. Faixas de aceleração e de desaceleração

Descrição geral

As faixas de aceleração/desaceleração (também conhecidas como faixas de ‘mudança de velocidade’) proporcionam aos condutores a oportunidade de acelerar ou desacelerar em um espaço não utilizado pelo tráfego de alta velocidade. (figura 6.77).

A fusão pode ocorrer em rampas de acesso para rodovias ou em rodovias de múltiplas faixas, ou ainda quando duas instalações significativas se unem para formar um único fluxo de tráfego.

Os veículos que se fundem muitas vezes fazem mudanças de faixa para se alinharem em faixas apropriadas ao movimento desejado.

A divergência ocorre quando um fluxo de tráfego se separa para formar dois fluxos de tráfego separados. Isso ocorre em rampas de saída de rodovias e em rodovias com múltiplas faixas, mas também pode ocorrer quando uma instalação principal se divide para formar duas instalações separadas. Os veículos que vão divergir devem alinhar-se adequadamente nas faixas apropriadas, indicando assim a mudança de faixa; veículos não divergentes também fazem mudanças de faixa, visando evitar a turbulência criada por manobras dos veículos que vão mudar a direção da marcha.

Figura 6.77: Faixas de aceleração e desaceleração.

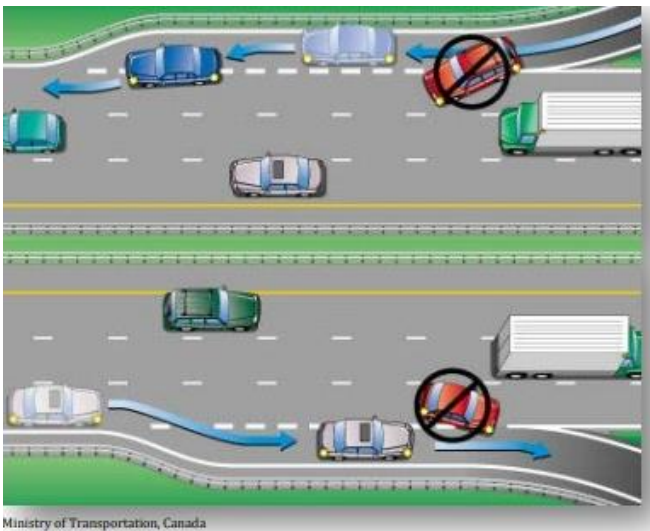


Figura 6.78: Raio de saída apertado para aproximação da faixa de desaceleração – Brunei.



Fonte : © John Barrell.

Figura 6.79: Faixa de aceleração bem definida – Brunei.



Fonte : © John Barrell.

Nas autoestradas e em algumas ruas principais, a mudança de velocidade entre as vias principais e as ruas adjacentes pode ser substancial e causar paradas e arranques que podem causar mais colisões no fluxo principal de veículos.

Embora estas faixas de mudança de velocidade estejam mais frequentemente associadas a estradas de alta velocidade, podem ser incluídas como parte de junções de vias RIRO/LILO de baixa velocidade, as quais exigem capacidade para a entrada do tráfego rodoviário advindo da lateral entre em estradas de alto volume.

Faixas de aceleração exclusivas permitem que os veículos que entraram na estrada principal acelerem para acompanhar o fluxo do tráfego. As faixas de desaceleração permitem que os veículos que saem da estrada principal de alta velocidade reduzam a velocidade para acompanhar o tráfego da estrada lateral ou para negociar um alinhamento de estrada mais apertado na saída.

Figura 6.80: Faixa de desvio externa – Brunei – canteiro central estreito e faixa que requer espaço adicional além da curva.



Fonte : © John Barrell.

Implicações para a segurança

- As faixas de aceleração e desaceleração podem estar bloqueadas por veículos estacionados ou parados.
- Os condutores que utilizam faixas de aceleração têm um ângulo de visão estreito em relação ao fluxo principal da estrada.
- Os condutores que se fundem em um fluxo de veículos podem ter dificuldade para observar tanto os veículos do fluxo principal como os que estão a fundir-se.
- Aqueles que desejam sair da rodovia de múltiplas faixas para uma faixa de mudança de velocidade precisam de um claro aviso antecipado para que possam se mover com segurança para a faixa mais próxima, de modo a dispor de tempo suficiente para entrar no início da faixa.
- O congestionamento, se o número de veículos ultrapassar a capacidade da via, pode aumentar as colisões, à medida que os veículos diminuem a velocidade ou param inesperadamente.
- Se as faixas não tiverem capacidade suficiente para acomodar todos os veículos, as filas poderão regressar à faixa de rodagem principal, causando colisões traseiras adicionais.
- Onde faixas de mudança de velocidade são incluídas em rodovias com múltiplas faixas, a mudança de faixa de veículos dentro dos fluxos principais pode reduzir a capacidade de fluxo livre.
- A entrada tardia e a saída antecipada de uma faixa com mudança de velocidade podem aumentar o risco de colisões.
- O espaçamento entre as faixas de junção e de separação que incluem mudança de velocidade pode resultar na interrupção do fluxo do tráfego da faixa principal e resultar

Figura 6.81: Barreira adicional para desvio fora da pista para controlar a entrada e a área de conversão além da faixa de rodagem mais distante para TODOS os veículos, acrescentando uma convergência adicional após cruzar o tráfego oposto- Brunei



Fonte : © John Barrell.

em colisões laterais e traseiras excessivas.

Boas práticas de projeto/ intervenções/ soluções

- Deve ser mantida uma boa visibilidade, tanto para o tráfego que emerge da outra via como para o tráfego que se aproxima.
- A sinalização e demarcação claras das faixas são cruciais para a segurança.
- A visibilidade durante a noite pode ser melhorada através da utilização de demarcadores de estrada que sejam refletores de diferentes cores.
- No caso de uma abordagem perpendicular à fusão de faixas, o campo de visão deve ser mantido livre de mobiliário urbano, de barreiras e de sinais de trânsito.
- Para evitar obstruções nas pistas, restrições para o estacionamento devem ser implementadas e rigorosamente seguidas.
- As faixas de mudança de velocidade devem ser mantidas livres em caso de congestionamento. Portanto, a capacidade da estrada principal e o volume de tráfego resultante precisam ser calculados para permitir condições de fluxo livre em todas as circunstâncias. Quando surgem filas o comprimento efetivo da pista é reduzido.

- Da mesma forma, a capacidade a montante da estrada principal é uma consideração importante quando grandes volumes de tráfego necessitam de utilizar a faixa de desaceleração de uma autoestrada com múltiplas faixas, e as velocidades relativas e a mudança de faixa serão um problema.
- O comprimento das faixas deve ser suficientemente longo para acomodar todo o tráfego se o volume de tráfego for muito elevado advindo do fluxo principal. Onde as interseções com faixas para mudança de velocidade estão próximas umas das outras, é necessário um comprimento de faixa para incorporação dos veículos suficientemente longo de modo a manter condições de fluxo estáveis entre as interseções.

Leitura adicional

- G. T. Wall et N. B. Hounsell. 2004. A Critical Review of the Standards and Design Processes for Motor-way. Importante ler: capítulo 2, Evolution of standards for motorway diverges; capítulo 3, Introduction to the diverging flow-region diagram ; capítulo 6, Critical review of the diverging flow-region diagram.
- Diverges in the UK School of Civil Engineering and the Environment University of Southampton Southampton, UK.
- Markos Alito Atamo. 2012. Safety Assessment of Freeway Merging and Diverging Influence Areas Based on Conflict Analysis of Simulated Traffic. PhD Thesis, University of Colorado. Chapter 2, Literature review.

6.8. Separação de níveis e rampas

Descrição geral

A maioria dos sinistros acontece em cruzamentos. A melhor maneira de interromper movimentos de cruzamentos conflitantes é colocar as vias que se cruzam em diferentes níveis ou desníveis para separá-las. Isso pode ser feito com viadutos ou intercâmbios/trevos (interchanges).

Um viaduto é uma simples separação em nível de duas estradas, onde não existe nenhuma ligação real entre elas e, portanto, nenhuma troca de tráfego é possível (figura 6.82). Os viadutos são normalmente usados quando uma estrada secundária cruza uma estrada principal ou na qual uma linha férrea cruza uma estrada.

As áreas para transferências ou intercâmbios são cruzamentos separados por níveis nos quais o tráfego de uma estrada principal é ligado a outra estrada principal através de estradas de ligação de fluxo livre.

Figura 6.82: Um viaduto simples sem ligação entre as duas rotas – Etiópia.



Fonte : © John Barrell.

Um trevo permite que o tráfego se mova entre duas ou mais estradas separadas por níveis. As áreas para transferência variam desde arranjos simples com rampas e cruzamentos na estrada secundária, até traçados complexos nos quais duas ou mais autoestradas ou rodovias principais se conectam.

Os viadutos e os intercâmbios são muito dispendiosos e são normalmente construídos como parte de um sistema de autoestradas nos quais os grandes fluxos de tráfego justificam o custo. Ocasionalmente, cruzamentos e viadutos são construídos em rodovias urbanas movimentadas, quando justificado pela segurança viária e em melhorias no fluxo de tráfego.

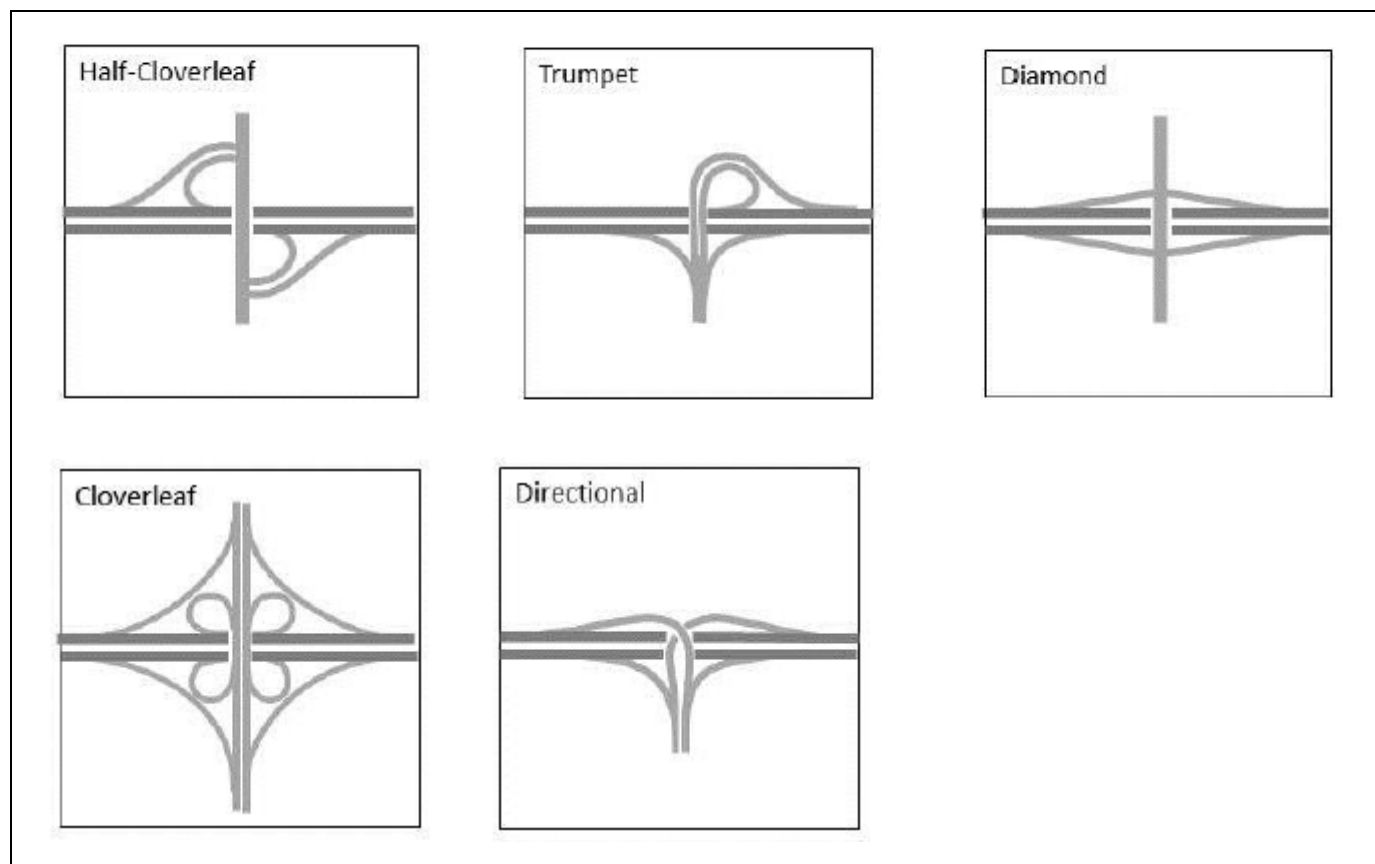
Em intercâmbios totalmente separados por níveis, com faixas separadas para todos os fluxos de tráfego, todos os movimentos que exigem a travessia de outros fluxos de tráfego são removidos e reduzidos apenas à troca de faixa.

Várias formas de intercâmbios foram desenvolvidas, tais como o cruzamento 'diamante', o cruzamento 'trombeta' e o cruzamento trevo total ou parcial (Figura 6.83). Esses intercâmbios diferem em relação aos tipos de rampas construídas para o tráfego de conversão.

Cruzamentos parcialmente separados por níveis (figura 6.84) são aqueles nos quais não existe ligação em nível entre duas estradas principais, mas onde as ligações entre rampas e estradas principais são em nível (em vez de faixas de aceleração/desaceleração).

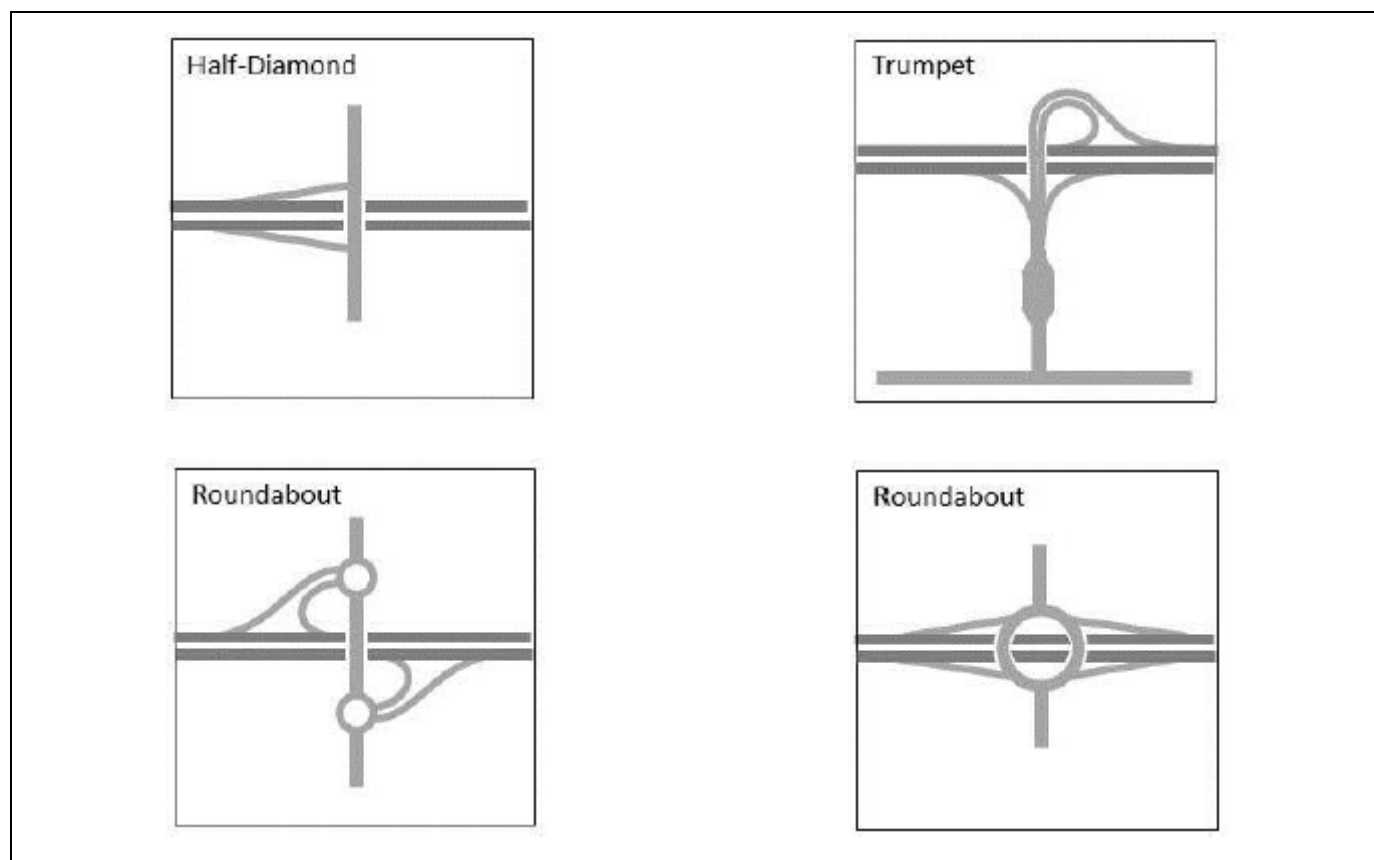
As rampas que unem uma das estradas que se cruzam, podem ter a forma de um cruzamento em nível, tal como um cruzamento preferencial, cruzamento sinalizado ou uma rotatória.

Figura 6.83: Traçados típicos de intercâmbio com níveis totalmente separados.



Fonte : © John Barrell.

Figura 6.84: Layouts típicos para áreas para transferência (intercâmbios) em estradas, com separação parcial de níveis.



Fonte : © John Barrell.

Implicações para a segurança

- Segundo as pesquisas,¹⁵⁸ a taxa de sinistros é menor em cruzamentos separados por níveis do que em cruzamentos nivelados. As maiores diferenças foram encontradas em cruzamentos de quatro vias. Nestes casos, a redução do número de sinistros com feridos é maior do que a redução do número de sinistros apenas com danos materiais.
- Os sinistros perto de cruzamentos separados por nível incluem sinistros em rampas, mas não incluem os sinistros em trechos da estrada imediatamente antes ou depois das junções em nível. Se estes sinistros fossem incluídos no cálculo dos efeitos sobre os sinistros, provavelmente teriam sido encontradas reduções ainda maiores no número de sinistros em cruzamentos separados por níveis. Contudo, as rampas são um novo elemento rodoviário quando são construídos
- cruzamentos separados por níveis, e os seus efeitos sobre a segurança devem ser incluídos nos efeitos dos cruzamentos separados por níveis.
- Descobriu-se que os cruzamentos parcialmente separados por nível são menos seguros do que os cruzamentos totalmente separados por nível, pois estes são mais seguros do que os cruzamentos de quatro vias em nível. Quando os cruzamentos de quatro vias em nível são equipados com radares de velocidade estes são mais seguros do que os cruzamentos parcialmente separados por níveis sem radares. Nenhuma diferença significativa foi encontrada entre junções parcialmente separadas por níveis e sinalizadas.
- Os cruzamentos em diamante (simples e abrangentes, com rampas retas e com estradas secundárias acima da estrada principal) parecem ser a forma mais segura de cruzamentos com separação de níveis.
- Os cruzamentos em diamante têm taxas de sinistros mais baixas do que a maioria dos outros tipos de intercâmbios.

¹⁵⁸ Elvik, R., Høy, A., Vaa, T., et Sørensen, M. 2009. The Handbook of Road Safety Measures, 2nd ed., Emerald Group, United Kingdom.

A maioria das diferenças são pequenas e não significativas. Os cruzamentos em diamante são mais favoráveis em comparação com cruzamentos em trombeta e os cruzamentos com rampas de acesso direto. Existem vários fatores que tornam os cruzamentos em diamante relativamente seguros: o desenho do traçado é relativamente simples e, assim, reduz a confusão ou erros cometidos pelos motoristas. As rampas nos cruzamentos em diamante são retas e as taxas de sinistros são menores em rampas retas do que em rampas curvas ou voltas (loops).

- Os estudos constataram que há mais sinistros em curvas com raio menor do que em curvas com raio maior.¹⁵⁹
- É possível que as velocidades mais elevadas nas autoestradas, quando ocorre a aproximação aos loops possam ser um fator que contribui para os sinistros, especialmente nos nas rampas de desvio.
- Os veículos pesados são particularmente suscetíveis a sinistros com capotamento do veículo em rampas ou loops curvos devido ao raio reduzido e ao potencial para alta velocidade.
- O espaçamento curto ou frequente entre as interseções pode resultar em comprimentos curtos de deslocamento entre as faixas de mudança de velocidade/mudança de direção/desvio.

Boas práticas de projeto/ intervenções/ soluções

- Diversas características e problemas são comuns a todos os tipos de intercâmbios. Esses itens são importantes a serem considerados em todos os contextos.
- Os elementos comuns incluem:
 1. Campos de visão claros (vertical e horizontal),
 2. Forma de intercâmbio adequada aos tipos e padrões de tráfego,
 3. Geometria horizontal/vertical apropriada,
 4. Faixas de mudança de velocidade adequadas,
 5. Expectativa/orientação positiva do motorista – distâncias adequadas para a percepção/reação e
- para fazer as manobras típicas além de todas as saídas/entradas à direita do tráfego de passagem,
- 6. Projetar o possível desvio de veículos,
- 7. Acomodação adequada para filas de veículos, e
- 8. Acomodação adequada para a sinalização.
- Os cruzamentos devem ser localizados de modo que as áreas de fusão e de divisão estejam localizadas em alinhamento reto ou quase reto e com gradientes suaves.
- Sempre que possível, é preferível fornecer estradas com o acesso para a saída em declives ascendentes, visando facilitar a desaceleração e, inversamente, estradas para o acesso a entrada em declives, visando facilitar a aceleração. Como tal, geralmente não é aconselhável localizar interseções separadas por níveis no topo de uma colina devido a presença de gradientes desfavoráveis. Os motoristas também são mais propensos a serem afetados pelo brilho intenso do sol na aproximação.
- Os cruzamentos separados por níveis devem ser relativamente simples, com um número mínimo de pontos de informação bem espaçados. Devem permitir que todos os condutores identifiquem prontamente a direção, com necessidade mínima de mudança de faixa. Onde ligações rodoviárias mais complexas são inevitáveis, nomeadamente dentro das cidades e nas suas periferias, deve-se fazer todo o possível para simplificar o layout e fornecer sinalização direcional adequada e bem projetada.
- As rampas geralmente têm velocidades no traçado mais baixas que a da linha principal, mas a diferença não deve ser excessiva. É importante que as alterações das velocidades mais baixas projetadas no traçado da via sejam previsíveis e óbvias para os condutores, e que haja uma distância adequada para a desaceleração.
- As voltas ou loops são rampas que giram mais de 120 graus em uma curva de pequeno raio. Elas são típicas em cruzamentos separados por níveis tipo 'trompete' ou 'trevo' e não devem consistir em mais de uma faixa por sentido.
- Medidas necessárias para manter a segurança incluem:
 1. Manutenção de clara visibilidade sobre todo o circuito nos acessos, especialmente além de uma ponte subterrânea ou outra estrutura;
 2. Limites de velocidade consultivos e/ou sinais de curva e sinais de aviso "chevron";
 3. Alargamento das pistas nos loops, conforme apropriado para raios menores;
 4. O fornecimento de sistemas de retenção de veículos na parte externa das curvas;

¹⁵⁹ Rune Elvik, Handbook of Road Safety Measures, p. 236.

5. Separação física de fluxos de tráfego opostos;
 6. Iluminação; e
 7. Superfície da pista com alta resistência à derrapagem.
- Os movimentos de ciclistas e pedestres devem ser acomodados nos cruzamentos, mesmo em localidades rurais. Em áreas urbanas ou suburbanas nas quais existem calçadas, as acomodações existentes podem não ser adequadas às necessidades atuais. É igualmente importante desenvolver o traçado contemplando o trânsito de bicicletas e de pedestres, bem como dos veículos. Algumas configurações de áreas de transferência (como ponto único ou diamante divisor) exigem travessias em vários estágios e ilhas de refúgio. Ocasionalmente é necessário disponibilizar instalações separadas através de transferências complexas.
 - As transferências separadas por níveis são elementos rodoviários complexos e todas as disciplinas envolvidas no projeto (geometria, tráfego, estrutura) necessitam ser coordenadas, visando garantir que as necessidades dos vários utilizadores sejam satisfeitas.

Leitura adicional

- Oregon Department of Transport Highway Design Manual. 2012. Importante ler: capítulo 9.
- Transport Infrastructure Ireland (TII) Layout of Graded Separated Junctions DN-GEO-0303 2009. Importante ler: capítulo 4, Geometric standards e capítulo 5, Layout options.

6.9. Travessias Ferroviárias

Descrição geral

As redes ferroviárias são corredores definidos nos quais os veículos se movem sobre trilhos fixos e imóveis. Eles estão comumente situados em corredores exclusivos, com interação apenas limitada e controlada com outras formas de transporte terrestre (automóveis, vans, motocicletas, bicicletas e pedestres) na rede rodoviária.

Nos séculos anteriores, o transporte ferroviário também era comum nas ruas das grandes cidades na forma de bondes ou de ônibus elétricos. Em muitas cidades que abandonaram estes sistemas, eles estão sendo reintroduzidos, quer nas ruas, quer em corredores separados e exclusivos.

Todos eles compartilham a exigência, em graus variáveis, de cruzar a pista de rolamento do tráfego geral. Esses sistemas, seja para trens pesados convencionais ou sistemas de bondes urbanos/trens leves, incluem cruzamentos de trilhos. Todas essas interações devem ser realizadas sob condições controladas.

As travessias ferroviárias são interseções nos quais uma rodovia cruza com uma via férrea em nível e é a interseção física de duas superfícies e áreas de transporte de veículos muito diferentes. Dentro da área de cruzamento, as características do projeto físico de cada estrutura (ferrovia e rodovia) podem ter de ser ajustadas especificamente para acomodar o outro modo de transporte de forma suave e segura.

Algumas regras internacionais ajudaram a harmonizar as passagens em nível, por exemplo, a Convenção de Viena de 1968 que exige sinais e linhas de alerta normalizados e potenciais barreiras. Isto foi implementado em muitos países, incluindo países não signatários da Convenção de Viena.

As primeiras travessias tinham um sinalizador (flagman) em uma cabine próxima que, na aproximação de um trem, agitava uma bandeira vermelha ou lanterna para parar todo o tráfego e liberar os trilhos.

As travessias fechadas tornaram-se comuns em muitas áreas, pois protegem a ferrovia da invasão de pessoas e gado, e protegem os usuários da travessia quando fechadas pelo sinalizador.

No segundo quarto do século XX começaram a ser introduzidos portões fechados de forma manual ou elétrica, que barricavam a via, pretendendo constituir uma barreira completa contra a invasão de qualquer tráfego viário na via férrea.

As travessias automáticas são agora comuns, embora cada um dos sistemas descritos acima ainda seja usado em alguns LMICs. Passagens com barreiras completas, pela metade ou sem barreiras, substituíram as travessias com cancelas, embora travessias de tipos mais antigos ainda possam ser encontradas em alguns lugares.

Nas regiões rurais com tráfego escasso, o tipo de passagem em nível mais barato para operar é aquele sem sinalizadores ou cancelas, com apenas um sinal de alerta afixado. Este tipo tem sido comum na América do Norte e em muitos países em desenvolvimento.

Implicações para a segurança

- As passagens em nível constituem uma preocupação de segurança significativa em nível internacional. Em média cerca de 400 pessoas na União Europeia e mais de 300 nos Estados Unidos morrem todos os anos em decorrência de sinistros em passagens em nível.
- Podem ocorrer colisões tanto com veículos como com pedestres. Os sinistros com pedestres têm maior probabilidade de resultar em fatalidade.¹⁶⁰ Entre os pedestres, os jovens (5-19 anos), os idosos (60 anos ou mais) e os homens são considerados de alto risco ¹⁶¹ devido à sua atitude em relação ao risco, ou à falta de consciência geral.
- As travessias ferroviárias podem ser perigosas se:
 1. Há pouca distância de visão de um sinalizador ou de trens que se aproximam;
 2. O controle do tráfego é inadequado;
 3. Os veículos fazem fila nos trilhos devido a congestionamentos ou cruzamentos próximos;
 4. Faltam instalações para pedestres;
 5. Falta de manutenção do pavimento viário ou ferroviário;
 6. O equipamento de sinalização está localizado muito próximo da via, o que pode resultar em danos desnecessários causados pela passagem de veículos; e
 7. O perfil vertical da via sobre a travessia ferroviária resulta no encalhamento dos veículos.
- Cruzamentos sinalizados nas passagens em nível ou próximos a elas apresentam perigos adicionais em relação aos cruzamentos que são controlados por meio da parada de veículos. Se os semáforos não forem devidamente coordenados com as operações ferroviárias podem ocorrer sinistros graves.
- Quando uma passagem em nível rodoferroviária está localizada perto de um cruzamento sinalizado é possível que as filas para o cruzamento dos trilhos se estendam sobre a passagem em nível e potencialmente façam com que os veículos parados fiquem presos nos trilhos.
- Situações semelhantes podem ocorrer em cruzamentos não controlados localizados perto de cruzamentos ferroviários, nos quais veículos longos podem bloquear o cruzamento.
- Quando um veículo com chassi longo ou baixo passa por um trecho com um perfil vertical elevado, como um cruzamento em nível rodoferroviário, uma coroa de estrada ou um acesso de veículos, o veículo pode ficar alojado ou preso na "lombada". Uma ocorrência bastante comum é aquela em que uma ferrovia está em um aterro e um veículo de chassi baixo no cruzamento fica preso nos trilhos e é posteriormente atropelado por um trem.

¹⁶⁰ Australian Transport Safety Bureau. 2004. « Level crossing accident fatalities ».

¹⁶¹ Lloyd's Register Rail. 2007. « Study of pedestrian behaviour at public railway crossings ». Public Transport Safety Victoria.

Boas práticas de projeto/ intervenções/ soluções

- Os trens têm uma massa muito maior do que à sua capacidade de frenagem e, portanto, necessitam de uma distância para frenagem muito maior do que os veículos rodoviários. Com raras exceções, os trens não param em passagens em nível e dependem de veículos e pedestres para liberar os trilhos com antecedência.
- As passagens em nível (figuras 6.85 a 6.88) são controladas através de sistemas passivos ou ativos. Os sistemas de controle passivo fornecem avisos por meio de semáforos e de demarcações de linha. Eles não reagem à presença de um trem que se aproxima. Sistemas ativos de controle de tráfego alertam os usuários da via sobre a

aproximação de trens.

- A adequação da distância para uma boa visibilidade é crítica em travessias passivas; entretanto, mesmo onde dispositivos ativos estão presentes ou serão fornecidos, a distância alcançada pelo campo de visão é benéfica para confirmar a possibilidade de cruzar os trilhos.
- O Manual de Dispositivos de Controle de Tráfego dos EUA (2ª edição)¹⁶² indica três zonas para a abordagem de uma travessia nas quais os motoristas tomam decisões sobre suas manobras em relação à travessia. Identifica três zonas de visibilidade, bem como a respectiva distância de visibilidade associada a cada uma. A “distância mínima livre da via” (MTCD da sigla em inglês) implica que o

Figura 6.85: Cruzamento ferroviário no Reino Unido



Fonte : Archant. Hunt Post. <https://www.huntspost.co.uk/news/final-plan-for-offord-cluny-s-new-rail-crossing-to-5013974>.

Figura 6.86: Travessia automática de bondes controlada por sinalização – Dubai.



Fonte : © John Barrell.

Figura 6.87: Travessia ferroviária rural – Zimbabué (passiva).



Fonte : © John Barrell.

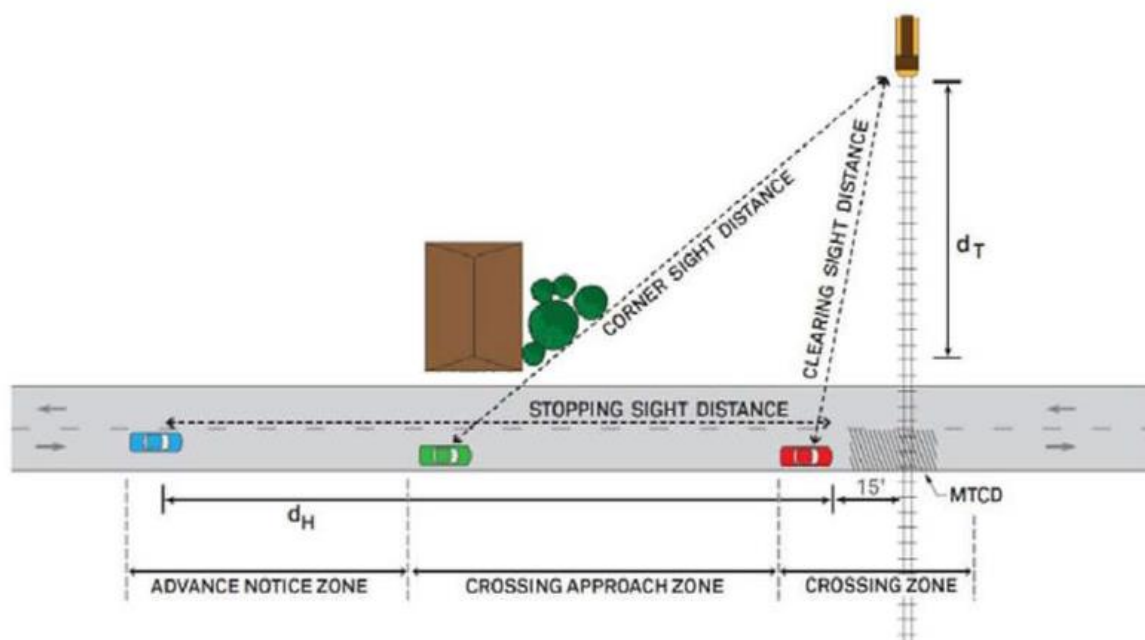
Figura 6.88: Travessia ferroviária rural – Austrália (ativa).



Fonte : Department of Transport and Main Roads, Queensland Government

¹⁶² Seyfried, R. K. et P. E., PTOE. 2013. Traffic Control Devices Handbook (2nd edition). Washington, DC: ITE.

Figura 6.89: Zonas de visibilidade aproximando-se de um cruzamento ferroviário controlado passivamente.



Fonte : FHWA, 2019. Ogden, B. D., and Cooper, C. 2019. Highway-rail crossing handbook (No. FHWA-SA-18-040). United States. Federal Highway Administration.

cruzamento deve estar livre de veículos quando um trem se aproxima. Também indica, para cada zona, a resposta desejável do usuário da via, dependendo se um trem está visível ou não (figura 6.89).

- Os avisos em cruzamentos controlados ativos consistem em luzes e sons intermitentes (combinados com controles estáticos como sinais e demarcações no pavimento) que são acionados por um trem.
- Tal como acontece com as travessias passivas, é necessária uma visibilidade adequada destes dispositivos para a aproximação dos usuários da via.
- Outro nível de controle ativo é conseguido através da colocação de uma barreira entre veículos ou pedestres e os trens. Isto é feito por meio da instalação de dispositivos eletromecânicos tais como portões para pedestres e para veículos, ou de barreiras de proteção de veículos (boom barriers) que são usados em combinação com outros controles ativos e passivos.
- Cruzamentos próximos a passagens em nível rododiferroviárias requerem atenção especial para coordenar os movimentos de veículos, trens e do tráfego de pedestres.
- Para evitar filas em um cruzamento, ou o seu bloqueio, os semáforos localizados próximos dos cruzamentos entre rodovias e ferrovias precisam ser sincronizados para

quando os trens se aproximam, a fim de liberar os veículos dos trilhos antes da chegada do trem. Essa sincronização normalmente é obtida por meio de um circuito de interligação elétrica entre o sistema de alerta de passagem em nível e o conjunto controlador de semáforos viários. O desenho geométrico de qualquer cruzamento próximo de uma passagem em nível rododiferroviário deve considerar a interconexão e a sincronização.

- É necessário espaço suficiente para garantir que os veículos em espera possam aguardar em segurança até cruzar os trilhos.
- A abordagem às travessias ferroviárias necessita, portanto, de ser tão plana ou reta quanto possível para permitir espaço livre para veículos que possuem chassi longo.
- Deve ser considerada a possibilidade para fechar passagens com baixo volume de trens em locais nos quais exista uma outra alternativa viável.
- Existem diversas ferramentas para a avaliação e a determinação do risco em travessias ferroviárias (por exemplo, ALCRM no Reino Unido e ALCAM na Austrália e na Nova Zelândia).

Leitura adicional

- Texas Department of Transportation. 2000. Design Guidelines for At-Grade Intersections Near Highway-Railroad Grade Crossings. Importante ler: capítulo 3, Interconnection.
- Manual of Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways (MUTCD) 2nd edition. 2009, with 2012 updates. US Department of Transport Federal Highways Administration. Importante ler: parte 8, Traffic Control for Railroad and Light Rail Transit Grade Crossings.

7. FERRAMENTAS DE PROJETO PARA RESULTADOS SEGUROS

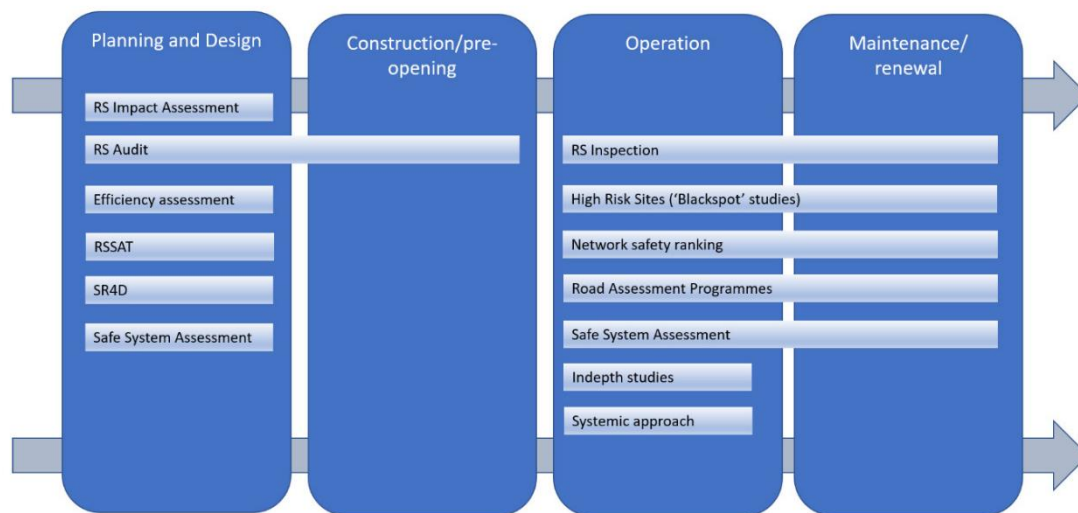
7.1. Introdução

Conforme identificado na seção 1.3, os guias de projeto viário existentes são, em geral, tecnicamente sólidos e essenciais para o processo de projeto, mas não permitirão que os projetistas alcancem resultados de segurança por conta própria. Até mesmo um projeto estritamente de acordo com os guias existentes pode resultar em projetos que permitem a morte e ferimentos graves. É, portanto, muito importante que sejam utilizadas ferramentas e processos adicionais para garantir que os objetivos de segurança viária sejam alcançados ao longo do ciclo de vida de uma via ou da rede viária. Várias abordagens foram desenvolvidas ao longo do tempo para ajudar a garantir que a segurança seja adequadamente considerada ao longo de todo o ciclo de vida de uma via.

Uma abordagem abrangente que inclua no projeto a segurança da operação, manutenção e uso da via é geralmente chamada de “Gestão de Infraestrutura de Segurança Viária”. Isto está descrito na Diretiva da UE 2008/96/CE,¹⁶³ bem como no Manual de Segurança Viária da PIARC,¹⁶⁴ dentre outras fontes. O objetivo da gestão da segurança viária é integrar todas as atividades de segurança ao longo da concepção e da operação de uma via individual ou uma rede, de modo que seja adotada uma abordagem sistemática para reduzir mortes e lesões graves.

Exemplos de técnicas de segurança utilizadas em cada fase do ciclo de vida da via são fornecidos na figura 7.1, enquanto os detalhes sobre elas são fornecidos na seção 7.3.

Figura 7.1: Técnicas para segurança viária nas diferentes fases do ciclo de vida da via.



Fonte : Adaptado de Elvik 2010. Elvik R. 2010. Assessment and applicability of road safety management evaluation tools: Current practice and state-of-the-art in Europe, Institute of Transport Economics (TØI), Oslo, Norvège.

¹⁶³ EU Directive 2008/96/EC Directive of the European Parliament and of the Council of November 19, 2008 on road infrastructure safety management.

¹⁶⁴ <https://roadsafety.piarc.org/en/planning-design-operation/infrastructure-management>.

As estratégias implementadas na gestão de segurança viária podem incluir abordagens reativas e proativas.

- Uma abordagem reativa para a segurança viária está associada à identificação de locais com problemas de segurança (triagem), à definição do problema (diagnóstico) e à identificação e implementação de contramedidas (cura) a partir de um exame detalhado dos dados de sinistros. As melhorias na segurança viária são propostas em resposta aos problemas de segurança identificados e que são trazidos à luz por sinistros que ocorreram após a via ter sido projetada, construída e aberta ao público viajante.
- Uma abordagem proativa para a segurança viária está associada à prevenção de problemas com a segurança, antes deles se manifestarem na forma de um padrão de sinistros, com foco no que se sabe sobre o impacto de diferentes situações, características da via e intervenções que diminuem lesões ou sinistros de trânsito. A abordagem proativa aplica este conhecimento aos elementos considerados durante a concepção das vias ou aos planos para melhoria nas vias já existentes visando diminuir a probabilidade e a gravidade dos sinistros.

Anos de experiência em análises de sinistros e intervenções em locais nos quais ocorriam sinistros melhoraram a compreensão dos elementos da via e dos acostamentos que mais contribuem para o risco de sinistro, e o quanto cada um desses elementos contribui para esse risco, tornando, de um modo geral, a abordagem proativa mais aplicável. As abordagens reativas e proativas são frequentemente utilizadas em combinação, com a ênfase mudando de uma para outra, dependendo da maturidade dos processos globais de gestão de segurança em uma organização ou país, ou mesmo em diferentes ambientes viários.

Por exemplo, para uma rota rural com um elevado número de sinistros fora da via (run-off-the-road), é desejável que todos os potenciais locais de alto risco sofram intervenções, independentemente de os sinistros terem ocorrido lá ou não (a abordagem baseada na rota é descrita em seções posteriores deste guia). Isto contrasta com uma análise baseada em sinistros que aborda apenas os pontos da via nos quais ocorreram sinistros anteriormente. Locais igualmente arriscados (em termos de características da via e dos acostamentos) não devem ser ignorados.

Qualquer que seja a abordagem utilizada, é necessário identificar deficiências na segurança que precisam ser investigadas, com vistas a diagnosticar os problemas de segurança e, em seguida, identificar e implementar contramedidas ou conceber melhorias que possam remediar as deficiências antes que estas causem danos graves aos usuários da via.

Para que essas deficiências sejam tratadas de forma eficaz

por meio do processo de projeto, deve haver alguma forma de medida de desempenho da eficácia do projeto para alcançar resultados de segurança, da mesma forma que os indicadores-chave de desempenho (KPIs) são aplicados a outros aspectos do projeto.

7.2. Indicadores de desempenho de segurança de infraestrutura viária

Os Indicadores de Desempenho de Segurança da Infraestrutura Viária (SPIs) são quaisquer medidas que relacionem a causa e o efeito da ocorrência de colisões ou lesões e que possam ser usadas além dos números de colisões ou lesões, para indicar o desempenho de segurança ou para compreender o processo que leva a colisões. Os SPI visam avaliar os riscos de segurança através da disposição e concepção da infraestrutura (por exemplo, a porcentagem da rede viária que não atende aos padrões de projeto de segurança).

A inclusão de indicadores de desempenho é uma prática comum em projetos de infraestrutura importantes. Eles são medidas quantificáveis de desempenho ao longo do tempo e fornecem metas a serem alcançadas pelas equipes, marcos para avaliar o progresso, e percepções (insights) para ajudar as organizações a tomarem melhores decisões.

“O que é medido é realizado”.

A utilização de indicadores de desempenho inclui a definição de metas (o nível do desempenho desejado) e o acompanhamento do progresso em relação a essa meta. Historicamente, indicadores de desempenho específicos para refletir os resultados em segurança raramente foram aplicados nos projetos viários. Na melhor das hipóteses, frases como “melhores resultados em termos de segurança” são utilizadas na definição dos objetivos do projeto, mas estes não são medidos de forma tangível. Com o desenvolvimento de melhores técnicas de avaliação da segurança no projeto, e até mesmo a quantificação dos impactos na segurança decorrentes das decisões tomadas na elaboração do projeto, existe agora a capacidade de especificar melhor os resultados esperados para a segurança ainda na fase de projeto.

Um inquérito recentemente realizado pela Associação Mundial de Rodovias (PIARC)¹⁶⁵ destacou que existem quatro categorias de indicadores de desempenho que são normalmente utilizados para melhorar a segurança nos projetos para infraestruturas viárias. Estes são:

- O número ou porcentagem de vias da rede que foram sujeitas a uma auditoria ou inspeção de segurança viária (por exemplo, a África do Sul tem um objetivo baseado na

¹⁶⁵ PIARC. 2019. Implementation of National Safe System Policies: A Challenge. World Road Association, Paris, France.

extensão da rede avaliada).

- As metas do Programa Internacional de Avaliação Rodoviária (iRAP) (por exemplo, percentagem de viagens em vias de três estrelas ou mais. Ver abaixo informações sobre as metas 3 e 4 relacionadas com as metas voluntárias de segurança viária).
- Metas relacionadas ao desenvolvimento de infraestrutura segura adicional de acordo com o comprimento da estrada (por exemplo, a Estónia tem metas de quilómetros de infraestruturas instaladas para construir barreiras centrais e laterais, além de faixas de ruído centrais).
- Disponibilização de infraestruturas seguras adicionais, tais como percentagem da rede (por exemplo, a Noruega estabeleceu metas para 2018 para a percentagem do tráfego de veículos motorizados nas estradas nacionais com velocidades de 70 km/h ou superiores com canteiros centrais/medianas).

Durante muitos anos, em muitos países, a realização de uma auditoria de segurança viária foi especificada como parte do processo da concepção de vias para avaliar a segurança viária usando um esquema que incluía a perspectiva de todos os usuários. Este é especialmente o caso de projetos maiores. Este processo exige que os projetistas considerem melhorias na segurança sem incluir qualquer objetivo quantificável. Contudo, com o advento de modelos que quantificam os resultados em segurança, inclusive desde a concepção, agora é possível especificar os resultados em segurança de uma forma mais objetiva. Os modelos podem fornecer relatos razoavelmente precisos dos prováveis resultados de segurança da via, em termos de lesões fatais e graves (os principais tipos de sinistros que precisam ser eliminados sob o Sistema Seguro). Esses modelos também podem ser usados para definir um nível limite em relação aos riscos de colisão. Em teoria, é possível especificar que o projeto não deve resultar em morte ou ferimentos graves.

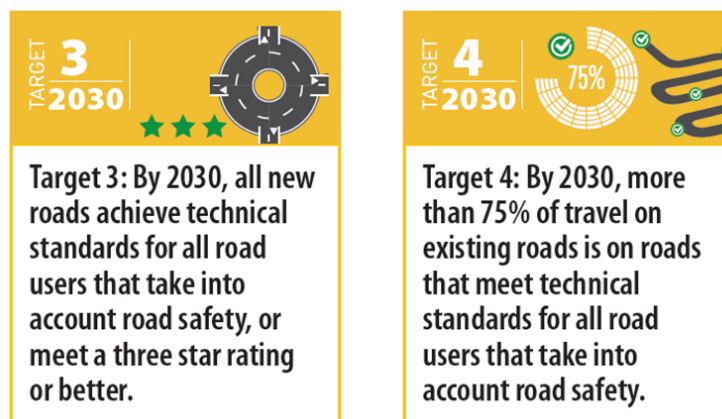
Nos últimos anos, um grande número de modelos foi desenvolvido para ajudar a avaliar o impacto dos projetos nos resultados de segurança viária. Alguns deles foram desenvolvidos para países ou ambientes específicos, enquanto outros têm aplicação mais geral. Algumas ferramentas foram concebidas ou adaptadas para aplicação em países de renda média e baixa. Quanto mais cedo essas ferramentas puderem ser aplicadas no processo de desenho, melhor. As alterações no projeto provavelmente serão mais viáveis e, em geral, terão um custo menor se forem incorporadas antes da conclusão do processo de desenho.

Em 2016, o Laboratório de Investigação em Transportes (TRL) do Reino Unido identificou e analisou 21 desses modelos utilizados internacionalmente para identificar soluções de engenharia acessíveis e adequadas para melhorar a segurança viária nas redes viárias rurais,¹⁶⁶ Alguns dos modelos mais recentes estão incluídos nas descrições que se seguem.

Como alternativa (ou adicionalmente), podem ser especificados os tipos de dispositivos de segurança a serem incluídos nos projetos para diferentes tipos de vias. Por exemplo, pode acontecer que, em vias de alta velocidade e com grande volume, os veículos que viajam em diferentes direções tenham que ser separados por um sistema de barreira central. Alguns países estão agora desenvolvendo seções transversais seguras para novas vias como parte de atualizações que incorporam esse tipo de raciocínio, de modo a proporcionar resultados de infraestrutura seguros. Estes tipos de indicadores de desempenho (sejam baseados nos resultados dos sinistros, nas características da infraestrutura ou nos estereótipos definidos)

¹⁶⁶ Fletcher, B. Mitchell, J. Bedingfeld et K. Kolody Silverman. 2016. TRL PPR770 Road Safety Models.

Figura 7.2: As classificações por estrelas (referidas na Meta 3) podem ser derivadas usando os processos descritos pelo Programa Internacional de Avaliação Rodoviária. Fonte: iRAP—see www.irap.org.



Fonte : iRAP : see www.irap.org.

são normalmente definidos em nível nacional ou regional/estadual, e devem, idealmente, estar ligados a estratégias para a segurança viária e à capacidade de financiamento.

Foram estabelecidas medidas de desempenho relevantes baseadas em infraestruturas em nível mundial. Muitos governos incluíram metas de segurança viária em apoio aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que foram adotados por todos os estados membros das Nações Unidas em 2015. Isto levou ao desenvolvimento de metas globais voluntárias de desempenho em segurança viária¹⁶⁷. Duas destas metas referem-se especificamente a infraestruturas viárias seguras (figura 7.2). A Meta 3 afirma que “até 2030, todas as novas vias atingirão padrões técnicos para que atendam a todos os usuários da via e que considerem a segurança viária ou que cumpram uma classificação de três estrelas ou melhor”. A Meta 4 declara que “até 2030, mais de 75 por cento das viagens existentes ocorrerão em vias que atendam aos padrões técnicos, levando em conta a segurança viária para todos os usuários”.

A utilização de um ou mais destes tipos de indicadores de desempenho é altamente recomendada como parte das políticas nacionais de transportes, bem como no projeto ainda durante a sua concepção. Um estudo recente identificou que a aplicação de métricas de segurança como parte do processo de projeto pode dobrar os benefícios de segurança (ou reduzir pela metade o número de mortes e lesões graves), geralmente com pouco ou nenhum custo adicional.¹⁶⁸

7.3. Ferramentas e técnicas de infraestrutura

Esta seção contém informações introdutórias sobre algumas das ferramentas e das técnicas em infraestrutura destinadas a segurança viária que podem ser usadas para avaliar riscos e identificar soluções. Em geral, quanto mais cedo essas ferramentas puderem ser aplicadas no processo de design, melhor. As primeiras alterações no projeto provavelmente serão mais viáveis e geralmente terão custos mais baixos. As ferramentas incluídas são aquelas com maior probabilidade de serem utilizadas por projetistas de desenho viário. Estão incluídos exemplos das ferramentas mais comuns, bem como informações sobre algumas ferramentas emergentes promissoras. Eles são apresentados na mesma ordem em que aparecem na figura 7.1.

Avaliação de impacto de segurança viária

Ser capaz de estimar explicitamente o impacto de segurança viária resultante da construção de novas vias ou da realização de modificações substanciais na infraestrutura viária existente, as quais alteram a capacidade da rede viária em uma determinada área geográfica, é de importância crucial para que a segurança viária não seja prejudicada involuntariamente. O mesmo se aplica a outros regimes e desenvolvimentos que têm efeitos substanciais no padrão do tráfego viário. O procedimento que foi concebido para este fim é

¹⁶⁷ https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_traffic/12GlobalRoadSafetyTargets.pdf.

¹⁶⁸ Turner, B., et Ahmed, F. 2018. Evaluation of Safe System Assessments. VicRoads, Austrália.

conhecido como avaliação de impacto na segurança viária (RSIA da sigla em inglês) (Wegman et al. 1994).¹⁶⁹ Este procedimento destina-se a ser aplicado na fase de planejamento, dando prosseguimento ao traçado definitivo para o esquema. Assim, uma avaliação de impacto na segurança precede e complementa a eventual auditoria de segurança de qualquer concepção específica do regime que será adotado.

Um método de cenário é usado para realizar uma RSIA. O ponto de partida é a rede viária existente, o padrão atual de tráfego nessa rede, e o nível de colisões com feridos relatados na área. Os padrões de tráfego atuais incluem a utilização por todos os usuários – motorizados e não motorizados – embora os dados das viagens não motorizadas sejam notoriamente difíceis de conseguir no mesmo nível que os dados motorizados. É útil, embora não essencial, ter toda esta informação representada em formato digital, em um sistema de informação geográfica (GIS).

A informação necessária diz respeito a uma rede viária composta por vias de diversos tipos, com diferentes características de segurança. Cada via consiste em cruzamentos e trechos de via entre os cruzamentos, com volumes de tráfego associados para cada grupo de usuários e o número de colisões e vítimas.

Cenários alternativos a esta situação atual são as possíveis alterações em estudo, no que tange à infraestrutura física e aos volumes de tráfego associados a rede viária no futuro. Se, por exemplo, for adicionada uma nova via à rede existente, os modelos de tráfego e transporte podem ser utilizados para estimar o que isso significará para os volumes de tráfego em toda a rede no futuro.

O passo central é interpretar estas mudanças em termos dos impactos que terão no número de sinistros e vítimas. Para conseguir isso, são necessários indicadores quantitativos de risco (tais como taxas de sinistros por milhão de veículos-km) para cada tipo de estrada e de usuário, suplementados, se possível, por indicadores

correspondentes para cada tipo de junção principal. Uma forma de obter estes indicadores é estimá-los em nível nacional e ajustá-los se necessário, utilizando os dados da área em questão. Além disso, deve ser dada atenção a quaisquer alterações esperadas ao longo do tempo no nível de risco para cada tipo de via ou entroncamento. Este tipo de informação permite estimar os impactos na segurança durante o ciclo de vida da via.

Se os vários dados estiverem acessíveis a partir de um computador, os cálculos dos impactos de segurança para uma série de cenários e as comparações entre os impactos causados em diferentes cenários podem ser feitos facilmente. O procedimento pode ser adaptado para ajudar a identificar quais mudanças são necessárias em um determinado cenário, a fim de trazer o impacto na segurança dentro de uma determinada “faixa-alvo”.

Ao implementar esta técnica de cenário, é importante ter em mente a qualidade da informação utilizada. É também importante que a informação seja acessível de tal forma que os cálculos para uma série de cenários possam ser elaborados com custos relativamente modestos e em um curto período. Para este efeito, os modelos de tráfego e transporte devem ser configurados de tal forma que o uso de um módulo RSIA para aplicar os indicadores de risco relevantes para anos futuros possa ser facilmente utilizado conjuntamente. Isso exige um investimento proporcional maior em recursos de segurança nos projetos de países de baixa e média renda para alcançar essas melhorias abrangente.

A adoção desse tipo de metodologia de avaliação de risco permite que sejam consideradas as futuras mudanças no uso do solo e o potencial para que as mudanças no uso do solo invadam o corredor viário e alterem a função e o risco de segurança consequentes. Além disso, permite oportunidades para influenciar o comportamento dos usuários, por meio da introdução de ciclovias e de calçadas para incentivar modos de viagem sustentáveis – muitos dos quais estão inicialmente ausentes nos LMICs e necessitam de consideração adicional para desenvolver redes abrangentes.

¹⁶⁹ Wegman, F. C. M., Roszbach, R., Mulder, J. A. G., Schoon, C. C. et Poppe, F. 1994. SWOV Road safety impact assessment: RIA. Rapport R-94-20. Leidschendam : SWOV Institute for Road Safety Research.

Auditoria de segurança viária

As auditorias de segurança viária têm sido aplicadas a projetos de desenho viário há várias décadas e constituem uma abordagem bem estabelecida em países de alta renda, bem como em países de baixa e média renda. Um grande número de especialistas foram treinados para aplicação desta abordagem e a indústria conhece bem os benefícios da aplicação de tais auditorias.

O processo de auditoria de segurança viária (ASV) envolve equipes independentes de especialistas, que avaliam os projetos em uma ou mais fases do seu desenvolvimento através de um processo formal que visa identificar riscos relacionados à segurança. Quanto mais cedo uma auditoria for realizada na elaboração do projeto, maiores e mais fáceis serão os benefícios de segurança a serem alcançados. As auditorias em segurança viária não constituem uma verificação da conformidade com os padrões de projeto (conforme identificado na seção 1.3, a conformidade com esses padrões não garante um projeto seguro). Estas equipes de especialistas analisam os projetos e fazem avaliações sobre os impactos na segurança de todos os usuários da via com base na experiência. As questões de segurança viária são documentadas e normalmente é dada uma prioridade ao tratamento desses problemas. Espera-se que os projetistas abordem cada um desses problemas sempre que possível.

Dada a ampla adoção internacional de auditorias em segurança viária, existem muitos documentos para orientar sobre como realiza-las, incluindo do Reino Unido,¹⁷⁰ em Austrália,¹⁷¹ EUA,¹⁷² África,¹⁷³ Ásia¹⁷⁴ e da Associação Mundial de Rodovias (PIARC).¹⁷⁵ O processo delineado em cada um desses documentos é, em linhas gerais, semelhante.

As avaliações dos benefícios das auditorias em segurança viária identificaram que o processo produz resultados positivos e muitas vezes com custos baixos. Por exemplo, um estudo realizado na Austrália concluiu que 75% das recomendações implementadas tiveram benefícios que superaram largamente os custos por um fator de 10 para 1.¹⁷⁶ Os custos para a realização de auditorias constituem apenas um pequeno custo adicional, estimado em cerca de 4% do custo total do projeto¹⁷⁷ (observando que o custo do projeto é apenas um pequeno componente dos custos gerais do projeto quando comparado com a construção),

enquanto os custos para implementar as mudanças recomendadas também foram frequentemente baixos (65% das recomendações tiveram um custo < US\$ 1.000).

Embora as auditorias de segurança viária possam levar a benefícios substanciais de segurança, isso só ocorrerá se as auditorias forem conduzidas corretamente por uma equipe experiente. As auditorias, especialmente as extensas, também podem produzir um grande número de recomendações, que podem ser difíceis de serem abordadas pelos projetistas. No entanto, as recomendações contidas nos relatórios de auditoria poderiam ser classificadas em diferentes prioridades com base no risco potencial para segurança e no custo das intervenções para abordá-las. Esta priorização é uma decisão da equipe de projeto, já que a auditoria trata apenas das considerações relativas à segurança. Finalmente, a maior barreira para resultados de auditoria bem-sucedidos é que as recomendações muitas vezes não são adotadas e, portanto, é necessário um processo robusto para garantir que esta fase ocorra, incluindo que as decisões tomadas pela equipe de projeto em resposta às auditorias sejam bem documentadas.

Avaliação da eficiência

Os orçamentos para o transporte em geral e para a segurança viária em particular devem ser gastos da melhor forma possível. As ferramentas de avaliação de eficiência (EA da sigla em inglês) (por exemplo, análises de custo-benefício) determinam os efeitos de um determinado investimento para a sociedade, por exemplo, em segurança viária, a fim de priorizar alternativas de investimento.

Uma análise completa de custo-benefício é uma tarefa extremamente exigente para ser realizada adequadamente. Ela exige que todos os custos e benefícios monetários significativos sejam avaliados, normalmente durante a vida útil de um projeto. Ela deve incluir os custos anuais de manutenção, todos os impactos ambientais e sociais, e todos os custos precisam ser transferidos para um único valor de ano-base, e o crescimento do PIB durante o período de avaliação precisa ser levado em conta. É um processo minucioso que pode exigir um esforço significativo e, portanto, pode não ser adequado para projetos menores.

O método mais simples para realizar a EA é chamado de custo-efetividade (CE). Na avaliação de CE, o custo que precisa ser gasto para cada sinistro salvo em esquemas

¹⁷⁰ <http://www.standardsforhighways.co.uk/dmrb/search/710d4c33-0032-4dfb-8303-17aff1ce804b>.

¹⁷¹ <https://austroads.com.au/publications/road-safety/agrs06>.

¹⁷² <https://safety.fhwa.dot.gov/rsa/guidelines/>.

¹⁷³ <https://www.afdb.org/en/documents/document/road-safety-manuals-for-africa-new-roads-and-schemes-road-safety-audit-51937>.

¹⁷⁴ <https://www.adb.org/publications/carec-road-safety-audit-engineering-manual>.

¹⁷⁵ <https://www.piarc.org/en/order-library/3875-en-Road%20Safety%20Audits> and <https://www.piarc.org/en/order-library/31994-en-Review%20of%20Global%20Road%20SafetyAudit%20Guidelines%20%E2%80%93%20With%20Specific%20Consideration%20for%20Low-%20and%20Middle-IncomeCountries>.

¹⁷⁶ Macaulley, J. et McInerney, R. 2002. Evaluation of the proposed actions emanating from road safety audits, AP-R209/02, Austroads, Sydney, NSW.

¹⁷⁷ Morgan, R., Tziotis, M., Turner, B. et Epstein, J. 2019. Guide to Road Safety Part 6A: Implementing Road Safety Audits, Austroads, Sydney, Austrália.

alternativos e concorrentes é estimado para ajudar na priorização dos investimentos. A abordagem é comumente aplicada ao tratamento de pequenas melhorias ou locais de alto risco e avalia todo o programa de alternativas de projeto que devem ser aplicadas, em vez de avaliar a eficácia de custo de um esquema individual.

Os principais parâmetros necessários são:

- O número de sinistros por ano, durante um período fixo de anos (geralmente entre três e cinco anos);
- A eficácia estimada de cada esquema, como uma redução esperada nos sinistros após a implementação; e
- O custo total estimado dos regimes propostos.

Isso resulta em um valor que representa o custo necessário para salvar um único sinistro para cada esquema proposto. Os potenciais esquemas podem ser classificados pelos CEs calculados em ordem decrescente, e os esquemas com os menores valores devem ser implementados preferencialmente.

Uma Taxa de Retorno do Primeiro Ano (FYRR da sigla em inglês) é comumente usada para avaliar esquemas de baixo custo. Neste método são necessários custos com colisão, além dos parâmetros necessários para fazer um CE. A abordagem exige que o custo da intervenção seja calculada. Também deve ser incluído o custo médio do sinistro, e uma estimativa de economias.

O FYRR mais simples será estimado como:

$$\text{FYRR} = (100 * \text{economia anual de vítimas} * \text{custo de vítimas}) / \text{custo do esquema}$$

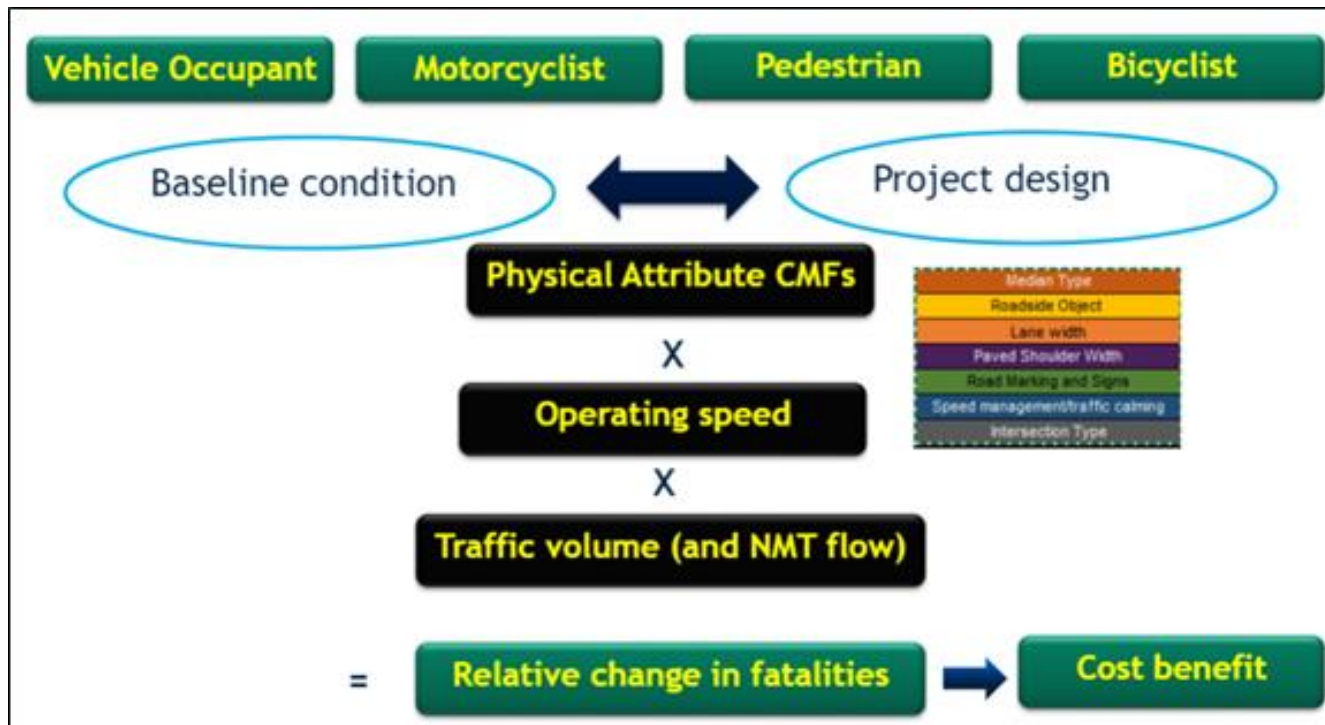
A maior variável é a eficácia estimada, que se baseia numa compreensão sólida da eficácia das intervenções em segurança.

A eficácia de quaisquer intervenções de segurança implementadas depende fortemente da aplicação adequada dessas medidas para intervir em um problema específico. Isto só pode ser determinado através de uma compreensão total dos fatores subjacentes que são determinados a partir da análise intensiva dos dados de sinistros e do monitoramento minucioso de cada medida implementada. Internacionalmente, esta é uma atividade que não é realizada com a diligência que deveria ser. Portanto, qualquer economia potencial alegada para tratamentos específicos deve ser tomada com extrema cautela, a menos que haja evidências robustas de sua eficácia em situações realmente comparáveis. Sem monitoramento e avaliação, grande parte do benefício alegado poderia ser o resultado de variação estatística de eventos puramente aleatórios.

Road Safety Screening and Appraisal Tool (RSSAT)

O Banco Mundial e o GRSF desenvolveram o Road Safety Screening and Appraisal Tool (RSSAT), uma ferramenta que avalia o impacto de projetos de transporte na segurança viária, tanto em termos relativos (comparando os riscos com e sem projeto), como em termos de risco absoluto. O RSSAT é de fácil utilização e produz uma métrica chamada Project Safety Impact (PSI) - a proporção de mortes no trânsito com e sem projeto. Também atribui um nível de risco à segurança viária para a situação já existente, bem como o cenário do projeto baseado no número de vítimas fatais. Finalmente, apresenta os custos/benefícios monetizados advindos da segurança viária durante o período de análise do projeto. O PSI é gerado considerando os benefícios obtidos com a redução de sinistros decorrentes dos atributos físicos, da velocidade de operação e dos volumes de tráfego (inclusive para o tráfego não motorizado), conforme mostrado na figura 7.3.

Figura 7.3: Processo PSI.



Para mais detalhes visite o site da GRSF. <https://www.roadsafetyfacility.org/global-road-safety-tools#tab2>.

O RSSAT pode ser usado no início da preparação de projeto para testar vários cenários e tomar uma decisão informada antecipadamente sobre o desenho de seção transversal mais segura.

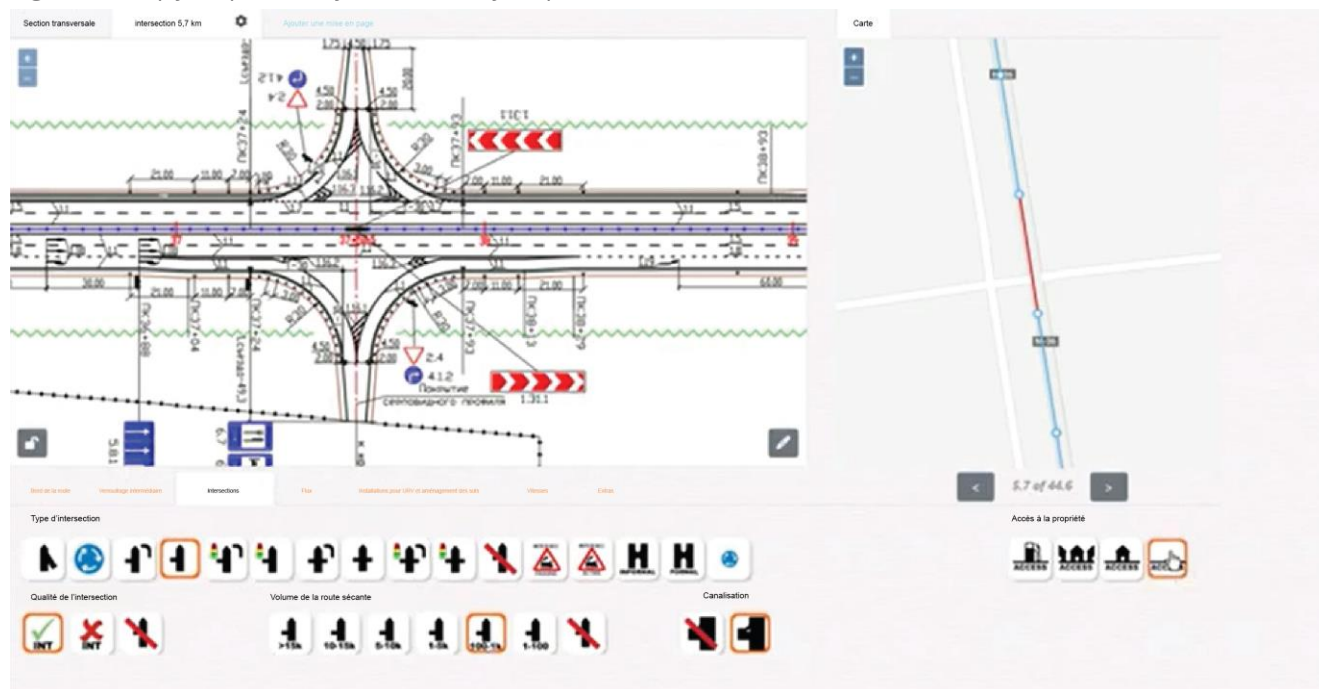
A versão atual do RSSAT (v1) baseia-se apenas nas características do projeto da via, na velocidade e na composição do fluxo de tráfego. No entanto, com esforços adicionais, esta ferramenta pode ser ampliada para incluir outras intervenções de segurança viária relacionadas com fatores de risco dos usuários da via (por exemplo, uso de cinto de segurança, cumprimento da fiscalização), segurança dos veículos etc. O RSSAT destina-se a ser utilizado em projetos que envolvam manutenção, reabilitação ou reconstrução/melhoria de vias existentes, incluindo expansão de faixas ou mudança de cascalho para superfície pavimentada. O RSSAT pode ser aplicado em vias classificadas como rurais, interurbanas, vias expressas com acesso controlado e vias urbanas, incluindo as arteriais. Não se destina a ser usado para a construção de novas vias (por exemplo, projetos greenfield, nem para projetos de transporte rápido de massa (Bus Rapid Transit (BRT), Light Rail Transit (LRT) ou Mass Rapid Transit (MRT)).

Classificação por estrelas de design (SR4D)

A metodologia iRAP (descrita abaixo) pode ser usada para ajudar a avaliar a segurança de projetos viários e identificar maneiras de melhorar o projeto antes que as vias sejam construídas ou modernizadas. Uma das maneiras de fazer isso é usando o aplicativo web SR4D desenvolvido pela iRAP, com apoio financeiro do GRSF.

O processo pode ser aplicado por qualquer engenheiro ou profissional de segurança viária devidamente treinado, e é facilmente incorporado ao processo de projeto. O SR4D fornece uma "classificação por estrelas" objetiva para cada tipo de usuário da via (pedestre, ocupante de veículo, motociclista e ciclista) com base em diferentes elementos que compõem o projeto da via e que são extraídos dos projetos propostos e codificados pelos usuários. Os principais elementos de desenho são selecionados com um clique em um menu de opções.

Figura 7.4: Opções para seleção de interseções para SR4D.



Para mais informações: https://www.irap.org/3-star-or-better/?et_open_tab=et_pb_tab_3#mytabs|3.

Por exemplo, a figura 7.4 mostra várias opções para o tipo de cruzamento, qualidade e volume de uma intersecção. Depois que os elementos do projeto são selecionados, a ferramenta usa o método iRAP para gerar uma pontuação de risco ou classificação 'por estrelas'. Essa abordagem fornece qualificação reproduzível do risco dos usuários. Além das classificações por estrelas, o método também pode ser usado para produzir estatísticas sobre vários atributos viários relacionados à segurança (como porcentagem de estradas ou projeto com travessias de pedestres de boa qualidade); estimativas do número de mortes e de ferimentos graves associados aos traçados, incluindo a identificação de locais nos quais os números provavelmente serão mais altos e mais baixos; e Planos de Investimento para Rodovias Mais Seguras (SRIP), que listam contramedidas de segurança que poderiam ser adicionadas de forma viável ao projeto para melhorar a segurança dentro de um orçamento específico. As classificações por estrelas podem ser usadas para definir uma "nota de aprovação" objetiva para os projetos, e seu uso é consistente com metas de desempenho mais amplas, que podem ser definidas como parte de uma estratégia mais abrangente, conforme descrito na seção anterior.

Quadro de avaliação do Sistema Seguro

O Quadro de Avaliação de Sistemas Seguros (SSAF na sigla em inglês) é uma ferramenta que avalia os projetos para determinar a probabilidade de resultarem em sinistros com lesões fatais e graves. A ferramenta se preocupa principalmente com os 'pilares' de via segura e de velocidade segura do Sistema Seguro, mas também fornece sugestões úteis para os projetistas considerarem a relação com os outros pilares (usuário da via, veículo e cuidados pós-sinistro) que eles podem influenciar para ajudar alcançar a elaboração de projetos seguros. Pode ser feita uma avaliação de projetos (ou de elementos de projeto) a fim de determinar o impacto em sinistros fatais e graves decorrentes de decisões tomadas em projeto. Também ajuda a identificar mudanças que podem ser aplicadas para alinhar projetos com os resultados do Sistema Seguro.

A estrutura divide os projetos em elementos básicos, compreendendo os principais tipos de sinistros e dos usuários da via que resultam em lesões graves e fatais. Esses tipos de sinistros são:

- Sair forçadamente da via (run-off- road);
- Colisões frontais;
- Colisões em cruzamentos
- Colisões traseiras e outros sinistros;
- Sinistros com pedestres,
- Sinistros com ciclistas
- Sinistros com motocicletas.

Cada um destes tipos de sinistros é avaliado com base em diferentes componentes de risco, que são:

- Exposição
- Probabilidade
- Gravidade.

É feita uma estimativa da contribuição de cada um destes tipos de risco em relação a cada um dos principais tipos de sinistros. É aplicada uma escala subjetiva entre 0 e 4, sendo que 0 indica que há uma contribuição mínima e 4 indica um impacto elevado nos resultados insatisfatórios de segurança.

É utilizada uma matriz que compreende estes tipos de sinistros e riscos, conforme mostrado na Figura 7.5.

É obtida uma pontuação total, sendo que uma pontuação baixa indica alta conformidade com o Sistema Seguro e uma pontuação alta indica baixa conformidade (e, portanto, uma alta chance de um sinistro fatal ou grave decorrente do projeto). Também estão disponíveis orientações sobre intervenções adequadas para ajudar a alcançar um alinhamento mais próximo dos objetivos do Sistema Seguro. A estrutura tem sido amplamente aplicada em vários países, particularmente na fase de conceito/projeto inicial. Um estudo encontrou que a aplicação da estrutura teve um impacto positivo em projetos viários. Com base em uma estimativa de redução de sinistros antes e depois da realização da avaliação, concluiu-se que os benefícios em termos de redução de sinistros fatais e com ferimentos graves podem ser duplicados com a aplicação dessa abordagem às fases de desenvolvimento, projeto e entrega da infraestrutura.

A estrutura e a orientação ¹⁷⁸ podem ser encontradas no site da Austroads em:

<https://austroads.com.au/publications/road-safety/ap-r509-16>.

Figura 7.5: Matriz da Estrutura de Avaliação de Sistemas Seguros.

	Run-off-road	Head-on	Intersection	Other	Pedestrian	Cyclist	Motorcyclist
Exposure	AADT; length of road segment	AADT; length of road segment	AADT for each approach; intersection size	AADT; length of road segment	AADT; pedestrian numbers; crossing width; length of road segment	AADT; cyclist numbers; pedestrians	AADT; motorcycle numbers; length of road segment
Likelihood	Speed; geometry; shoulders; barriers; hazard offset; guidance and delineation	Geometry; separation; guidance and delineation; speed	Type of control; speed; design, visibility; conflict points	Speed; sight distance; number of lanes; surface friction	Design of facilities; separation; number of conflicting directions; speed	Design of facilities; separation; speed	Design of facilities; separation; speed
Severity	Speed; roadside features and design (e.g. flexible barriers)	Speed	Impact angles; speed	Speed	Speed	Speed	Speed

Fonte : Austroads.

¹⁷⁸ Austroads. 2016. Safe System Assessment Framework, AP-R509-16. Austroads, Sydney, Australia.

Inspeção de Segurança Viária

Inspeção de segurança viária (RSI da sigla em inglês) é uma revisão sistemática da provisão de segurança em uma via já existente, em particular em relação aos perigos associados à sinalização de trânsito, às características da estrada, aos fatores de risco ambientais e às condições da superfície da via. As RSIs baseiam-se em abordagens semelhantes às das Auditorias de Segurança Viária (RSA da sigla em inglês). A principal diferença entre RSIs e RSAs é que as RSIs são realizadas em esquemas novos ou de reabilitação, nos quais existem equipes de projeto, e as RSAs são realizadas em vias já existentes para as quais ainda não existem propostas de melhoria. Um RSI é uma abordagem proativa que envolve uma revisão sistemática de uma via existente, dirigindo e caminhando para identificar condições perigosas, falhas e deficiências no ambiente viário que possam causar sinistros e lesões aos usuários.

Locais de alto risco

A identificação e o tratamento de locais de alto risco utilizam dados de sinistros e de uso das vias para entender as questões de segurança viária. Dependendo da qualidade e dos detalhes registrados nos dados de sinistros, podem ser realizados vários tipos diferentes de análises, cada uma com um nível de granularidade diferente:

- A análise de locais específicos é realizada para identificar locais na rede onde ocorreram concentração de sinistros. Estes são então investigados detalhadamente para entender a natureza dos sinistros e é realizada uma visita ao local. Em seguida, é elaborado e implementado um programa de tratamento corretivo.
- A análise de corredores/rotas é realizada para identificar trechos de vias com mau desempenho. Estes podem então ser investigados, inspecionados e um programa de intervenções desenvolvido.
- A análise de área é realizada para compreender os tipos de sinistros que ocorrem em uma determinada área que pode ser mais extensa do que um único local ou rota.

Uma vez realizada a identificação, os locais podem ser priorizados para maximizar a redução de vítimas com o orçamento disponível.

Classificação de segurança da rede

Classificação de Segurança da Rede (NSR da sigla em inglês) é um método definido no Artigo 5 da Diretiva da UE 2008/96/CE para identificar, analisar e classificar partes da rede viária existente de acordo com o seu potencial para o desenvolvimento de segurança e da redução de custos derivados de sinistros.¹⁷⁹ A NSR analisa uma rede viária existente para identificar potenciais problemas de segurança e é, portanto, uma possibilidade para o desenvolvimento de segurança viária. O NSR é baseado em dados de sinistros e em um cálculo de diferentes parâmetros, como sinistros por km, número de sinistros por km de veículo ou taxas de custo de sinistros.

Dependendo dos parâmetros utilizados, poderão ser necessários dados adicionais, como dados de tráfego ou de infraestrutura. Diferentes seções de uma rede viária podem ser classificadas e priorizadas de acordo com o critério de que “os investimentos em segurança viária terão o maior impacto”. Também pode levar a outras etapas, como a realização de uma RSI antes da aplicação de medidas mais dispendiosas em infraestrutura etc.

Não existe uma definição ou procedimento geral de como segmentar uma rede viária. Normalmente, uma seção deve ter características homogêneas, por exemplo, em termos de desenho geométrico, densidade de tráfego, usuários da via ou ambiente adjacente. As junções podem ter que ser consideradas separadamente. O tipo de indicador escolhido para classificação deve ser decidido em cada caso e depender dos dados disponíveis.

Programas de avaliação de estradas

Programas de avaliação de estradas envolvem a coleta de dados sobre as características da via, que são usados para quantificar o risco, identificar déficits de segurança ou determinar se o ambiente da via protege o usuário contra morte ou ferimentos graves quando ocorre um sinistro.

¹⁷⁹ Transport Infrastructure Ireland (TII). 2014. Network Safety Ranking GE-STY-01022.

Existem vários desses programas em todo o mundo, cada um dos quais se enquadra na ampla bandeira do Programa Internacional de Avaliação de Estradas (iRAP).¹⁸⁰

As classificações por estrelas são calculadas com base no projeto viário e em outros elementos que impactam nos resultados de segurança. As pontuações na classificação por estrelas são uma indicação do risco relativo da ocorrência de mortes e ferimentos graves para um usuário individual da via e são baseadas em fatores como probabilidade de ocorrer um sinistro, gravidade, velocidade de operação e fluxo do tráfego. Uma pontuação de risco é gerada utilizando um algoritmo que, por sua vez, se baseia numa base de evidências internacionais sobre o risco de sinistros.

Uma classificação de 1 estrela indica que a estrada é de má qualidade, enquanto uma classificação de 5 significa que a estrada é de alta qualidade do ponto de vista da segurança, com baixa probabilidade de ocorrência de morte ou ferimentos graves para os usuários da via. Também são geradas classificações por estrelas para diferentes tipos de usuários (ocupantes de veículos, pedestres, ciclistas e motociclistas).

Foram definidos objetivos políticos em vários países relacionados a esta classificação por estrelas, incluindo a Suécia, os Países Baixos, a Malásia, a Nova Zelândia, a China, o Chile, a Austrália e o Reino Unido. Por exemplo, como parte do Plano Nacional de Ação de Segurança Viária 2018–

2020, o governo australiano incluiu uma ação para melhorar as classificações de estrelas em toda a rede viária, com o objetivo de alcançar classificações AusRAP de 3 estrelas ou melhores para 80% das viagens em rodovias estaduais, incluindo um mínimo de 90% nas viagens em rodovias nacionais. A fim de apoiar estas políticas nacionais, os desenhos de projeto podem ser avaliados para determinar a classificação por estrelas de cada projeto. A ferramenta de classificação por estrelas iRAP para projetos (SR4D, veja acima) foi desenvolvida para esta tarefa.

Posteriormente, são desenvolvidas propostas de projeto específicas que podem reduzir o risco de lesões e colisões futuras. Há várias ferramentas disponíveis para auxiliar na avaliação do risco e da possível eficácia dos tratamentos, incluindo a ferramenta de software VIDA do iRAP.

Leitura adicional

Austroroads. 2015. Guide to Road Safety Part 8— Treatment of Crash Locations.

Austroroads. 2006. Guide to Road Safety Part 7—Road Network Crash Risk Assessment and Management.

African Development Bank. 2014. Road Safety Manuals for Africa:

- New Roads and Schemes Road Safety Audit;
- Existing Roads—Proactive Approaches;
- Existing Roads—Reactive Approaches.

¹⁸⁰ www.irap.org.

8. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA ESSENCIAIS

AASHTO. 2010. Highway Safety Manual.

AASHTO. 2015. Roadside Design Guide.
<https://downloads.transportation.org/RSDG-4-Errata.pdf>

AASHTO 2018. A Policy of Development of Highways and Streets 7th edition.

Australian Road Safety Engineering Toolkit.
<https://engtoolkit.com.au/default.asp?p=issue&i=15>.

European Commission. Getting Initial Safety Design Principles Right.

https://road-safety.transport.ec.europa.eu/statistics-and-analysis/statistics-and-analysis-archive/roads/getting-initial-safety-design-principles-right_en

EUR-Lex. 2008. Directive 2008/96/EC of the European Parliament and of the Council <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32008L0096>

FHWA. 2009. Manual on Uniform Traffic Control Devices (MUTCD).

iRAPToolkit.

<http://toolkit.irap.org/default.asp?page=treatment&id=23>.

PIARC. 2008. Human Factors Guidelines for Safer Road Infrastructure.

PIARC. 2019. Road Safety Manual. Acessado em <https://roadsafety.piarc.org/en>.

Sustainable Safety 3rd edition – The advanced vision for 2018-2030: Principles for design and organization of a casualty-free road traffic system.
<https://swov.nl/nl/publicatie/sustainable-safe-ty-3rd-edition-advanced-vision-2018-2030>

World bank. 2005. Sustainable safe road design: A practical manual.

UNESCAP. 2016. Intergovernmental Agreement on the Asian Highway Network, Annexure II Asian Highway Classification and Design Standards.
<https://www.unescap.org/resources/intergovernmental-agreement-asian-highway-network>.

