



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS DE BALSAS
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

KEVEN DALTON BERTOLINO AZEVEDO

**MELHORANDO O ACESSO DE ENTRADA AO CAMPUS
UFMA/BALSAS: UMA ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA.**

**BALSAS-MA
2025**

Keven Dalton Bertolino Azevedo

Melhorando o acesso de entrada ao campus UFMA/Balsas: Uma análise técnica e econômica.

Trabalho de Conclusão de Curso na modalidade Monografia/Artigo Científico, submetido à Coordenação de Engenharia Civil da Universidade Federal do Maranhão como parte dos requisitos necessários para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Daniel Beserra Costa

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Bertolino Azevedo, Keven Dalton.

MELHORANDO O ACESSO DE ENTRADA AO CAMPUS UFMA/BALSAS:
UMA ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA / Keven Dalton Bertolino
Azevedo. - 2025.

82 f.

Orientador(a): Daniel Beserra Costa.

Monografia (Graduação) - Curso de Engenharia Civil,
Universidade Federal do Maranhão, Ufma-balsas, 2025.

1. Interseção Viária. 2. Segurança No Trânsito. 3.
Mobilidade Urbana. 4. Engenharia de Tráfego. 5. Análise
de Viabilidade. I. Beserra Costa, Daniel. II. Título.

KEVEN DALTON BERTOLINO AZEVEDO

Melhorando o acesso de entrada ao campus UFMA/Balsas: Uma análise técnica e econômica.

Trabalho de Conclusão de Curso na modalidade Monografia/Artigo Científico, submetido à Coordenação de Engenharia Civil da Universidade Federal do Maranhão como parte dos requisitos necessários para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil

Aprovado em: 24 de julho de 2025.

Prof. Dr. Daniel Beserra Costa – Orientador

Prof. Me. Francisco de Assis Alves da Cunha – Examinador interno

Profa. Dra. Priscila Maria Sousa Goncalves Luz – Examinador externo

Balsas-MA

2025

RESUMO

As interseções viárias são pontos críticos da malha urbana, frequentemente associadas a altos índices de acidentes devido à confluência de fluxos diversos e à carência de infraestrutura adequada. No município de Balsas (MA), o acesso ao campus da Universidade Federal do Maranhão, localizado na rodovia MA-140, apresenta deficiências que comprometem a segurança e a fluidez do tráfego, como sinalização ineficiente, visibilidade reduzida e ausência de dispositivos de proteção aos usuários vulneráveis. A literatura aponta que intervenções estruturais e operacionais em interseções, baseadas em princípios da engenharia de tráfego, contribuem significativamente para a redução de sinistros e melhoria da mobilidade urbana. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo propor uma solução técnica e economicamente viável para requalificar o acesso à UFMA/Balsas. A metodologia adotada envolveu levantamento de campo, análise normativa, modelagem geométrica e simulações operacionais, além de estudo de viabilidade econômica com base nos indicadores VPL, TIR e B/C. Foram avaliadas três alternativas de intervenção, sendo a antecipação do acesso e reorganização geométrica a solução mais eficiente. Conclui-se que a requalificação proposta não apenas eleva os níveis de segurança e acessibilidade, como também se alinha às diretrizes de desenvolvimento urbano sustentável.

Palavras-chave: interseção viária, segurança no trânsito, mobilidade urbana, engenharia de tráfego, análise de viabilidade.

ABSTRACT

Road intersections are critical points in the urban network, often associated with high accident rates due to the confluence of diverse traffic flows and the lack of adequate infrastructure. In the municipality of Balsas, Maranhão, the access to the Federal University of Maranhão campus, located on the MA-140 highway, presents deficiencies that compromise safety and traffic flow, such as inefficient signage, reduced visibility, and the absence of protective devices for vulnerable users. Literature indicates that structural and operational interventions at intersections, based on traffic engineering principles, contribute significantly to reducing accidents and improving urban mobility. Therefore, this study aimed to propose a technically and economically viable solution to improve the access to the UFMA/Balsas campus. The methodology adopted involved a field survey, normative analysis, geometric modeling, and operational simulations, as well as an economic feasibility study based on NPV, IRR, and B/C indicators. Three intervention alternatives were evaluated, with the most efficient solution being the anticipation of access and geometric reorganization. It is concluded that the proposed redevelopment not only improves safety and accessibility but also aligns with sustainable urban development guidelines.

Palavras-chave: intersection, traffic safety, urban mobility, traffic engineering, feasibility analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Solução simples	33
Figura 2 - Interseção tipo gota.....	33
Figura 3 - Interseção tipo canalizada.....	34
Figura 4 - Representação gráfica dos níveis de serviço (los) segundo o hcm	35
Figura 5 - Fluxograma	39
Figura 6 - Local de estudo	41
Figura 7 - UFMA - Via De Estudo	41
Figura 8 - Vegetação densa	46
Figura 9 - Presença de animais e lixo na via de acesso	47
Figura 10 - Presença de obstáculos.....	47
Figura 11 - desgaste e na sinalização horizontal e inexistência de sinalização vertical	48
Figura 12 - Distância de acesso ao campus UFMA.....	49
Figura 13 - Distância de visibilidade de parada em perfil convexo de via.....	49
Figura 14 - Desnível de percurso.....	50
Figura 15 - Projeto Proposto De Acesso Com Implantação Do Bueiro Quádruplo Tubular De Concreto (Bqtc)	52
Figura 16 - Bueiro Quádruplo Tubular De Concreto (Bqtc)	53
Figura 17 - Seção transversal da vala existente	53
Figura 19-Sinalização Vertical	54
Figura 20 - Posicionamento da placas	54
Figura 21 - Zebrado de preenchimento da área de pavimento não utilizável.....	55
Figura 22 – Tacha em Linha De Bordo Junto e Marca Longitudinal.....	55
Figura 23 - Trecho do projeto antecipação do acesso e sinalização horizontal e vertical	56
Figura 24 - Faixa de acostamento existente	57
Figura 25 - Redutor de velocidade lombada.....	58

Figura 26 - Linha dupla continua e linha continua/seccionada 59

Figura 27 - Esquema proposto para acesso via acostamento com faixa de desaceleração.....60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Indicadores de viabilidade econômica	37
Tabela 2 - Distância mínima de visibilidade de parada em função da velocidade.....	50
Tabela 3 - Orçamento Sintético Alternativa 2	61
Tabela 4- Orçamento Sintético Alternativa 3	62
Tabela 5 - Resumo Comparativo Da Análise Econômica	62

LISTA DE SIGLAS

AIMSUN – *Advanced Interactive Microscopic Simulator for Urban and Non-Urban Networks*

AUTOCAD – Software de Desenho Assistido por Computador

B/C – Índice Benefício-Custo

BQTC – Bueiro Quádruplo Tubular de Concreto

CTB – Código de Trânsito Brasileiro

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPR – Instituto de Pesquisas Rodoviárias

ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

ONSV – Observatório Nacional de Segurança Viária

ONU – Organização das Nações Unidas

PMS – *Pavement Management System* (Sistema de Gerenciamento de Pavimentos)

PNL – Plano Nacional de Logística

REVIT – Software de Modelagem de Informações da Construção

SINFRA – Secretaria de Estado de Infraestrutura e Logística

SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

TIR – Taxa Interna de Retorno

UFMA – Universidade Federal do Maranhão

VISSIM – *VerkehrsInfrastrukturSimulationsmodell* (Software de simulação de tráfego)

VPL – Valor Presente Líquido

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1	Equação Fundamental do Tráfego
Equação 2	Valor Presente Líquido (VPL)
Equação 3	Taxa Interna de Retorno (TIR)
Equação 4	TIR para benefícios constantes
Equação 5	TIR estimada por interpolação linear
Equação 6	Índice Benefício-Custo (B/C)

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	14
2.	JUSTIFICATIVA	16
3.	OBJETIVOS	18
3.1	Objetivos geral	18
3.2	Objetivo específicos	18
4.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
1.1	Segurança viária	19
4.1.1.	Acidentes e fatores de risco	21
4.1.2.	Usuário vulneráveis	23
4.1.3.	Gestão de velocidade	26
4.1.4.	Visibilidade e percepção	27
4.2.	Engenharia de tráfego	29
4.3.	Interseção e soluções	32
4.4.	Análise técnica	34
4.5.	Análise econômica	37
5.	MATERIAL E MÉTODOS	39
5.1.	Materiais	39
5.2.	Normativas técnicas	39
5.3.	Caracterização do objeto de estudo	40
5.4.	Procedimentos Metodológicos	41
5.4.1.	Levantamento de Dados	42
5.4.2.	Tratamentos de dados	42
5.4.3.	Elaboração de solução viária	43
5.4.4.	Análise econômica	44
6.	RESULTADOS E ANÁLISE DE DADOS	46
6.1.	Análise da situação atual	46
6.2.	Alternativa 1: recuperação da situação existente	48
6.3.	Alternativa 2: Antecipação do acesso	51
6.4.	Alternativa 3: acesso no acostamento	57
6.5.	Análise das alternativas econômicas	60
7.	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	64
8.	CONCLUSÕES	67

9.	REFERÊNCIAS	69
10.	APÊNDICES	76
10.1	Apêndice A: Levantamento Topográfico – Planimetria Objetivos geral	77
10.2	Apêndice B: Recuperação da situação existente	78
10.3	Apêndice C: Antecipação do acesso	79
10.4	Apêndice D: Acesso no acostamento	80
10.5	Apêndice E: Orçamentos	81

1. INTRODUÇÃO

As interseções viárias constituem pontos críticos na malha de transporte urbano, pois concentram fluxos convergentes de veículos automotores, pedestres e ciclistas, o que frequentemente resulta em altos índices de colisões. De acordo com o Guia de Redução de Acidentes (1998), esses eventos são agravados por fatores como visibilidade restrita, sinalização deficiente e comportamento de risco por parte de condutores e pedestres. A adequada concepção desses espaços deve contemplar aspectos geométricos, operacionais e comportamentais, de forma integrada, a fim de garantir a fluidez do tráfego e a segurança dos usuários.

Os impactos econômicos dos sinistros em interseções extrapolam os prejuízos materiais imediatos e o acionamento de serviços de emergência. Conforme apontam Ferraz *et al.* (2012) e o Observatório Nacional de Segurança Viária (ONSV, 2020), tais acidentes resultam em queda da produtividade urbana, aumento dos custos com saúde pública e longos processos de reabilitação física e psicológica. Nesse contexto, os investimentos em infraestruturas seguras e tecnologias avançadas devem ser compreendidos como estratégias de economia de médio e longo prazo, pois contribuem para a redução das despesas com atendimento às vítimas e reparos viários (ONSV, 2020). Portanto, diante das significativas consequências humanas e financeiras dos acidentes, torna-se indispensável repensar o desenho e a operação das interseções, adotando soluções que promovam maior segurança, eficiência e sustentabilidade no espaço urbano.

A modernização de interseções, por meio da implantação de rotatórias, redesenho geométrico, instalação de travessias elevadas, otimização de tempos semafóricos e uso de sistemas inteligentes, contribui não apenas para a mitigação de acidentes, mas também para a melhoria da mobilidade, acessibilidade universal e redução dos impactos ambientais (Ferraz *et al.* 2012). Como afirmam Vasconcellos (2012) e Silva (2016), o desafio atual vai além da eficiência viária: trata-se de garantir equidade no acesso ao espaço urbano e promover modos de transporte mais seguros e sustentáveis.

A engenharia de tráfego, nesse sentido, exerce papel fundamental na mitigação de acidentes e na qualificação da infraestrutura. Intervenções como a instalação de sinalização adaptativa, iluminação eficiente, pavimentos táteis e dispositivos de moderação de velocidade favorecem a previsibilidade das ações dos condutores e aumentam a segurança viária (Ma *et al.*, 2020). Conforme Bittencourt (2002) e Bonduki (2014), a análise rigorosa da geometria dos

cruzamentos, aliada à integração modal e à segurança universal, é imperativa para diagnosticar deficiências estruturais e operacionais que comprometem a eficiência e a segurança. A escolha das soluções deve considerar a tipologia da interseção: enquanto as rotatórias podem ser eficazes em cruzamentos em nível, interseções em desnível requerem projetos geométricos detalhados, com rampas de inclinação suave, faixas de visibilidade ampliada e conexões seguras (DNIT, 2005). Em todos os casos, é imprescindível basear-se em estudos de demanda, análises de custo-benefício e princípios de acessibilidade e inclusão.

No município de Balsas (MA), o trecho da rodovia MA-140 que dá acesso ao campus da Universidade Federal do Maranhão (UFMA) evidencia, de forma concreta, a urgência de intervenções estruturais. A ausência de uma interseção devidamente planejada e sinalizada tem provocado recorrentes acidentes e transtornos no tráfego local (Diário Sul Maranhense, 2023). Além dos acidentes, os usuários enfrentam diariamente obstáculos que comprometem a segurança e a eficiência da circulação, como a vegetação densa nas margens da rodovia, que reduz a visibilidade, especialmente em horários de baixa luminosidade. Tais condições exigem ações integradas que incluam limpeza da faixa de domínio, reforço na sinalização, implementação de dispositivos de segurança e requalificação geométrica da interseção. Conforme Harvey (2014), medidas como essas se alinham ao conceito de direito à cidade e à construção de espaços urbanos mais acessíveis, inclusivos e seguros.

Dessa forma, a presente pesquisa buscou contribuir para a discussão sobre a funcionalidade e segurança das interseções viárias em nível no acesso ao campus da UFMA em Balsas. A proposta fundamentou-se em normas técnicas de engenharia de tráfego, princípios de mobilidade urbana sustentável e diretrizes de inclusão social, visando à transformação do espaço viário em um ambiente mais eficiente, seguro e humanizado para todos os seus usuários.

2. JUSTIFICATIVA

A segurança viária é um componente essencial na requalificação das interseções em nível, especialmente em trechos com alta concentração de fluxo, como o acesso principal ao campus da Universidade Federal do Maranhão (UFMA) em Balsas. Estudos do Observatório Nacional de Segurança Viária (ONSV, 2020) apontam que intervenções no desenho viário, como a instalação de rotatórias e a otimização da sinalização, podem reduzir significativamente a morbimortalidade decorrente de sinistros. Portanto, garantir um ambiente seguro para todos os usuários, em especial para a comunidade acadêmica e visitantes, é uma prioridade inegociável em projetos de engenharia de tráfego.

Além da segurança, a dimensão econômica da requalificação exige uma análise custo-benefício abrangente. Segundo Melo (2016) e Martinez e Viegas (2009), é essencial incorporar nos estudos de viabilidade os custos de implantação, operação e manutenção das soluções propostas, bem como os benefícios sociais e ambientais gerados. No contexto de desenvolvimento urbano sustentável, a concepção de interseções precisa conciliar redução de sinistros, mobilidade eficiente e acessibilidade universal. De acordo com o ONSV (2020), técnicas como otimização de tempos semafóricos, implantação de travessias elevadas e uso de pavimentos táteis contribuem para minimizar impactos ambientais e atender usuários com mobilidade reduzida. Assim, o planejamento viário torna-se instrumento de ordenamento territorial e qualidade de vida.

Para além das dimensões técnica e financeira, essa requalificação insere-se em um projeto urbano mais amplo, voltado à construção de cidades equilibradas, inclusivas e humanas, nas quais a mobilidade seja instrumento de justiça social e de promoção da qualidade de vida. A melhoria da acessibilidade — mediante adequada largura de calçadas, rampas com inclinação conforme NBR 9050 e sinalização tátil — e a adoção de princípios do Desenho Urbano Sustentável e da Mobilidade Urbana Ativa garantem equidade no uso do espaço viário.

No trecho da rodovia MA-140, especialmente no acesso ao campus da UFMA em Balsas, a interseção apresenta falhas de planejamento, falta de manutenção e sinalização, gerando acidentes e transtornos ao fluxo local. Soma-se a isso a presença de vegetação densa nas margens da via, que compromete a visibilidade em condições de baixa luminosidade e agrava o risco de colisões. A requalificação proposta deve, portanto, contemplar não apenas

ajustes geométricos e sinalização reforçada, mas também ações integradas de limpeza da faixa de domínio.

Essa abordagem integrada converge com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização Das Nações Unidas (ONU), em especial o ODS 11, que preconiza cidades seguras, inclusivas e resilientes. Assim, a proposta de uma interseção em nível no acesso à UFMA em Balsas não beneficia apenas a circulação de veículos, mas fortalece o desenvolvimento urbano local, promovendo um acesso mais seguro, eficiente e equitativo ao conhecimento e aos serviços prestados pela universidade.

Portanto, a requalificação das interseções viárias em nível no acesso ao campus da UFMA em Balsas é uma necessidade premente, que envolve aspectos técnicos, econômicos, sociais e ambientais. A implementação de soluções adequadas contribuirá para a melhoria da segurança viária, da fluidez do tráfego e da acessibilidade, alinhando-se aos princípios de desenvolvimento sustentável e promovendo a qualidade de vida para toda a comunidade.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivos geral

Desenvolver uma proposta técnica e economicamente viável para a requalificação do acesso principal ao campus da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), em Balsas (MA), com foco na otimização das interseções viárias em nível, visando aprimorar a segurança, a fluidez do tráfego e a acessibilidade universal.

3.2 Objetivo específicos

- Diagnosticar as condições atuais das interseções em nível no acesso à UFMA em Balsas, com base na análise de dados sobre geometria, sinalização, tráfego, comportamento dos usuários e acessibilidade.
- Identificar as principais deficiências e pontos críticos que comprometem a segurança, a fluidez do tráfego e a acessibilidade nas interseções analisadas.
- Elaborar alternativas de requalificação das interseções com base em normas e princípios de mobilidade sustentável, avaliando sua viabilidade técnica, operacional e econômica.
- Analisar a viabilidade técnica e econômica das soluções propostas, por meio de estudos comparativos, análise de custo-benefício e adequação ao contexto urbano local.
- Selecionar a solução mais adequada e apresentar um anteprojeto conceitual com diretrizes, custos estimados e descrição técnica das intervenções prioritárias.

4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nestes tópicos, são discutidos os critérios para a escolha entre as diferentes soluções de interseção, bem como seus benefícios técnicos e econômicos, com o objetivo de viabilizar uma implantação segura e eficiente.

1.1 Segurança viária

A segurança viária configura-se como uma das mais relevantes dimensões das políticas públicas voltadas à mobilidade urbana e rodoviária. Trata-se de uma preocupação global, sustentada por evidências epidemiológicas, estatísticas de acidentes e estudos interdisciplinares que apontam a urgência de intervenções coordenadas (Guttoski Lemos; Pinto; Santa Rita, 2019). A segurança no trânsito extrapola a simples redução de acidentes: ela implica em preservar vidas, garantir a mobilidade segura e promover equidade no acesso aos espaços urbanos.

A Organização das Nações Unidas (ONU), ciente dessa urgência, lançou em 2021 a Segunda Década de Ação pela Segurança no Trânsito (2021–2030), com o objetivo central de reduzir em pelo menos 50% o número global de mortes e lesões no trânsito. Essa iniciativa propõe uma abordagem sistêmica, baseada no conceito de Sistema Seguro, em que todas as partes — vias, veículos, usuários e gestão — devem ser projetadas de forma integrada para minimizar os riscos e amortecer os efeitos dos erros humanos inevitáveis (OMS, 2021).

No Brasil, a adesão a essa agenda global se dá por meio do Plano Nacional de Redução de Mortes e Lesões no Trânsito (PNATRANS), que estabelece metas graduais de redução de sinistros com foco na atuação integrada entre os entes federativos. Segundo Feder (2023), o plano brasileiro segue os princípios do Sistema Seguro e busca envolver ações estratégicas em diversas áreas, como fiscalização, educação para o trânsito, engenharia de tráfego, infraestrutura e atendimento às vítimas.

Apesar dos avanços registrados entre 2011 e 2020, como a queda nos índices de mortalidade em algumas capitais e a ampliação das políticas de mobilidade urbana sustentável, os números ainda permanecem alarmantes. A Organização Mundial da Saúde (OMS) destaca que o trânsito continua sendo uma das principais causas de morte no mundo, especialmente entre crianças e jovens de 5 a 29 anos. Esse dado revela não apenas um problema de saúde pública, mas também uma profunda desigualdade social, já que as vítimas fatais se concentram em faixas populacionais mais vulneráveis.

No contexto nacional, estudos como os de Ferraz *et al.* (2012) e do *International Transport Forum* (ITF, 2016) demonstram que as rodovias urbanas brasileiras, em especial suas travessias e acessos locais, concentram elevados índices de acidentes graves e fatais. Esses sinistros estão frequentemente relacionados a deficiências estruturais, como projeto geométrico inadequado, ausência ou má conservação da sinalização, falta de infraestrutura segura para pedestres e ciclistas e ausência de controle de velocidade eficaz. Esses fatores agravam-se ainda mais diante do crescimento urbano desordenado e da ocupação irregular das faixas de domínio das rodovias, aspectos destacados por autores como Meneses (2001) e Vasconcellos (2003). De acordo com Vasconcellos (2003), os principais pontos a serem abordados no contexto da segurança viária compreendem:

- Acidentes e fatores de risco: Envolvem desde falhas humanas até questões estruturais, como a má conservação da malha viária e deficiências na fiscalização e sinalização. Esses fatores se potencializam em regiões urbanas com crescimento desordenado e carência de planejamento viário adequado (Vasconcellos, 2003; Meneses, 2001).
- Usuários vulneráveis: São os indivíduos que, por estarem mais expostos ao tráfego motorizado, correm maior risco em caso de sinistro. Entre eles, destacam-se os pedestres, ciclistas e motociclistas. A segurança desses grupos exige infraestruturas exclusivas, políticas de proteção e campanhas educativas contínuas.
- Gestão de velocidades: Controlar a velocidade dos veículos é essencial para reduzir a gravidade dos acidentes. Políticas de redução de velocidade em áreas urbanas, escolares e residenciais têm mostrado impacto positivo na redução de vítimas fatais (OMS, 2021).
- Visibilidade e percepção: A sinalização adequada, a iluminação pública eficiente e o desenho urbano que facilite a visibilidade entre condutores e pedestres são aspectos fundamentais. Esses elementos contribuem diretamente para a antecipação de riscos e para a tomada de decisão mais segura no trânsito.

A segurança viária deve ser compreendida como uma construção coletiva e contínua, que depende do compromisso político-institucional, da cultura de prevenção e da atuação técnica coordenada entre os setores responsáveis pelo planejamento urbano, transporte, saúde,

educação e segurança pública. De acordo com Vasconcellos (2003), é fundamental romper com a visão simplista que atribui exclusivamente ao comportamento individual a responsabilidade pelos acidentes, reconhecendo que o ambiente viário — com todas as suas condições físicas e operacionais — exerce papel decisivo na ocorrência e gravidade dos sinistros.

Além disso, deve-se considerar que a infraestrutura viária segura é um direito social e um pilar essencial da cidadania, pois garante o deslocamento com dignidade, reduz as desigualdades e amplia as oportunidades de acesso aos bens e serviços urbanos. A adoção de tecnologias aplicadas à gestão do trânsito, como os Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS), somada à ampliação dos modais ativos e coletivos, representa uma evolução necessária para mitigar riscos e promover um trânsito mais humano e eficiente.

Portanto, os principais eixos a serem explorados no aprofundamento da segurança viária abrangem questões estruturais, comportamentais, legais e operacionais, exigindo uma abordagem integrada e baseada em evidências. A efetividade das políticas dependerá do diálogo entre os diversos níveis de governo, da valorização da engenharia de tráfego moderna e da promoção de uma cultura de segurança que envolva toda a sociedade.

4.1.1. Acidentes e fatores de risco

A acidentalidade no trânsito resulta de uma complexa interação entre diferentes fatores humanos, veículos, ambientais e de infraestrutura. Segundo Hoel, Garber e Sadek (2009), os acidentes podem ser classificados conforme a conduta do condutor, a condição do veículo, as características geométricas da via e o ambiente físico ou climático em que o veículo trafega. Dados recentes coletados pela Polícia Rodoviária Federal indicam que, em 2022, cerca de 53% dos acidentes com óbitos em rodovias federais ocorreram em áreas urbanas (BRASIL, 2023). Tal informação confirma a importância da análise dos dados referentes a esse segmento, levando em conta a alta densidade populacional e o intenso volume de tráfego característicos das áreas urbanas.

Parry *et al.* (2006) destacam que, quanto maior o volume de veículos circulando em uma via, maior é a probabilidade de ocorrência de colisões. No entanto, observa-se que, em situações de tráfego mais intenso, os condutores tendem a adotar comportamentos mais cautelosos, como a redução da velocidade, o que pode contribuir para a diminuição da gravidade dos sinistros. Essa relação entre volume de tráfego e comportamento do condutor reforça a necessidade de políticas de gestão integrada do tráfego, que considerem aspectos dinâmicos da circulação para

prevenir acidentes. Além disso, é fundamental compreender que os acidentes de trânsito não são eventos aleatórios, mas decorrem de padrões que se repetem em determinadas condições ambientais, sociais e estruturais, o que possibilita a identificação de trechos críticos para ações direcionadas.

Estudos demonstram que os sinistros estão fortemente relacionados a fatores geográficos, evidenciando que eles tendem a se concentrar em pontos específicos da malha viária, conhecidos como trechos críticos (Levine *et al.*, 1995, Kim e Yamashita, 2002). A identificação destes pontos críticos permite uma abordagem estratégica para a alocação eficiente dos recursos destinados à segurança viária, por meio da priorização de intervenções que tragam maior impacto na redução dos acidentes.

Além disso, o conceito de “compensação de risco”, apresentado por Newbery (1990), reforça que os usuários ajustam seu comportamento de acordo com o risco percebido na via. Assim, quando as condições viárias são percebidas como mais seguras, os condutores podem assumir posturas mais arriscadas, enquanto ambientes com maior percepção de risco induzem a uma condução mais defensiva. Esse fenômeno demonstra a importância de abordar a segurança viária de forma integrada, considerando tanto aspectos de engenharia quanto os comportamentais, para evitar efeitos contrários às intervenções.

A identificação de trechos críticos surge como uma ferramenta indispensável para a gestão da segurança viária. Métodos como o desenvolvido pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) preveem um processo estruturado que inclui pré-análise, segmentação, levantamento de campo e diagnóstico, com o objetivo de propor intervenções específicas que reduzam os riscos (DNIT, 2010). Esses processos envolvem não apenas análises quantitativas, mas também qualitativas, incorporando dados de acidentes, características do trânsito e percepções dos usuários para um diagnóstico mais abrangente.

Diante desse panorama, a interação entre o condutor, a via, o veículo e o ambiente revelam a complexidade dos acidentes de trânsito. Isso exige não apenas intervenções pontuais, mas a adoção de políticas públicas sustentadas em bases técnicas sólidas, que considerem tanto os fatores de risco identificáveis quanto os padrões de comportamento dos usuários no ambiente rodoviário. Além disso, a incorporação de tecnologias modernas, como sistemas de monitoramento em tempo real, sensores inteligentes e análises preditivas por meio de

inteligência artificial, tem potencial para revolucionar a prevenção de acidentes, permitindo respostas mais rápidas e ações proativas (Fauvel, 2015, Souza e Pinheiro, 2019).

É importante destacar que a educação e a conscientização dos usuários continuam sendo pilares fundamentais da segurança viária. Estratégias que envolvam campanhas educativas, treinamento e engajamento da comunidade contribuem para a mudança cultural necessária para a redução dos acidentes de trânsito. No entanto, mesmo com ações educativas bem estruturadas, certos grupos permanecem mais expostos aos riscos do trânsito, exigindo atenção especial tanto em termos de infraestrutura quanto de políticas públicas.

4.1.2. Usuário vulneráveis

Dentre os diversos usuários do sistema viário, destacam-se como os mais vulneráveis pedestres, ciclistas e motociclistas. Esses grupos apresentam níveis desproporcionalmente elevados de risco de sofrer acidentes graves ou fatais, refletindo tanto suas condições de exposição no trânsito quanto as deficiências na infraestrutura e nas políticas públicas voltadas à segurança viária.

Em estudo realizado no município de Cachoeira do Sul, no Rio Grande do Sul, foram analisados os acidentes de trânsito envolvendo pedestres, com ênfase na identificação dos pontos críticos de ocorrência e na caracterização dos perfis das vítimas. A pesquisa utilizou métodos como Análise Fatorial Exploratória, técnicas de agrupamento e ferramentas geoespaciais, permitindo mapear as áreas de maior risco e propor intervenções direcionadas à melhoria da segurança viária no contexto urbano da cidade (Carvalho, 2020).

O estudo desenvolvido por Tischer (2019) analisou a evolução dos acidentes de trânsito envolvendo pedestres e ciclistas no estado de Santa Catarina, utilizando dados públicos referentes a um período de 20 anos, os resultados indicaram uma redução nas taxas de mortalidade, especialmente entre pedestres, ao longo do tempo, em contrapartida, observou-se um aumento significativo nas internações hospitalares de ciclistas a partir do ano de 2012, evidenciando uma mudança no perfil das vítimas do trânsito no estado.

Estudo epidemiológico publicado em 2020 analisou a mortalidade de motociclistas no estado de São Paulo entre os anos de 2015 e 2020. Os resultados apontaram uma estabilidade nas taxas de mortalidade durante o período, com variações entre 4,22 e 4,42 óbitos por 100 mil habitantes. A maioria dos óbitos envolveu indivíduos do sexo masculino (88,1 %) e, dentre

esses, 27,9 % estavam na faixa etária de 18 a 24 anos, evidenciando a concentração dos casos em um grupo populacional jovem (Souza *et al.* 2022).

Velazquez *et al.* (2021), em pesquisa realizada na cidade de Franca, São Paulo, observaram que 65% das fatalidades registradas no início de 2018 foram de motociclistas, demonstrando a elevada exposição desse grupo no trânsito urbano. Além disso, a percepção dos cidadãos entrevistados nesse estudo indicou falhas graves na infraestrutura, como a inexistência de travessias seguras para pedestres e deficiências na sinalização viária, fatores que impactam diretamente a segurança e a mobilidade desses usuários.

Nas rodovias federais brasileiras, o quadro não é menos crítico. Segundo Carmo (2019), cerca de 84% das vias analisadas apresentaram classificação de uma ou duas estrelas para a segurança de pedestres e ciclistas, indicando risco elevado de lesões graves ou fatais. Adicionalmente, essa situação também reflete uma histórica priorização do transporte motorizado individual em detrimento das formas de mobilidade sustentável, como caminhar e pedalar, que demandam atenção específica para garantir a segurança e o conforto dos usuários.

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2018), os usuários vulneráveis respondem por aproximadamente 54% das mortes no trânsito mundialmente, com destaque para pedestres, ciclistas e motociclistas. Essa tendência é mais acentuada em países de renda baixa e média, onde a infraestrutura para esses grupos é geralmente inadequada e a fiscalização é insuficiente. Estudos internacionais corroboram que a vulnerabilidade desses usuários está associada a múltiplos fatores, incluindo a ausência de calçadas ou ciclovias protegidas, travessias mal sinalizadas, falta de educação no trânsito e comportamento imprudente de motoristas (WHO, 2018, Peden *et al.*, 2004).

Outro aspecto relevante é a elevada participação dos motociclistas nas estatísticas de acidentes e mortes no trânsito brasileiro. Conforme dados do Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM), o crescimento do uso de motocicletas no país nas últimas décadas tem sido acompanhado pelo aumento proporcional dos acidentes envolvendo esse modal (DENATRAN, 2022). Essa realidade está associada tanto à vulnerabilidade intrínseca dos motociclistas, que não dispõem de estruturas protetoras como os ocupantes de carros, quanto a fatores comportamentais, como o desrespeito às normas de trânsito e a exposição a condições adversas das vias (Martins e Silva, 2020). Além disso, a infraestrutura urbana frequentemente não atende

às necessidades específicas dos motociclistas, carecendo de vias exclusivas e de campanhas educativas direcionadas (Silva *et al.*, 2019).

A literatura também destaca a questão da faixa etária e gênero entre os usuários vulneráveis. Homens jovens são os mais afetados em acidentes envolvendo motocicletas e bicicletas, enquanto pedestres idosos enfrentam desafios adicionais devido a limitações físicas e a dificuldades de mobilidade, aumentando sua exposição ao risco em travessias (Lima e Fonseca, 2017, Pereira *et al.*, 2018). Tal diferenciação reforça a necessidade de políticas segmentadas que considerem essas particularidades demográficas.

No que tange aos pedestres, a ausência ou precariedade de infraestrutura adequada, como calçadas contínuas, travessias elevadas e semáforos com tempos de travessia ajustados, contribui para a insegurança. Conforme estudos de Araújo e Barros (2020), em muitas cidades brasileiras, a largura e a qualidade das calçadas estão abaixo dos padrões recomendados, dificultando a circulação segura, principalmente para pessoas com mobilidade reduzida ou que utilizam dispositivos auxiliares. A iluminação pública deficiente em áreas de alta circulação de pedestres também contribui para o aumento do risco de acidentes noturnos, um fator frequentemente negligenciado na gestão municipal (Oliveira *et al.*, 2021).

Além disso, a educação para o trânsito é um componente essencial na proteção dos usuários vulneráveis. Programas educativos focados em pedestres, ciclistas e motociclistas, bem como campanhas de conscientização para motoristas, têm mostrado impacto positivo na redução de comportamentos de risco e na promoção do respeito às normas de segurança (Freitas *et al.*, 2019). No entanto, é necessário ampliar essas ações, garantindo sua continuidade e abrangência.

A implantação de infraestrutura segregada, como ciclovias e faixas exclusivas para motocicletas, se mostra uma estratégia eficaz para minimizar os conflitos entre modos de transporte e reduzir os índices de acidentes graves (Petersen e Anderson, 2020). Essa segregação proporciona maior previsibilidade dos movimentos dos usuários vulneráveis, diminuindo colisões e aumentando a percepção de segurança. Portanto, a proteção dos usuários vulneráveis no sistema viário exige uma abordagem multidimensional que combine melhorias estruturais, educação, fiscalização eficaz e políticas públicas inclusivas (DENATRAN, 2022). Nesse contexto, uma variável transversal e decisiva para o sucesso dessas estratégias é o

controle adequado da velocidade dos veículos, fator diretamente associado à ocorrência e à gravidade dos sinistros, especialmente quando envolvem pedestres, ciclistas e motociclistas.

4.1.3. Gestão de velocidade

A gestão da velocidade constitui um dos pilares fundamentais para a promoção da segurança viária e a mitigação de acidentes. A velocidade excessiva ou inadequada é reconhecida como um dos principais fatores de risco no trânsito, sendo determinante não apenas na ocorrência de sinistros, mas, sobretudo, na gravidade dos desfechos deles decorrentes (WHO, 2018). De acordo com a Organização Mundial da Saúde, uma redução de apenas 5% na velocidade média dos veículos pode resultar em até 30% menos mortes por acidentes de trânsito.

Essa constatação evidencia a importância de estratégias de controle de velocidade como política pública contínua, integrada e adaptada ao contexto urbano e rodoviário de cada localidade. Em estudos como o de Galante *et al.* (2010), foi constatado que a implantação de dispositivos de moderação de tráfego, como travessias elevadas, chicanas e estreitamento de faixas, resultou em redução significativa da velocidade média dos veículos e, conseqüentemente, da frequência e severidade dos acidentes. Além dos elementos físicos de moderação, políticas educacionais e de fiscalização exercem papel complementar na indução ao comportamento seguro. Campanhas de conscientização, sobretudo voltadas para a associação entre velocidade e letalidade, são instrumentos importantes para sensibilizar os condutores, especialmente em áreas de convivência com usuários vulneráveis como pedestres e ciclistas (DENATRAN, 2022).

Nesse sentido, o aumento da fiscalização eletrônica, a presença ostensiva de radares fixos e móveis e a readequação dos limites de velocidade conforme as tipologias viárias também são práticas consolidadas internacionalmente. Segundo estudo conduzido por Wegman *et al.* (2017), cidades que implementaram zonas de velocidade reduzida, como as “zonas 30”, registraram quedas expressivas nos índices de mortalidade e lesões graves. A experiência em Franca/SP, documentada por Velazquez *et al.* (2021), demonstrou que medidas como a instalação de radares,ombo-faixas e a revitalização de sinalizações horizontais e verticais contribuíram para a redução de mortes, embora ainda persistam desafios relacionados à reincidência de comportamentos de risco, como o desrespeito à sinalização e a condução sob efeito de álcool.

Adicionalmente, a aplicação de tecnologias emergentes, como os Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS), vem sendo gradativamente incorporada à gestão da velocidade. Esses sistemas permitem o monitoramento em tempo real do fluxo viário e a adaptação dinâmica dos limites de velocidade conforme variáveis como densidade do tráfego, condições climáticas ou horário de pico (Papadimitriou *et al.*, 2019). Essa abordagem tecnológica não apenas amplia a eficiência das intervenções, como também melhora a aceitação social das medidas entre os condutores.

No contexto brasileiro, ainda se verifica certa resistência da população em relação às penalizações por excesso de velocidade, muitas vezes vistas como medidas arrecadatórias. Essa percepção evidencia a necessidade de reforçar a função educativa e preventiva da fiscalização, aliando-a à transparência na divulgação de dados e resultados das intervenções (Araújo e Barros, 2020). Assim, a construção de uma cultura de segurança viária depende não apenas da imposição de regras, mas do engajamento coletivo na promoção de comportamentos seguros. Dessa forma, a gestão da velocidade deve ser compreendida como um eixo estratégico e transversal dentro do planejamento de mobilidade urbana e rodoviária, requerendo ações coordenadas entre engenharia, fiscalização, educação e tecnologia.

4.1.4. Visibilidade e percepção

A visibilidade e a clareza das mensagens transmitidas pela sinalização viária são fundamentais para uma condução segura. Elvik *et al.* (2015) demonstram que melhorias sistemáticas na sinalização horizontal e vertical, especialmente em curvas e interseções, têm efeito significativo na prevenção de acidentes. Ferraz *et al.* (2012) reforçam que falhas na visibilidade de linhas de demarcação ou ausência de sinalização adequada em mudanças de geometria aumentam o risco de colisões.

A percepção visual do condutor é um fator determinante para a tomada de decisões rápidas e seguras no ambiente rodoviário. Estudos de Lobjois e Cavallo (2007) mostram que o tempo de reação está diretamente associado à qualidade da visibilidade e à previsibilidade do cenário viário. Assim, ambientes com sinalização confusa, iluminação deficiente ou vegetação obstruindo placas comprometem a segurança e aumentam o risco de sinistros.

A priorização de investimentos em infraestrutura de sinalização e tecnologias que melhorem a visibilidade, como pintura termoplástica refletiva e dispositivos luminosos, é essencial para a segurança viária, especialmente em áreas escolares, faixas de travessia e locais

com alto conflito modal. A sinalização horizontal desgastada e a iluminação inadequada comprometem a segurança de pedestres e motoristas, aumentando o risco de acidentes (Silva, 2022). Recomenda-se a aplicação de materiais de alta visibilidade e a instalação de placas refletivas, conforme orientações do Código de Trânsito Brasileiro e da ABNT (Baldini *et al.*, 2024).

Além disso, a utilização de tecnologias como LEDs embutidos no pavimento e sinalização dinâmica adaptativa, que altera sua visibilidade conforme as condições do tráfego ou do clima, vem se consolidando em diversas cidades como estratégia eficaz para reduzir colisões (Parker e Yang, 2014). Essas inovações contribuem para aumentar a atenção do condutor e reduzir comportamentos de risco em zonas de conflito, como interseções, cruzamentos e entradas de escolas.

A variação climática altera diretamente a segurança viária, implicando em condições adversas como chuvas intensas, neblina e vento forte, aumentando significativamente o risco de sinistros, especialmente em rodovias (Caleffi *et al.*, 2015). A falta de infraestrutura adequada para drenagem, baixa aderência do pavimento e redução da visibilidade são elementos que aumentam os perigos associados aos climas. Além disso, segundo o Portal do Trânsito (2022), as mudanças climáticas, com a elevação da frequência de eventos extremos, impõem novos desafios à manutenção e ao planejamento das rodovias, exigindo investimentos em infraestrutura mais resiliente.

De acordo com estudo da *European Road Assessment Programme* (EuroRAP, 2020), mais de 30% dos acidentes graves em vias de dois sentidos estão associados a deficiências na visibilidade de ultrapassagem, sinalização de curvas perigosas e demarcações de faixa. Isso reforça a urgência de aplicar métodos de avaliação sistemática da visibilidade como critério técnico para priorização de obras. Adicionalmente, a análise psicofísica da percepção indica que fatores como contraste cromático, distância entre placas, tempo de exposição visual e poluição luminosa influenciam diretamente a legibilidade das mensagens viárias (Rozado *et al.*, 2014). Assim, o projeto urbano deve considerar não apenas a instalação de sinalizações, mas seu posicionamento e integração com o entorno.

A segurança viária, portanto, deve ser abordada de forma integrada, contemplando os diversos fatores que contribuem para a acidentalidade, com especial atenção aos usuários mais vulneráveis, à gestão eficaz da velocidade e à promoção de ambientes perceptivos seguros aos

condutores. Essa abordagem sistêmica deve ainda considerar a manutenção contínua da sinalização e iluminação, além de capacitação técnica para os órgãos de trânsito, a fim de garantir intervenções eficazes e duradouras (Bittencourt *et al.*, 2023). Nesse aspecto, a engenharia de tráfego desempenha um papel central na concretização dessas diretrizes, ao fornecer as bases técnicas e operacionais necessárias para o planejamento e a gestão segura da circulação viária.

4.2. Engenharia de tráfego

A engenharia de tráfego constitui uma área fundamental da engenharia de transportes, voltada à análise, planejamento e operação eficiente do sistema viário, com foco na segurança e fluidez dos deslocamentos. Seu escopo abrange desde o estudo do comportamento dos fluxos veiculares até a aplicação de tecnologias e estratégias para mitigar conflitos e otimizar o uso das vias (Garber e Hoel, 2009). Além dos aspectos técnicos, a engenharia de tráfego também incorpora diretrizes voltadas à segurança sistêmica, priorizando a preservação da vida humana acima da eficiência operacional.

Essa abordagem, influenciada pela filosofia da Visão Zero, originada na Suécia, defende que nenhum nível de fatalidade no trânsito é aceitável e que o sistema viário deve ser projetado para tolerar falhas humanas sem resultar em mortes (Tingvall e Haworth, 1999). A adoção dessa visão implica em mudanças profundas na forma como são definidos os limites de velocidade, projetadas as infraestruturas e priorizados os investimentos em mobilidade urbana. Em países que implementaram essa filosofia, como Noruega e Holanda, observou-se uma redução expressiva nos índices de fatalidade viária (OECD, 2020). No campo da operação viária, os parâmetros de fluxo, velocidade média e densidade são essenciais para a análise da performance de uma rodovia. Esses três componentes se inter-relacionam por meio da equação fundamental do tráfego conforme a equação 1:

$$q = k \times v \quad (1)$$

Onde:

q é o fluxo (veículos/hora),

k é a densidade (veículos/km)

v é a velocidade média (km/h)

Essa equação representa a base para o entendimento do comportamento coletivo dos veículos em movimento (DNIT, 2006). Outro conceito central é a capacidade viária, definida como o volume máximo de tráfego que uma via pode suportar sob condições específicas, sem deterioração significativa do desempenho operacional. A partir disso, é possível avaliar o nível de serviço (LOS), uma classificação qualitativa da fluidez do tráfego que varia de A (condições ideais) a F (congestionamento severo). De acordo com o DER-SP (2020), o nível de serviço é avaliado com base em parâmetros como densidade, velocidade média, espaçamento e atraso.

A engenharia de tráfego também atua na compatibilização entre a infraestrutura viária existente e a demanda crescente por mobilidade urbana, exigindo a integração com outras áreas como o planejamento urbano e a engenharia de transportes públicos. Nesse sentido, a avaliação da demanda de tráfego deve considerar variáveis socioeconômicas, a distribuição territorial das atividades e as tendências de crescimento urbano (Ortúzar e Willumsen, 2011). O uso de ITS, como controle dinâmico de semáforos e monitoramento em tempo real por meio de sensores e câmeras, tem se mostrado uma alternativa eficaz para a mitigação de congestionamentos e incidentes (Gomide *et al.*, 2020).

A minimização de conflitos em interseções e acessos é outro aspecto estratégico. O controle de acessos busca reduzir pontos de atrito entre veículos e outros usuários da via, promovendo fluidez e segurança. Outro campo de crescente relevância dentro da engenharia de tráfego é a análise da mobilidade ativa, com foco em pedestres e ciclistas. A reconfiguração de vias para contemplar calçadas acessíveis, ciclovias segregadas e zonas de baixa velocidade vem sendo cada vez mais considerada em projetos urbanos sustentáveis (Gehl, 2013). Estudos mostram que o aumento da infraestrutura cicloviária resulta em maior adesão ao uso da bicicleta e na consequente redução da emissão de poluentes e da taxa de motorização (Papon e de Lauzun, 2015). A implementação de elementos como canteiros, baias de aceleração e interseções semaforizadas deve considerar critérios técnicos relacionados ao volume de tráfego e à geometria da via (DER-SP, 2020).

Além disso, o planejamento geométrico adequado das vias urbanas e rurais é essencial para a orientação do comportamento dos condutores e para a redução dos riscos de sinistros. O dimensionamento correto de faixas, raios de curvatura, inclinações e sinalização auxilia na prevenção de acidentes e na melhora da visibilidade (FHWA, 2017). Particularmente em zonas escolares e áreas de alto fluxo de pedestres, a implantação de medidas como travessias elevadas,

ilhas de refúgio e iluminação direcionada é fundamental para garantir a segurança dos usuários vulneráveis (Paixão *et al.*, 2019).

Os dispositivos de controle de tráfego como semáforos, sinalização vertical (placas) e horizontal (marcas viárias) organizam e regulam os deslocamentos. Sua padronização é imprescindível para garantir a compreensão pelos usuários. A CET (2012) ressalta que uma sinalização eficaz deve ser clara, objetiva e adaptada à realidade da via, permitindo decisões rápidas por parte dos condutores. A manutenção preventiva e corretiva da sinalização viária e dos dispositivos de controle é outro ponto crítico. Estudos apontam que a degradação desses elementos compromete a segurança e a eficiência operacional, aumentando a probabilidade de sinistros, especialmente durante a noite ou em condições adversas (Wang *et al.*, 2013). Portanto, recomenda-se a criação de programas permanentes de inspeção e reposição da sinalização, priorizando os locais de maior risco ou maior volume de tráfego.

A integração entre transporte e tecnologia também tem promovido avanços substanciais na gestão do tráfego. Cidades inteligentes vêm incorporando sensores de tráfego, semáforos adaptativos, painéis de mensagens variáveis (PMVs) e softwares de controle centralizado para monitorar em tempo real a fluidez nas vias (Khan *et al.*, 2012). Esses recursos não apenas otimizam o uso da infraestrutura existente, como também fornecem dados valiosos para o planejamento futuro. A coleta e análise de Big Data de mobilidade, por exemplo, permite identificar padrões de congestionamento, horários de pico e falhas estruturais, tornando a resposta mais ágil e baseada em evidências (Zhou *et al.*, 2016).

A modelagem do comportamento viário permite a simulação de diferentes cenários com base em dados reais de volume, atraso e formação de filas. Essa modelagem é crucial para o planejamento urbano e para a implementação de soluções de engenharia, como sincronização semafórica, ampliação de capacidade e reconfiguração geométrica. A UFSC (2013) destaca que os modelos preditivos são instrumentos indispensáveis à análise de intervenções viárias antes de sua execução prática.

Técnicas modernas de modelagem, como microsimulações baseadas em agentes e modelos baseados em redes neurais, vêm sendo incorporadas com o intuito de prever com mais precisão o impacto de alterações no sistema viário. Tais ferramentas permitem visualizar cenários futuros considerando múltiplas variáveis, como aumento da frota, mudanças no uso do solo e variações climáticas, promovendo decisões mais embasadas e sustentáveis (Mahmod *et*

al., 2011, Alho *et al.*, 2018). Assim, a engenharia de tráfego, ao reunir ferramentas técnicas e científicas, contribui significativamente para a melhoria da mobilidade urbana, aliando segurança, desempenho e sustentabilidade.

Portanto, a engenharia de tráfego moderna deve ser compreendida como uma disciplina dinâmica, orientada por dados, segurança, sustentabilidade e equidade. Seu desenvolvimento contínuo requer atualização constante dos profissionais da área, bem como investimentos em pesquisa aplicada e políticas públicas integradas. À medida que os centros urbanos enfrentam desafios como o crescimento populacional, a crise climática e a escassez de espaço viário, a engenharia de tráfego torna-se peça-chave na construção de soluções resilientes, acessíveis e inclusivas (Litman, 2021). Entre os elementos centrais para a efetivação dessas soluções, destacam-se as interseções viárias, que concentram os maiores desafios operacionais e representam pontos críticos de segurança e desempenho na rede de circulação urbana e rural (DNIT, 2005)

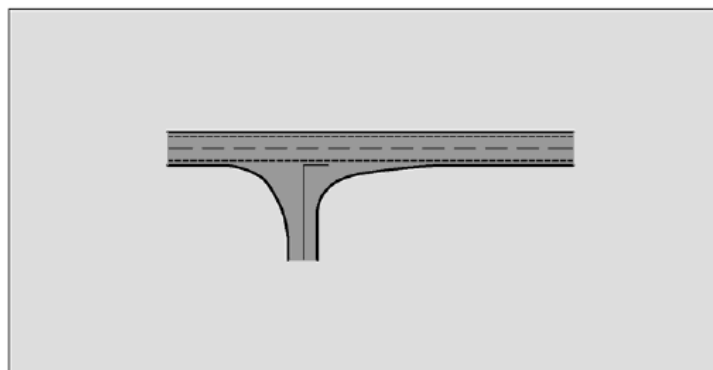
4.3. Interseção e soluções

As interseções viárias são pontos críticos do sistema de circulação, caracterizados pela convergência de fluxos e pela necessidade de disciplinar movimentos de veículos e, em certos contextos, pedestres. A escolha da solução a ser adotada em uma interseção deve considerar critérios técnicos como volume de tráfego, geometria local, nível de conflito e contexto urbano ou rural (DNIT, 2005; DER/DF, 2025).

Entre as alternativas mais simples está a solução mínima, indicada para locais com volumes reduzidos, onde o tráfego pode ser controlado unicamente por sinalização vertical e horizontal, como placas de “Pare” e faixas de retenção, conforme apresentado na Figura 1. Essa abordagem exige visibilidade adequada e estudos prévios que validem a segurança operacional sem necessidade de controle semafórico (CONTRAN, 2007; DER/MG, 2013). Nesse contexto, o estudo de Duda e Sierpiński (2019) analisou interseções não semaforizadas na província da Silésia, na Polônia, avaliando a influência da distância de visibilidade sobre a efetividade da sinalização vertical. Os autores compararam o desempenho das placas “Dê a preferência” (*Give Way*) e “Pare” (*Stop*), demonstrando que, em locais com visibilidade limitada, a adoção da sinalização de “Pare” oferece maior segurança operacional, pois obriga os condutores à parada total antes de cruzar ou acessar a via principal. O trabalho reforça a necessidade de estudos

técnicos específicos para embasar a escolha da sinalização mais adequada conforme as características de cada interseção.

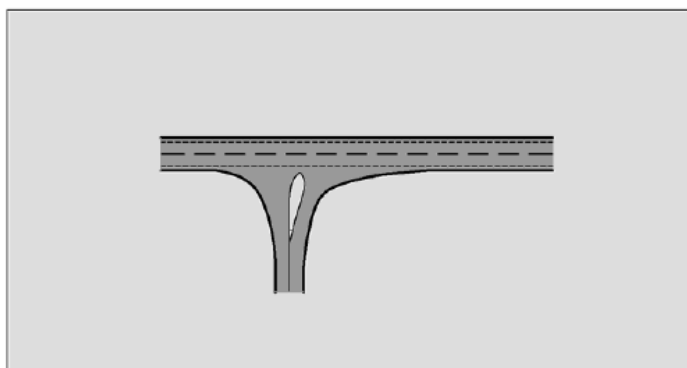
Figura 1 - Solução simples



Fonte: Manual de projeto de interseção (DNIT, 2005).

Quando há necessidade de maior orientação, porém ainda com volumes moderados, pode-se empregar ilhas direcionais do tipo “gota”, que organizam as conversões e induzem à redução de velocidade (Figura 2). O uso dessas ilhas é eficaz em ambientes rurais, com tráfego mais simples, e seu dimensionamento deve considerar aspectos como tipo de veículo, ângulo de interseção e faixa disponível (Vitor, 2010 e DNIT, 2005).

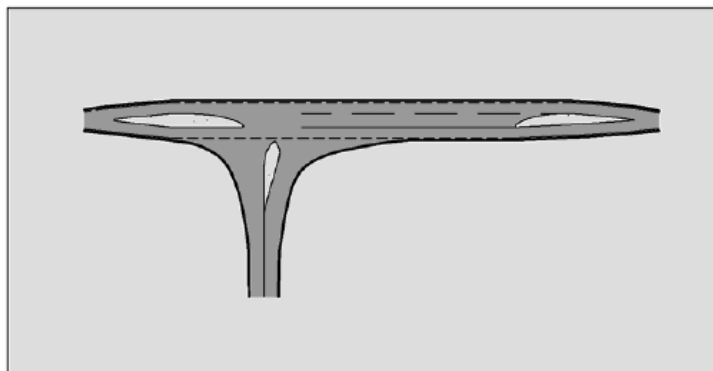
Figura 2 - Interseção tipo gota



Fonte: Manual de projeto de interseção (DNIT, 2005).

As interseções canalizadas, por sua vez, são recomendadas quando existem múltiplos fluxos com necessidades distintas (Figura 3). A segregação física por meio de ilhas e canalizações reduz conflitos e aumenta a clareza operacional. Mesmo sem alteração da capacidade, a canalização pode melhorar significativamente o desempenho e a segurança (Schinemann, 2019).

Figura 3 - Interseção tipo canalizada



Fonte: Manual de projeto de interseção (DNIT, 2005).

Já em contextos urbanos complexos, a adoção de interseções semaforizadas torna-se necessária. Semáforos coordenados permitem gerenciar grandes volumes de tráfego e fluxos de pedestres, oferecendo segurança, mas também implicam em custos operacionais e eventuais atrasos em horários de baixa demanda (Roess *et al.*, 2011, Garcez, 2012).

Por fim, em ambientes rurais com tráfego localizado, pode-se dispensar o uso de dispositivos luminosos, adotando apenas sinalização convencional, desde que estudos técnicos confirmem a viabilidade. Alternativas como simulação computacional e análise de visibilidade contribuem para uma escolha fundamentada, eficiente e segura (Assunção, 2022, Araujo, 2016). Entretanto, para que qualquer intervenção viária seja eficaz e duradoura, é indispensável que esteja amparada por uma análise técnica criteriosa, que considere o contexto operacional e os múltiplos impactos da proposta (Roess *et al.*, 2011).

4.4. Análise técnica

A análise técnica em projetos viários envolve critérios como:

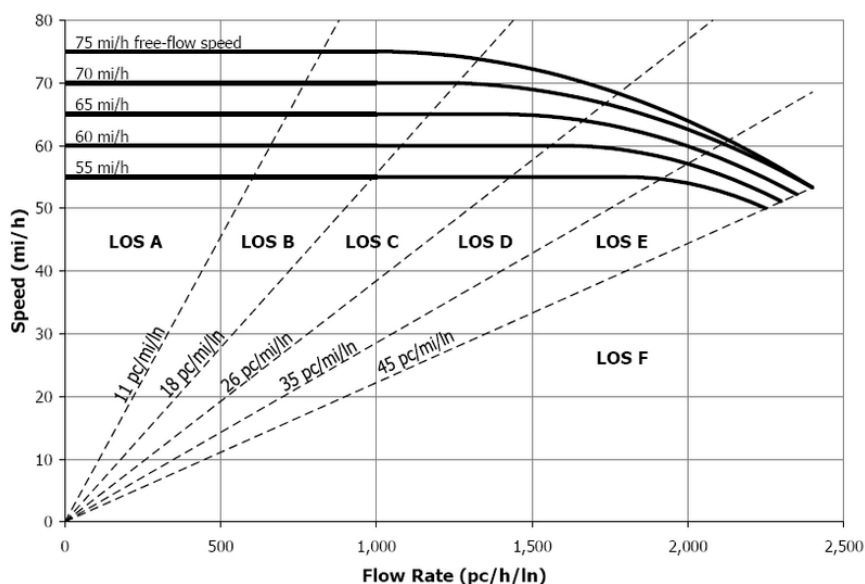
- Desempenho operacional;
- Segurança viária;
- Acessibilidade universal;
- Integração com o sistema urbano existente.

Esses aspectos não devem ser avaliados de forma isolada, mas sim como componentes interdependentes que influenciam diretamente a eficiência e a sustentabilidade das soluções propostas (DNIT, 2005). De acordo com Roess *et al.* (2011), a verificação da capacidade viária e do nível de serviço é essencial para avaliar se a solução proposta atende à demanda atual e

futura de tráfego. Essa análise permite assegurar a fluidez e o conforto dos usuários, bem como evitar gargalos operacionais e comprometer a mobilidade urbana.

A avaliação da capacidade de vias deve considerar não apenas o volume de tráfego veicular, mas também a variabilidade horária da demanda, o tipo de veículo predominante (leves, pesados, coletivos) e a interferência de fatores externos como o clima, obras ou mudanças no uso do solo urbano (Ortúzar e Willumsen, 2011). O conceito de “nível de serviço” (LOS), definido pelo *Highway Capacity Manual* (TRB, 2016), fornece uma métrica qualitativa que combina velocidade, densidade e conforto de operação para caracterizar o desempenho da infraestrutura como representado na Figura 4.

Figura 4 - Representação gráfica dos níveis de serviço (los) segundo o hcm



Fonte: Adaptado de TRB (2016).

Além disso, o uso de ferramentas computacionais de simulação, como citado por Garcez (2012), tem sido cada vez mais empregado para prever os impactos de intervenções viárias. Por meio dessas simulações, pode-se analisar o desempenho de interseções, corredores e redes viárias em diferentes cenários operacionais, estimando variáveis como volume de tráfego, tempo de viagem e nível de serviço.

Ferramentas como o VISSIM, AIMSUN e o *TransModeler* são amplamente utilizadas por profissionais da área para modelar microsimuladamente o comportamento do tráfego urbano. Esses softwares possibilitam, por exemplo, testar o impacto da instalação de novos semáforos, alteração na geometria de cruzamentos ou inclusão de faixas exclusivas para ônibus

(Bell e Idda, 1997). A simulação permite antecipar gargalos operacionais, evitando investimentos ineficazes e otimizando a alocação de recursos públicos.

A segurança operacional também é um aspecto crucial. Segundo Vasconcellos (2012), intervenções que resultem em menor número de pontos de conflito tendem a reduzir a frequência e a severidade dos acidentes. A identificação e o redesenho de áreas críticas por meio de auditorias de segurança viária são práticas recomendadas pela Organização Mundial da Saúde (OMS, 2018), que destaca a importância de medidas como faixas de pedestres elevadas, rotatórias em cruzamentos perigosos e estreitamentos de pista como estratégias efetivas de redução de sinistros fatais.

Outro elemento fundamental é a acessibilidade. Conforme a ABNT NBR 9050:2020, é obrigatório que os projetos de mobilidade assegurem acessibilidade universal, favorecendo a inclusão de todos os usuários, inclusive pessoas com deficiência. Esse princípio também está alinhado à Política Nacional de Mobilidade Urbana (Lei nº 12.587/2012), que propõe sistemas de transporte integrados, acessíveis e sustentáveis.

A acessibilidade deve abranger, além da infraestrutura física (rampas, calçadas, sinalização tátil e sonora), a integração modal e o conforto nos deslocamentos, especialmente para pessoas com mobilidade reduzida (Junior *et al.*, 2020). Estudos demonstram que cidades com infraestrutura inclusiva tendem a apresentar maior eficiência econômica e menores níveis de exclusão social (Silva *et al.*, 2019). Entretanto, garantir que essas diretrizes sejam plenamente incorporadas aos projetos requer a análise de múltiplos critérios técnicos e sociais, muitas vezes conflitantes entre si. Nesse sentido, o método *Analytic Hierarchy Process* (AHP), proposto por Saaty (2008), mostra-se uma ferramenta metodológica eficaz.

O AHP permite hierarquizar critérios complexos com base em julgamentos qualitativos e quantitativos, tornando-se particularmente útil em projetos que envolvem múltiplos atores, como gestores públicos, técnicos e a população afetada (Melo *et al.*, 2022). Em combinação com técnicas multicritério (MCDA), o AHP pode auxiliar na escolha entre alternativas de intervenção viária, considerando desempenho, segurança, custo, impacto ambiental e aceitação social (Pereira e Costa, 2021). Além disso, a participação social nos processos decisórios, prevista no Estatuto da Cidade (Lei nº 10.257/2001), fortalece a legitimidade das decisões e promove maior aderência dos usuários às mudanças implementadas (IBGE, 2020). Complementar a essa perspectiva técnico-participativa, a avaliação econômica das alternativas

é essencial para garantir o uso racional dos recursos disponíveis e a maximização dos benefícios sociais e operacionais das intervenções viárias (Trojan, 2020).

4.5. Análise econômica

A análise econômica fundamenta-se em princípios da engenharia econômica e da economia dos transportes. Segundo Button (2010) e Gitman e Zutter (2012), avalia-se a viabilidade das alternativas com base em:

- Custos de implantação;
- Benefícios operacionais;
- Retorno econômico e social esperado.

Os principais indicadores estão representado na Tabela 1:

Tabela 1 - Indicadores de viabilidade econômica

Indicador	Descrição	Interpretação
VPL	Diferença entre benefícios e custos atualizados por uma taxa de desconto	$VPL > 0$ = Projeto viável
TIR	Taxa de retorno que zera o VPL	$TIR > TMA$ = Projeto atrativo
B/C	Relação entre benefícios e custos totais	$B/C > 1$ = Benefícios superam os custos

Fonte: Adaptado de Gitman & Zutter (2012); Boardman *et al.* (2017).

Trojan (2020) demonstra que, em projetos de infraestrutura como pontes, os benefícios diretos relacionados à redução do tempo de viagem e ao consumo de combustível tendem a ser limitados e, isoladamente, não justificam os altos custos de implantação. Dessa forma, é necessário considerar os chamados benefícios intangíveis, como a redução da acidentalidade, o aumento da segurança viária, a valorização imobiliária e a integração territorial, que afetam direta ou indiretamente o bem-estar coletivo (Mackie e Worsley, 2013). Esses elementos, embora de difícil quantificação, possuem impacto social significativo e devem ser devidamente ponderados na análise econômica.

Ampliando essa perspectiva, Litman (2021) propõe a inclusão de variáveis como os impactos ambientais, a qualidade do ar, a saúde pública e a eficiência energética nas avaliações

de projetos de transporte. Para isso, a aplicação da Análise de Custo-Benefício (ACB) é estratégica, pois permite incorporar externalidades e impactos sociais de maneira sistemática. Essa abordagem é reforçada por Geurs e van Wee (2004), que argumentam que a ACB, ao incluir externalidades negativas como emissões de gases de efeito estufa e poluição sonora, contribui para projetos mais sustentáveis e responsáveis.

Complementarmente, Vasconcellos (2012) defende o uso do conceito de custo do ciclo de vida, o qual amplia a avaliação econômica ao incluir os custos de manutenção, operação e descarte da infraestrutura ao longo do tempo, contribuindo para uma visão mais realista e abrangente dos investimentos públicos. A aplicação dessa abordagem é especialmente recomendada em projetos com longa vida útil e elevada demanda de manutenção, como rodovias e sistemas de transporte sobre trilhos (Siew e Balatbat, 2012).

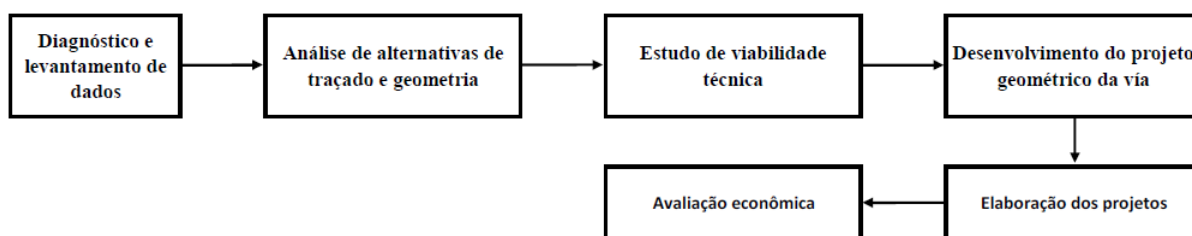
Nesse contexto, Pereira e Schwanen (2015) destacam a importância da alocação eficiente de recursos públicos, alertando para a necessidade de respeitar o custo de oportunidade em decisões de infraestrutura. A análise de sensibilidade também se mostra fundamental, pois permite avaliar como as incertezas nos parâmetros, como taxa de desconto ou estimativas de demanda, influenciam os resultados finais da análise econômica (Mishan e Quah, 2020). Assim, a escolha entre alternativas técnicas ou econômicas deve considerar seus impactos de longo prazo, sendo recomendável o uso de abordagens multicritério que integrem princípios de eficiência, equidade e sustentabilidade. Ferramentas como o *Cost-Effectiveness Analysis* (CEA) e o *Multi-Criteria Decision Analysis* (MCDA) têm sido utilizadas para comparar soluções com benefícios não monetários, proporcionando maior abrangência à tomada de decisão (DEL RIO; HOWARTH, 2013).

Dessa forma, a integração entre análise técnica e econômica é essencial para uma tomada de decisão fundamentada, equilibrada e transparente, compatível com os princípios estabelecidos pela Política Nacional de Mobilidade Urbana e alinhada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU (2015). Essa abordagem integrada assegura que os investimentos em mobilidade sejam socialmente justos, economicamente viáveis e ambientalmente responsáveis.

5. MATERIAL E MÉTODOS

A integração entre análise técnica e econômica permite uma tomada de decisão fundamentada, equilibrada e transparente, alinhada aos princípios da Política Nacional de Mobilidade Urbana e aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU (2015). O procedimento metodológico adotado neste estudo consistiu em uma pesquisa bibliográfica com abordagem quali-quantitativa, ou seja, combinando elementos qualitativos e quantitativos conforme apresentado no fluxograma apresenta na (Figura 5).

Figura 5 - Fluxograma



Fonte: Autor (2025)

5.1. Materiais

Para a realização desta pesquisa, foram utilizados os softwares AutoCAD e Revit, destinados à modelagem geométrica e representação gráfica das soluções propostas. Na fase de levantamento de campo, se fará uso de GPS MAP 78SC (GARMIN), trena manual e nível de bolha, com o objetivo de registrar as características físicas do local em estudo. Além disso, documentos técnicos foram obtidos junto à Secretaria de Estado da Infraestrutura do Maranhão (SINFRA/MA), ao Departamento Estadual de Estradas de Rodagem do Maranhão (DER-MA) e à Prefeitura Municipal de Balsas, os quais subsidiaram a caracterização da área e a formulação das propostas de intervenção.

5.2. Normativas técnicas

A metodologia adotada foi de natureza descritiva e aplicada, com base em estudo de caso, utilizando levantamento de campo, análise documental e revisão normativa e bibliográfica. A pesquisa foi fundamentada em normativas técnicas nacionais, com destaque para:

- **Manual de Projeto de Interseções (IPR 718, 2005):** base para o dimensionamento e reorganização geométrica da área;

- **Manual de Redução de Acidentes (IPR 703, 1998):** estratégias de engenharia para reduzir a acidentalidade em rodovias, com base em estudos de pontos críticos e medidas corretivas.
- **Equipamentos Redutores De Velocidade E Seus Efeitos Sobre Os Acidentes Nas Rodovias Federais (IPR 735, 2010):** refere-se à efetividade de dispositivos redutores de velocidade, como lombadas eletrônicas e ondulações transversais, e seus impactos na redução de acidentes em rodovias federais.
- **Manual de sinalização rodoviária (IPR 743, 2010):** trata da padronização e aplicação da sinalização viária em rodovias federais. Complementa as diretrizes do Manual Brasileiro de Sinalização do CONTRAN.
- **ABNT NBR 9050:2020 – Acessibilidade:** diretrizes para garantir o acesso universal a todos os usuários;

5.3. Caracterização do objeto de estudo

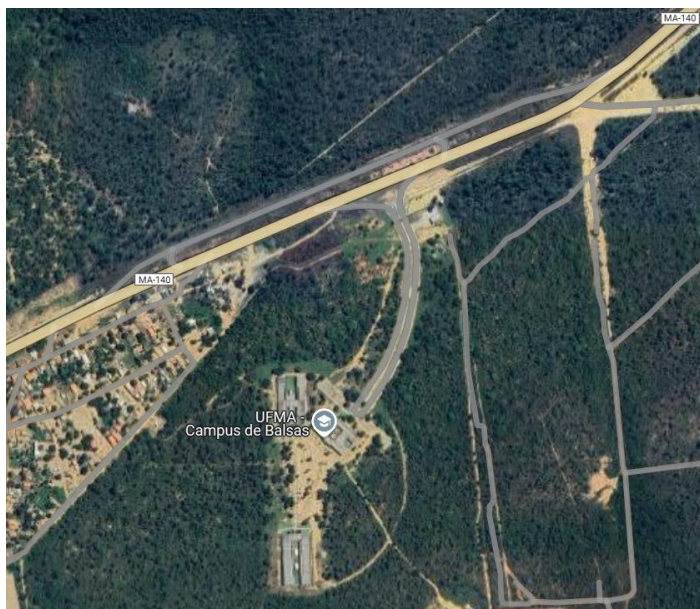
O objeto de estudo corresponde ao trecho de acesso ao campus da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), situado na cidade de Balsas (CWW6+48 Balsas), MA., no estado do Maranhão, mais especificamente na rodovia estadual MA-140 Figura 6 e 7. Este segmento está inserido no perímetro urbano do município e representa um ponto estratégico de circulação, tanto para veículos quanto para usuários vulneráveis, como estudantes, professores e visitantes. A rodovia MA-140 é classificada como Classe III, conforme diretrizes do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), com base em Volume Médio Diário (VMD) estimado em 563 veículos para o horizonte de 10 anos, valor que se enquadra na faixa entre 300 e 700 veículos por dia, adotando-se uma velocidade diretriz de 60km/h (SINFRA, 2013). O local apresenta uma série de deficiências de infraestrutura, o que compromete diretamente a segurança e a eficiência da mobilidade.

Entre os principais problemas observados destacam-se a presença de vegetação densa e não controlada nas margens da via, que afeta a visibilidade dos condutores, especialmente em horários de baixa luminosidade; a inexistência de calçadas e faixas de travessia para pedestres; a baixa cobertura de iluminação pública; e a ausência de sinalização adequada.

O entorno do trecho é marcado por um crescimento urbano acelerado, o que intensifica o fluxo misto de veículos e pedestres e acentua os conflitos de tráfego. Tais condições tornam a área crítica do ponto de vista da engenharia de tráfego e da segurança viária, justificando a

necessidade de uma intervenção planejada que promova acessibilidade, fluidez e proteção aos usuários da via.

Figura 6 - Local de estudo



Fonte: Google maps CWW6+48 Balsas, MA.

Figura 7 - UFMA - Via De Estudo



Fonte: Autor, 2025

5.4. Procedimentos Metodológicos

O desenvolvimento da pesquisa seguiu uma sequência estruturada de etapas, visando à caracterização do problema, diagnóstico técnico e elaboração de soluções viárias para o acesso ao campus da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), em Balsas (MA). A seguir, são descritos os procedimentos planejados:

5.4.1. Levantamento de Dados

A primeira etapa consistiu na realização de visitas técnica ao local de estudo, com o objetivo de observar e registrar as condições existentes da interseção de acesso ao campus da UFMA. Durante o levantamento, foram coletados dados por meio de:

- Medições diretas com trena e nível, registrando dimensões da via, calçadas, acessos laterais, faixas de rolamento e obstáculos físicos;
- Registro fotográfico georreferenciado, utilizando dispositivo móvel com GPS GPS MAP 78SC (GARMIN) para posterior integração aos mapas;
- Identificação de falhas de sinalização, iluminação e drenagem, além de aspectos que comprometam a visibilidade, como a presença de vegetação.

Dados complementares foram obtidos junto à Prefeitura Municipal de Balsas, ao Departamento Estadual de Estradas de Rodagem do Maranhão (DER-MA) e à Secretaria de Estado da Infraestrutura (SINFRA/MA), incluindo:

- Mapas oficiais da malha urbana;
- Relatórios de acidentes de trânsito no trecho em análise;
- Projetos anteriores ou documentos técnicos relacionados à rodovia MA-140;
- Informações demográficas e de desenvolvimento urbano no entorno do campus.

5.4.2. Tratamentos de dados

Após a coleta, os dados foram organizados em planilhas eletrônicas para análise técnica. O tratamento incluiu:

- Tabulação de dados de acidentes, com classificação por tipo, gravidade, período do dia e envolvimento de usuários vulneráveis;
- Categorização de falhas de infraestrutura, conforme padrões da NBR 9050 (acessibilidade), (IPR 735, 2010) e (IPR 743, 2010);
- Análise espacial das ocorrências críticas utilizando mapas temáticos elaborados em ambiente CAD e imagem de satélite.

Foi realizada uma verificação normativa com base nas diretrizes técnicas do DNIT e nas normas da ABNT, com o objetivo de avaliar o grau de conformidade da área em relação aos parâmetros exigidos para segurança, fluidez e acessibilidade. A partir dessa análise, foi

elaborado um diagnóstico técnico com os principais pontos críticos, os quais subsidiarão as alternativas de projeto.

5.4.3. Elaboração de solução viária

A elaboração de soluções viárias foi conduzida com base nas diretrizes do Manual de Projeto de Interseções (DNIT, 2005), o qual estabelece critérios técnicos para o desenvolvimento de projetos que garantam segurança, fluidez e funcionalidade das interseções.

A abordagem adotada considerou os seguintes princípios:

- **Minimização de Conflitos:** as soluções buscaram reduzir ao máximo os pontos de conflito entre fluxos de tráfego, priorizando interseções com ângulos próximos de 90° e distâncias adequadas de visibilidade.
- **Definição do Tipo de Interseção:** foi realizada a escolha entre interseções em nível, rótulas urbanas ou interseções canalizadas, com base na análise dos volumes de tráfego, composição veicular, características topográficas e espaço disponível.
- **Aplicação de Elementos Geométricos Compatíveis:** foram dimensionados elementos como faixas de desaceleração, faixas de conversão à esquerda e à direita, canalizações com ilhas, raios mínimos de curvatura e largura das pistas, conforme especificações do manual.
- **Acessibilidade e Segurança para Pedestres:** foram propostas travessias seguras com rampas de acessibilidade conforme NBR 9050, além de dispositivos para redução de velocidade e faixas de pedestres com visibilidade adequada.
- **Canalização de Fluxos:** foi empregado ilhas divisórias, meios-fios e sinalização horizontal e vertical para organizar os movimentos, reduzir velocidades nas áreas de convergência e orientar a trajetória dos veículos.
- **Compatibilização com o Crescimento Urbano:** as soluções levaram em conta a expansão do entorno urbano do campus da UFMA, propondo intervenções que suportem o aumento da demanda futura.

As propostas foram representadas em plantas baixas elaboradas no AutoCAD, com simulações geométricas conforme os veículos de projeto (VP, CO, SR) e conforme normas estabelecidas no Manual de Interseções. Sempre que possível, foram propostas soluções de

baixo custo e rápida implementação, com atenção à manutenção e sustentabilidade das intervenções.

As alternativas elaboradas foram submetidas a uma análise comparativa multicritério, levando em conta aspectos como:

- Viabilidade técnica e compatibilidade com o local;
- Efetividade em termos de segurança e acessibilidade;
- Custos de implantação e manutenção;
- Impacto urbano e aceitação social.

5.4.4. Análise econômica

Para a avaliação econômica das propostas de intervenção, foram aplicados métodos consagrados da engenharia econômica, com base nos seguintes indicadores: Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Índice Benefício-Custo (B/C). Esses parâmetros, amplamente utilizados em estudos de viabilidade técnico-econômica, permitem mensurar a eficiência e a atratividade do investimento ao longo do tempo, considerando os fluxos de caixa descontados e a comparação entre custos e benefícios, conforme discutido por autores como Button (2010) e Gitman e Zutter (2012).

O Valor Presente Líquido (VPL) foi empregado para estimar a viabilidade financeira das alternativas, por meio da diferença entre os benefícios futuros esperados e os custos totais do projeto, ambos atualizados a valor presente com base em uma taxa de desconto. A fórmula utilizada foi:

$$0 = \sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1 + TIR)^t} - C_0 \quad (2)$$

Onde:

B_t : benefício anual estimado;

C_0 : custo inicial do projeto;

i : taxa mínima de atratividade (TMA): 10% ao ano

n : horizonte de análise (10 anos).

A Taxa Interna de Retorno (TIR), por sua vez, corresponde à taxa de desconto que torna o VPL igual a zero. Esse indicador foi calculado pela fórmula:

$$0 = \sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1 + TIR)^t} - C_0 \quad (3)$$

Ou, para benefícios constantes, por meio da equação:

$$C_0 = B \times \left[\frac{1 - (1 + TIR)^{-n}}{TIR} \right] \quad (4)$$

Na prática, a TIR foi estimada por interpolação linear, utilizando os VPLs obtidos para duas taxas distintas (i_1 e i_2):

$$TIR \approx i_1 + \left(\frac{VPL_1}{VPL_1 - VPL_2} \right) \times (i_2 - i_1) \quad (5)$$

Quando a TIR supera a TMA adotada, a proposta é considerada economicamente atrativa.

O Índice Benefício-Custo (B/C), por sua vez, mensura a razão direta entre os benefícios atualizados e o custo inicial, sendo determinado pela expressão:

$$B/C = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1 + i)^t}}{C_0} \quad (6)$$

Valores superiores a 1 indicam que os benefícios superam os custos, configurando um critério objetivo para comparação entre diferentes alternativas de investimento.

Esses indicadores foram calculados a partir de estimativas realistas de custos de implantação, operação e manutenção das propostas analisadas. Os benefícios foram estimados com base em ganhos tangíveis como a redução de acidentes, o aumento da segurança viária, a melhoria na fluidez do tráfego e a diminuição do tempo de deslocamento. Todos os valores monetários foram atualizados com base em uma taxa de desconto obtida em fontes oficiais, como o Banco Central do Brasil e o Plano Nacional de Logística (PNL), assegurando coerência metodológica com os critérios exigidos em Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental (EVTEA), conforme estabelecido pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). Tais estudos têm como objetivo fundamental demonstrar, de forma fundamentada, que a alternativa selecionada representa a solução mais vantajosa entre as opções disponíveis, tanto do ponto de vista econômico quanto do impacto ambiental.

6. Resultados e análise de dados

Neste capítulo serão evidenciados e discutidos, os resultados encontrados a partir da análise técnica realizada nessa pesquisa.

6.1. Análise da situação atual

O trecho da rodovia MA-140 que dá acesso ao Campus da UFMA/Balsas apresenta características críticas que comprometem a segurança e a fluidez do tráfego. Observa-se vegetação densa nas margens da via, o que reduz significativamente a visibilidade dos condutores, especialmente nos períodos de baixa luminosidade (manhã e fim da tarde), fator reconhecidamente associado ao aumento de riscos de colisões. A gravidade dessa condição pode ser verificada na Figura 8, que ilustra a obstrução visual causada pela vegetação e sua relação direta com a redução da percepção situacional dos motoristas. Além disso, a presença de vegetação seca ao longo do acostamento configura um risco potencial de incêndios, o que agrava ainda mais as condições de segurança da via, sobretudo em períodos de estiagem prolongada.

Figura 8 - Vegetação densa



Fonte: Autor, 2025

Além disso, foram identificados corpos de animais mortos ao longo da faixa de acesso, o que não apenas compromete o fluxo de passagem, mas também representa um risco adicional de acidentes, sobretudo para veículos de duas rodas, conforme indicado na Figura 9. Observou-se ainda a presença de lixo descartado irregularmente às margens da via, contribuindo para a degradação ambiental e para a sensação de abandono do local, o que pode influenciar negativamente no comportamento dos condutores e aumentar a probabilidade de sinistros.

Figura 9 - Presença de animais e lixo na via de acesso



Fonte: Autor, 2025

Outro fator crítico observado ao longo do trecho analisado, refere-se à presença de placas de propaganda instaladas nas proximidades dos acessos de retorno (Figura 10). A poluição visual resultante dessas propagandas reduz a eficiência da sinalização viária e contribui para o aumento do tempo de reação dos motoristas, sobretudo em pontos de decisão, como retornos e interseções.

Figura 10 - Presença de obstáculos



Fonte: Autor, 2025

Adicionalmente, há ausência de sinalização vertical e desgaste acentuado da sinalização horizontal (Figura 11), comprometendo a orientação dos usuários, situação que contraria os preceitos do Manual de Sinalização Rodoviária IPR – 743 (2010), que estabelece a sinalização como elemento essencial para a segurança e a previsibilidade do tráfego.

Figura 11 - Desgaste e na sinalização horizontal e inexistência de sinalização vertical



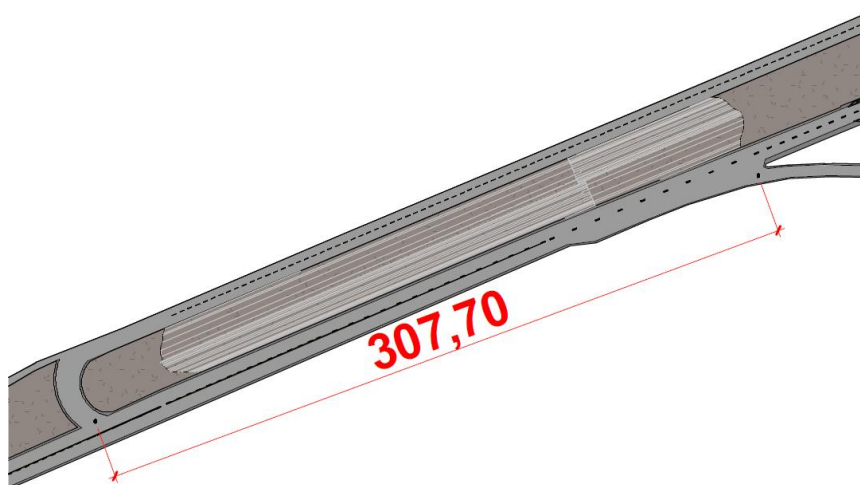
Fonte: Autor, 2025

A precariedade da infraestrutura viária observada neste trecho pode estar diretamente associada à ocorrência de eventos trágicos, como o registrado em outubro de 2023, quando um grave acidente envolvendo um ônibus escolar e uma motocicleta resultou na morte de pai e filho, além de deixar a mãe gravemente ferida (Diário Sul Maranhense, 2023). Esse episódio evidencia de forma contundente os impactos humanos das falhas de planejamento e manutenção da via, reforçando a urgência por intervenções que priorizem a segurança dos usuários mais vulneráveis.

6.2. Alternativa 1: recuperação da situação existente

A manutenção da entrada atual foi considerada como uma alternativa de adequação e melhoramento, fundamentada na execução de intervenções pontuais com o objetivo de mitigar deficiências operacionais. Dentre as ações previstas, destacam-se a poda da vegetação nas margens da via, a restauração da sinalização vertical e horizontal, bem como a adequação do canteiro central, com a impermeabilização da área para prevenir o crescimento descontrolado de vegetação. Essas medidas visam aprimorar a visibilidade, reorganizar o fluxo de circulação e elevar os níveis de segurança para os usuários. Essas ações contribuem para o aumento da visibilidade, organização da circulação e segurança dos usuários. No entanto, apesar dessas melhorias operacionais, persistem limitações significativas de ordem estrutural, especialmente relacionadas ao traçado geométrico da via, cuja extensão e configuração de acesso não atendem de forma eficiente aos requisitos de fluidez e segurança viária. A Figura 12 demonstra a distância existente atualmente entre a saída do acesso e o acesso a UFMA. Assim, embora represente um avanço frente à condição atual, essa alternativa ainda se mostra insuficiente como solução definitiva, reforçando a necessidade de intervenções mais abrangentes.

Figura 12 - Distância de acesso ao campus UFMA



Fonte: Autor, 2025

Um dos principais agravantes identificados na situação da via é o perfil de elevação do trecho, que compromete diretamente a distância de visibilidade disponível para os condutores. No segmento analisado da MA-140, foi identificada uma inclinação máxima de 10,7% a aproximadamente 175 metros do ponto de acesso ao sentido contrário ao campus, formando um perfil convexo natural que reduz significativamente o campo visual dos motoristas ao se aproximarem da interseção (Filho, 2013). Essa limitação é demonstrada no perfil de elevação representado na Figura 13, e na situação real observada em campo, ilustrada na Figura 14.

Figura 13 - Distância de visibilidade de parada em perfil convexo de via



Fonte: Google Earth Pro, 2025

Figura 14 - Desnível de percurso



Fonte: Autor, 2025

De acordo com o Manual de Projeto de Interseções (IPR – 718, 2005), a distância de visibilidade de parada (DVP) deve permitir que o condutor perceba com antecedência um obstáculo e reaja de forma segura, evitando colisões, esse critério é ainda mais relevante em locais com intensa circulação de pedestres e veículos de baixa velocidade, como é o caso da entrada de um campus universitário, na Tabela 2, apresenta a velocidade da via e o DVP necessário para cada velocidade requerida. Além da visibilidade frontal, a presença de um perfil convexo compromete a visão de profundidade, reduzindo a capacidade do condutor em estimar corretamente distâncias e velocidades.

Tabela 2 - Distância mínima de visibilidade de parada em função da velocidade

Velocidade da via (km/h)	DVP mínima (m)
40	45
50	60
60	75
70	95
80	115
90	140

Fonte: Adaptado de DNIT/IPR – 718, (2005).

No caso específico da MA-140, cuja velocidade regulamentada no entorno do campus é de 60 km/h, a visibilidade frontal recomendada é de, no mínimo, 75 metros (SINFRA, 2013). No entanto, medições de campo demonstraram que, em determinados pontos, a visibilidade disponível é inferior a 60 metros valor abaixo do exigido pelas diretrizes técnicas, comprometendo severamente a segurança operacional da via.

Além disso, a literatura técnica ressalta que soluções paliativas como manutenção de sinalização e poda de vegetação tendem a ser economicamente ineficientes no médio prazo,

pois não resolvem os fatores estruturais que dão origem aos riscos viários (Vasconsellos, 2005). Em vias com geometria desfavorável, a frequência de acidentes relacionada à baixa visibilidade acarreta custos operacionais crescentes e expõe os usuários a condições perigosas de circulação. Guia de redução de acidentes com base em medidas de engenharia de baixo custo (IPR – 703, 1998).

Para mitigar de forma duradoura a recorrência do crescimento de vegetação nas margens e nos canteiros de acesso, será necessário aplicar uma solução de engenharia baseada na instalação de malha de aço ancorada, recoberta por chapisco de cimento. Essa técnica, já empregada em diversos projetos de contenção e estabilização de taludes rodoviários, visa eliminar a regeneração da vegetação indesejada e melhorar a visibilidade lateral, contribuindo diretamente para a segurança viária e a redução da necessidade de manutenções frequente. Segundo a *National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine* (2023), o uso de mantas cimentícias e estratégias de controle físico da vegetação nas margens viárias mostra-se eficiente para mitigar custos operacionais e riscos à segurança.

6.3. Alternativa 2: Antecipação do acesso

A possibilidade de reposicionar o acesso principal para um ponto anterior ao atual, em direção ao campus, foi avaliada com o objetivo de permitir maior distância de frenagem e melhor tempo de reação dos condutores. A antecipação do ponto de acesso ao campus da UFMA/Balsas foi considerada como uma alternativa viável diante das limitações identificadas na configuração atual da interseção. A nova proposta se fundamenta na necessidade de reduzir os conflitos viários e aperfeiçoar a fluidez do tráfego, sobretudo nos horários de pico, por meio da realocação do acesso para um ponto anterior ao atual, em trecho com melhores condições de visibilidade e geometria.

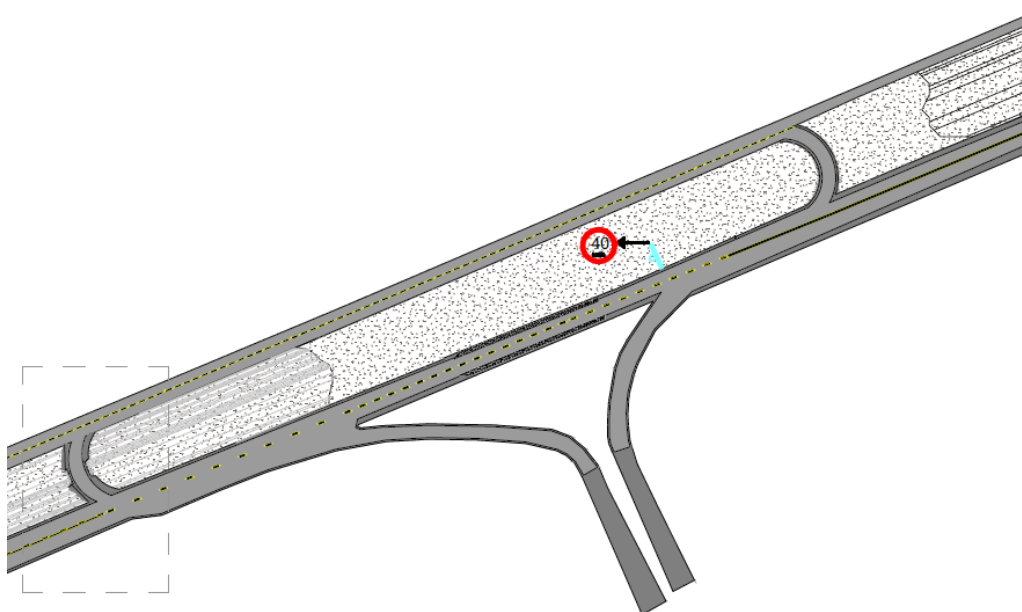
A partir dessa constatação, foi desenvolvido um projeto geométrico detalhado, com base nos critérios técnicos recomendados no manual do projeto de interseções DINT (IPR, 2005), que priorizam o conforto, a segurança e a funcionalidade do traçado. A escolha da nova localização levou em consideração variáveis críticas (visibilidade e redução de distância de percurso) para a redução de velocidade em acesso escolar, o comportamento dos usuários, a topografia do terreno e a visibilidade disponível para manobras seguras de entrada e saída.

O ponto de vista operacional, essa alternativa oferece ganhos expressivos em termos de desempenho e segurança. O novo local apresenta perfil longitudinal mais favorável, reduzindo

o impacto de inclinações acentuadas sobre a visibilidade de parada e de cruzamento. Conforme destaca o Manual de Projeto de Interseções do DINT (IPR, 2005), a escolha adequada do local de interseções deve respeitar parâmetros mínimos de visibilidade, especialmente em vias com velocidades operacionais elevadas. Nesse sentido, é relevante destacar que a MA-140 foi projetada para um tráfego com velocidade máxima de 60 km/h (SINFRA, 2013), o que reforça a necessidade de condições geométricas que assegurem a visibilidade adequada para manobras seguras.

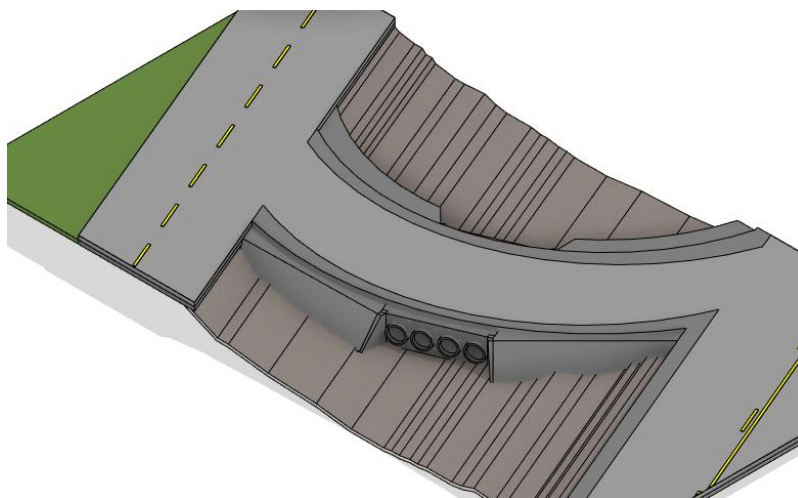
A solução proposta contempla o redimensionamento geométrico da via, com adequações no alinhamento horizontal e ajustes na largura das faixas de rolamento e nas áreas de desaceleração. Além das melhorias geométricas e estruturais, podem ser implementados sistemas completos de sinalização horizontal e vertical, em conformidade com os manuais técnicos do DNIT e as diretrizes do Código de Trânsito Brasileiro (CTB). Isso inclui a instalação de placas de advertência, regulamentação e indicação, bem como a demarcação de faixas de rolamento, linhas de bordo, setas direcionais e áreas de conflito, de forma a promover a orientação clara dos usuários e reforçar a segurança viária. Paralelamente, podem ser implantados um Bueiro Tubular de Concreto (BQTC), com o objetivo de assegurar o escoamento eficiente das águas pluviais ao longo do trecho de acesso devido ao desnível acentuado dentro da vala existente conforme indicado na Figura 15 e 16

Figura 15 - Projeto Proposto De Acesso Com Implantação Do Bueiro Quádruplo Tubular De Concreto (Bqtc)



Fonte: Autor, 2025

Figura 16 - Bueiro Quádruplo Tubular De Concreto (Bqtc)



Fonte: Autor, 2025

Essa intervenção é essencial para prevenir alagamentos recorrentes e evitar a obstrução do fluxo d'água, especialmente em períodos de chuvas intensas. A necessidade da estrutura de drenagem foi evidenciada pela presença de uma vala transversal no local, que representa um ponto crítico Figura 17. De acordo com Pontes Filho (2013), a drenagem superficial deve ser tratada como elemento fundamental do projeto geométrico, sendo indispensável para garantir a estabilidade do corpo da estrada, a durabilidade do pavimento e a segurança dos usuários.

Figura 17 - Seção transversal da vala existente



Fonte: Autor, 2025

Considerando a natureza da via próxima a instituição de ensino com grande circulação de veículos leves e pesado o projeto prevê também a redução da velocidade no trecho de acesso, com base em regulamentações específicas para áreas escolares e similares. Segundo o Código de Trânsito Brasileiro (CTB, Art. 61, §2º), a autoridade de trânsito pode fixar limites inferiores aos padrões gerais, de acordo com as condições locais de circulação. O Manual de Sinalização Escolar DNIT/IPR-714 (2006) recomenda a velocidade máxima de 30 km/h a 40km/h em áreas

próximas a escolas, com apoio de sinalização vertical e dispositivos de moderação de tráfego como implantação de lombadas.

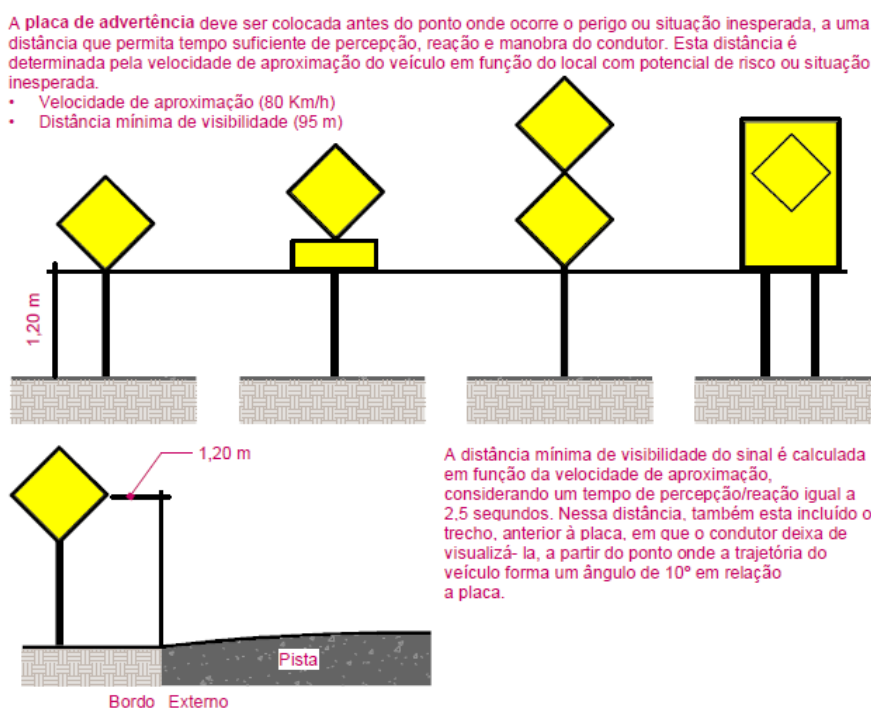
Para isso, podem ser implementados um sistema completo de sinalização horizontal e vertical em um raio de 400 metros a partir do novo acesso. A implantação de placas de advertência, como “Trânsito de Pedestres” (A-32a), e de regulamentação, como a R-19 (“Velocidade Máxima Permitida”) com o complemento “Em horário escolar”, visa aumentar a percepção dos condutores, melhorar a organização do fluxo e reduzir os pontos de conflito. Figura 18 e Figura 19. Como reforço à sinalização horizontal, podem ser realizadas a instalação de tachas refletivas do tipo plástico, com elementos retrorrefletivos na cor amarela, indicativa de separação de fluxos opostos além do uso de linhas zebreada (Figura 20).

Figura 18-Sinalização Vertical



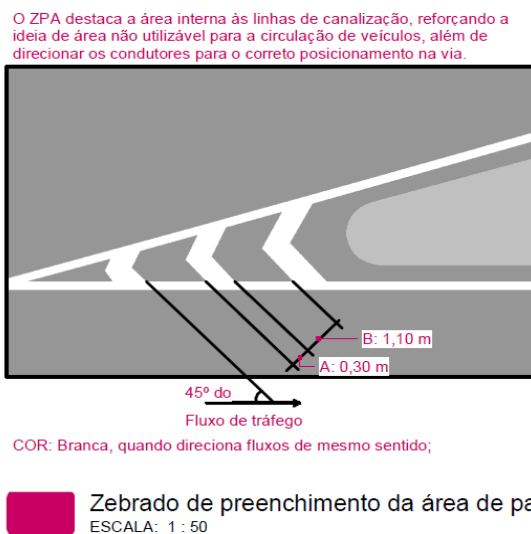
Fonte: Autor adaptado do manual de sinalização de obra e emergência em rodovias (IPR:738,2010)

Figura 19 - Posicionamento da placas



Fonte: Autor adaptado do manual de sinalização de obra e emergência em rodovias (IPR:738,2010)

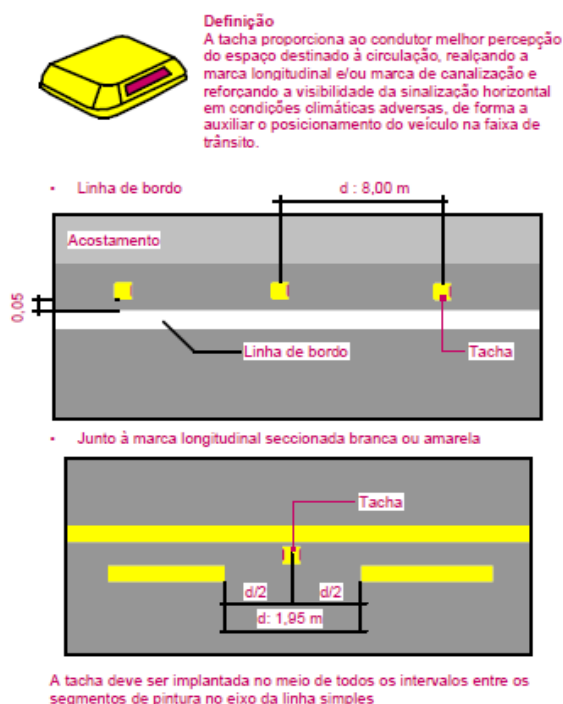
Figura 20 - Zebrado de preenchimento da área de pavimento não utilizável



Fonte: Autor adaptado do manual de sinalização de obra e emergência em rodovias (IPR:738,2010)

Essas tachas têm como principal finalidade a delimitação de faixas e bordos, aumentando a visibilidade da via, especialmente em condições adversas de luminosidade ou clima Figura 21. A aplicação segue os critérios estabelecidos pelo Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume IV (Dispositivos Auxiliares), que define os tipos, cores, espaçamentos e locais adequados para o uso desses dispositivos.

Figura 21 – Tacha em Linha De Bordo Junto e Marca Longitudinal

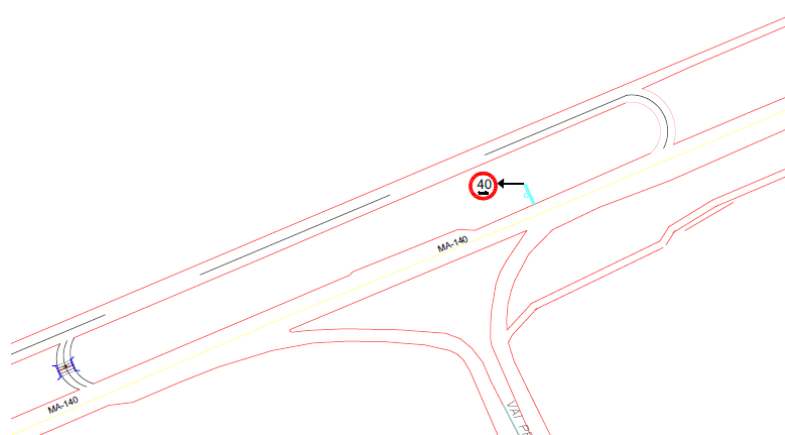


Fonte: Autor adaptado Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume IV (Dispositivos Auxiliares)

Cabe destacar que é vedada a aplicação transversal de tachas, tachões ou dispositivos similares, sendo sua utilização restrita à orientação longitudinal, sem função redutora de velocidade. Ainda em conformidade com o Manual de sinalização, o controle de velocidade, deve ser realizada a instalação de lombadas físicas visando garantir a efetiva redução de velocidade dos veículos nos pontos de trechos críticos próximos as entradas de acesso. A medida se alinha ainda à Resolução CONTRAN nº 965/2022, que regulamenta os volumes do Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito.

Com a implementação dessa alternativa, espera-se uma redução significativa dos conflitos identificados anteriormente, sobretudo aqueles relacionados à insuficiente distância de visibilidade, ao traçado inadequado e à drenagem deficiente. A solução foi dimensionada com base em critérios de desempenho viário, visando proporcionar maior conforto operacional, acessibilidade e segurança, a informações foram analisados e posta no projeto conforme apresentado na Figura 22.

Figura 22 - Trecho do projeto antecipação do acesso e sinalização horizontal e vertical



Fonte: Autor, 2025

Ademais, essa intervenção dialoga com os princípios da mobilidade urbana sustentável, ao promover acessos mais seguros e inclusivos, em conformidade com a Política Nacional de Mobilidade Urbana (Lei nº 12.587/2012) e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, especialmente o ODS 11, que preconiza cidades mais seguras, resilientes e acessíveis. Portanto, a antecipação do acesso ao campus da UFMA/Balsas, acompanhada da reestruturação geométrica, da drenagem eficiente e da sinalização completa com redução de velocidade, representa não apenas uma resposta técnica às demandas atuais da rodovia MA-

140, mas também um avanço estrutural na promoção de um ambiente urbano mais seguro e funcional para toda a comunidade.

6.4. Alternativa 3: acesso no acostamento

Diante das limitações encontradas na configuração atual de acesso ao campus da UFMA/Balsas, foi considerada como terceira alternativa a utilização do acostamento existente como solução de entrada e saída de veículos, por meio da ampliação e reforço estrutural dessa faixa. A proposta visa minimizar a interferência sobre a faixa de rolamento principal da rodovia MA-140, melhorando a fluidez e proporcionando maior segurança aos veículos que demandam acesso ao campus.

A geometria da via foi concebida para atender às recomendações técnicas de classe III, com o objetivo de garantir conforto e segurança aos usuários. Suas principais características operacionais incluem duas faixas de rolamento de 3,50 metros, acostamentos laterais de 2,00 metros, declividade transversal de 3% em segmentos retos (Pontes Filho, 2013). Contudo, a geometria atualmente em operação apresenta acostamentos com largura de apenas 0,90 metro, o que compromete significativamente as condições de segurança lateral e o espaço destinado à parada de emergência, além de dificultar a circulação segura de pedestres e ciclistas em trechos urbanos conforme ilustrado na Figura 23.

Figura 23 - Faixa de acostamento existente



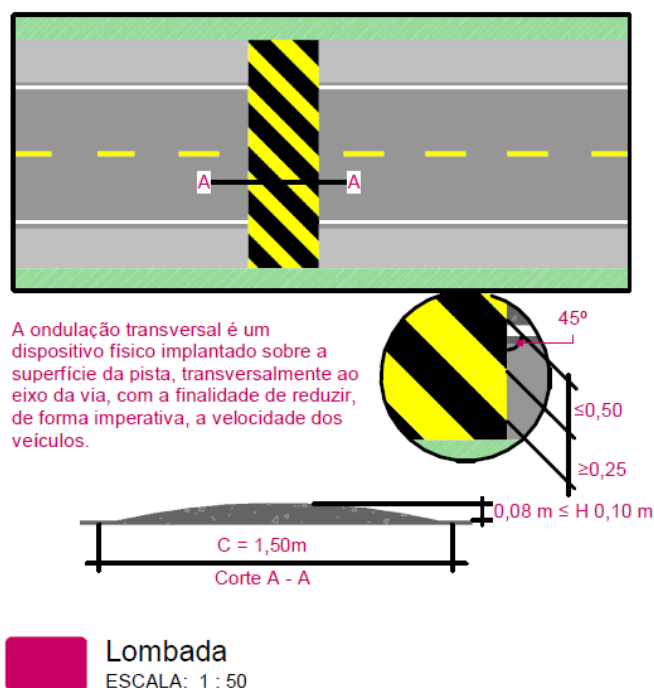
Fonte: Autor, 2025

A solução aqui proposta consiste na reconfiguração geométrica do acostamento no trecho anterior ao acesso ao campus da UFMA/Balsas, com reforço estrutural do pavimento e readequações na sinalização horizontal e vertical. Podem ser implantadas uma nova faixa de rolamento com 3,40 metros de largura ao longo de um trecho de 60 metros em frente à entrada da universidade. Para isso, o acostamento existente será reconfigurado de modo a se adequar à nova geometria da via. A principal finalidade dessa intervenção é proporcionar um acesso mais

seguro e eficiente ao campus, oferecendo espaço apropriado para manobras e minimizando interferências no fluxo contínuo de veículos na rodovia.

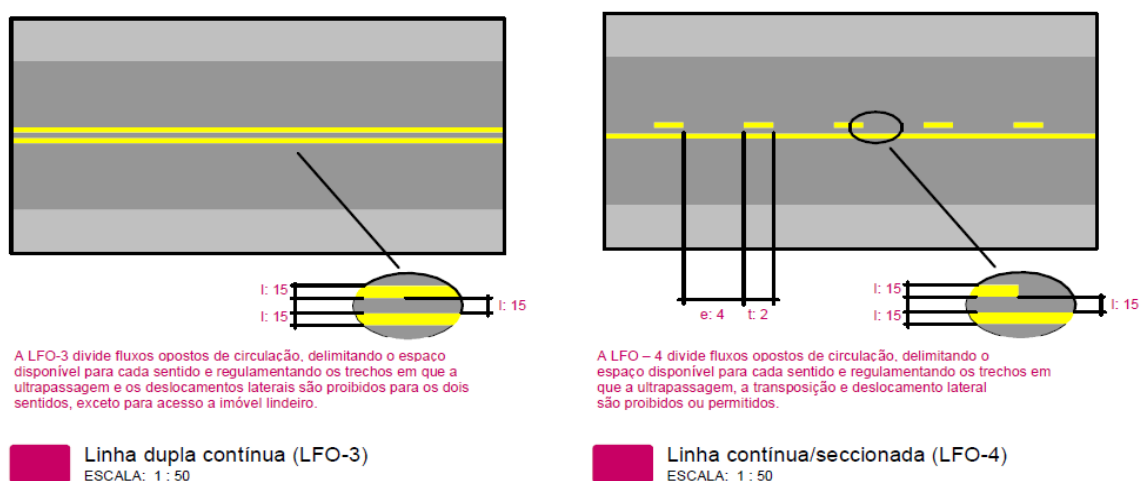
A proposta contempla também a realocação das placas de propaganda atualmente posicionadas nas proximidades do ponto de acesso, de forma a eliminar interferências visuais e ampliar a percepção dos condutores em trechos críticos de decisão. A sinalização horizontal incluirá faixas de bordo, marcações de guia e tachões refletivos Figuras 22, enquanto a sinalização vertical será composta por placas regulamentares R-19 (velocidade máxima) e placas de advertência A-33b (acesso à direita), em conformidade com a Resolução CONTRAN nº 965/2022 e os manuais técnicos do DNIT. Como dispositivo auxiliar de segurança viária, pode ser implantada também uma lombada física, com o objetivo de forçar a desaceleração, a lombada Figuras 24 e Figuras 25 contribui significativamente para a diminuição do de atropelamentos e colisões, ampliando a segurança dos usuários vulneráveis da via (Cunha, 2017).

Figura 24-Redutor de velocidade lombada



Fonte: Autor adaptado Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume IV (Dispositivos Auxiliares), 2025.

Figura 25 - Linha dupla contínua e linha contínua/seccionada

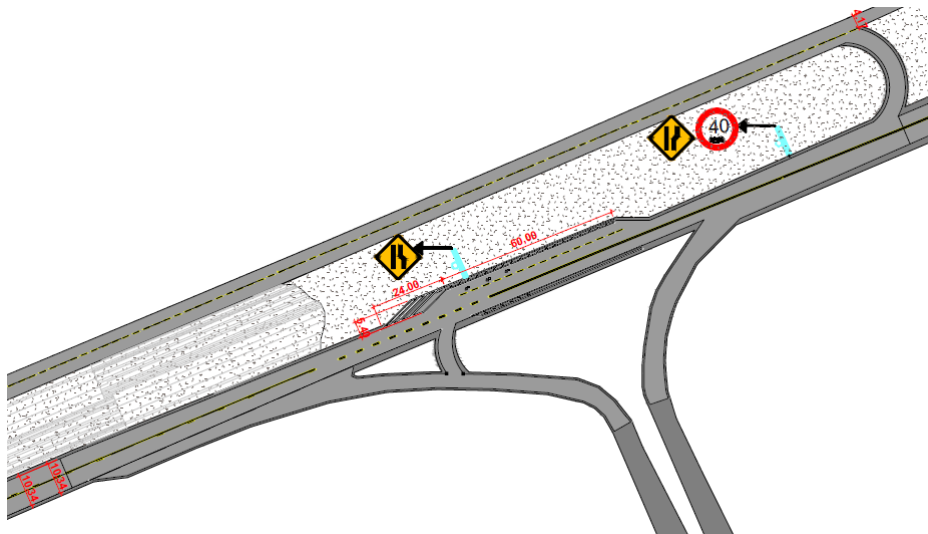


Fonte: Autor adaptado Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume IV (Dispositivos Auxiliares), 2025.

A visibilidade do ponto de acesso e a declividade da rampa de entrada podem ser ajustadas para manter a declividade transversal de 3%, assegurando conforto nas manobras e aderência às normas geométricas estabelecidas pelo DNIT (2005). Complementarmente, podem ser feitas a aplicação de malha de aço ancorada recoberta com chapisco de cimento ao longo das margens da via, com o objetivo de eliminar a vegetação densa que compromete a visibilidade dos condutores e de reduzir a ocorrência de queimadas provocadas por práticas irregulares da população vizinha.

Essa intervenção, além de ampliar a segurança operacional do acesso, contribui para a durabilidade da estrutura e a redução da necessidade de manutenções frequentes, sobretudo em períodos de estiagem prolongada. A faixa de domínio da rodovia, com 27 metros de largura, comporta tecnicamente a ampliação da seção transversal proposta, sem necessidade de desapropriações adicionais. As projeções e adequações geométricas estão ilustradas na Figura 26.

Figura 26 - Esquema proposto para acesso via acostamento com faixa de desaceleração



Fonte: Autor, 2025

Do ponto de vista técnico-econômico, a principal vantagem dessa alternativa está relacionada à simplicidade construtiva e ao menor custo de implantação quando comparada a soluções mais complexas, como interseções com canais, rotatórias ou elevações artificiais. No entanto, suas limitações incluem a menor capacidade de escoamento em horários de pico e a dependência de condutores reduzirem a velocidade de forma segura. Dada a proximidade com instituição de ensino, é recomendada a redução da velocidade no trecho para 40 km/h, em consonância com o Manual de Sinalização Escolar DNIT/IPR-714 (2006).

6.5. Análise das alternativas econômicas

Com o intuito de avaliar a viabilidade econômica da proposta de intervenção, foi elaborado um orçamento sintético fundamentado nos valores de referência disponibilizados pelo Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), ferramenta oficial utilizada para estimativas de custos em obras públicas. O SINAPI, conforme descrito por Mattos (2023), consiste em um sistema de levantamento de custos de insumos da construção civil, cuja aplicação nas composições cadastradas permite a geração de relatórios tanto para projetos padronizados quanto para obras não padronizadas, viabilizando o planejamento e a orçamentação detalhada de diversas tipologias de infraestrutura.

De acordo com o IBGE (2017), a definição dos custos ocorre a partir do conhecimento prévio dos materiais, suas respectivas quantidades, da mão de obra e do tempo necessário para execução. A base do SINAPI, no entanto, considera apenas os gastos com materiais e mão de

obra, não incluindo despesas com aquisição de terrenos, licenciamento, infraestrutura urbana ou demais custos indiretos.

Como ferramenta auxiliar à elaboração orçamentária, utilizou-se o software Orçafascio, considerado a maior plataforma nacional para orçamentos de obras públicas, por integrar mais de 85 mil composições e mais de 20 tabelas específicas. O sistema permite o planejamento e acompanhamento da obra em tempo real, mesmo em campo, e tem sido amplamente adotado por órgãos públicos e empresas de diversos portes (ORCAFASCIO, 2024).

Os principais custos previstos para a execução da alternativa proposta estão resumidos nas Tabelas 2, 3 e 4 demonstrada de forma completa nos apêndice, possibilitando uma análise preliminar da viabilidade financeira da intervenção frente aos recursos disponíveis.

Tabela 2 - Orçamento sintético alternativa 1

BANCO	Descrição	Valor total
SINAP	Serviço preliminar (administração local)	R\$ 50.411,88
SINAP	Meio fio	R\$ 5.357,10
SINAP	Sarjeta	R\$ 4.083,00
SINAP	Sinalização horizontal e vertical	R\$ 138.253,32
	Total sem BDI	R\$ 153.105,3
	Total geral	R\$ 203.001,38

Fonte: autor, 2025

Tabela 3 - Orçamento Sintético Alternativa 2

BANCO	Descrição	Valor total
SINAP	Serviço preliminar (administração local)	R\$ 61.411,88
SINAP	Serviço de terraplanagem	R\$ 8.538,60
SINAP	Execução de bueiro quadruplo tubular de concreto	R\$ 60.957,48
SINAP	Meio fio	R\$ 5.357,10
SINAP	Sarjeta	R\$ 4.083,00
SINAP	Sinalização horizontal e vertical	R\$ 138.253,32
	Total sem BDI	R\$ 221.992,02
	Total geral	R\$ 278.601,38

Fonte: Autor, 2025

Tabela 4- Orçamento Sintético Alternativa 3

BANCO	Descrição	Valor total
SINAP	Serviço preliminar (administração local)	R\$ 85.963,52
SINAP	Serviço de terraplanagem	R\$ 2.153,58
SINAP	Pavimentação	R\$ 2.153,58
SINAP	Urbanização e obras complementares	R\$ 4.854,50
SINAP	Sinalização horizontal e vertical	R\$ 63.620,35
	Total sem BDI	R\$ 155.396,93
	Total geral	R\$ 195,003,64

Fonte: Autor, 2025

Do ponto de vista econômico, os acidentes de trânsito representam um ônus significativo para a sociedade. De acordo com estimativas do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), o custo médio de um acidente fatal em rodovias brasileiras ultrapassa R\$ 566 mil, sendo a maior parte desse montante atribuída à perda de produtividade (43%) e aos danos materiais (30%). Esses valores refletem não apenas os gastos com atendimento médico, mas sobretudo os impactos econômicos decorrentes da morte de indivíduos em idade produtiva, considerando sua expectativa de vida e inserção socioeconômica. Conforme dados apresentados por Silva (2024), o custo médio de um acidente com vítima em rodovias é de aproximadamente R\$ 116 mil, enquanto, em áreas urbanas, esse valor pode chegar a R\$ 229 mil nos casos com óbito.

Com base nos orçamentos apresentados e na estimativa dos benefícios gerados por cada proposta, foi realizada uma análise comparativa dos indicadores de desempenho econômico para as três alternativas de intervenção. A Tabela 5 apresenta o resumo dos resultados obtidos para o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Índice Benefício-Custo (B/C), permitindo uma avaliação objetiva da atratividade de cada alternativa.

Tabela 5 - Resumo Comparativo Da Análise Econômica

Alternativas	VPL(R\$)	TIR(%)	Índice(B/C)
Alternativa 1	R\$ 104.226,98	20,96%	1,51
Alternativa 2	R\$ 90.072,65	17,09%	1,32
Alternativas 3	R\$ 142.947,55	25,23%	1,73

Fonte: Autor, 2025

Mesmo com a elevação da taxa de desconto para 10%, considerada mais conservadora e próxima à Taxa Mínima de Atratividade (TMA) adotada em estudos públicos de viabilidade, a Alternativa 3 mantém-se como a opção mais vantajosa sob a ótica da análise econômica. Essa robustez é demonstrada pelo desempenho superior nos três principais indicadores avaliados:

Em primeiro lugar, o Valor Presente Líquido (VPL) da Alternativa 3 foi estimado em R\$ 142.947,55, o maior entre as alternativas. Esse valor positivo expressa o excedente econômico gerado pela proposta ao longo do ciclo de vida analisado, mesmo após o desconto de todos os fluxos de benefícios futuros a valor presente. Isso significa que o projeto não apenas recupera o investimento inicial, mas também gera um retorno líquido adicional significativo para a sociedade.

Além disso, a proposta apresenta a maior Taxa Interna de Retorno (TIR), estimada em 25,23%, valor consideravelmente superior à TMA de 10%. Esse resultado confirma que o retorno percentual anual gerado pelos benefícios do projeto supera com folga o custo de oportunidade do capital, o que justifica economicamente a sua implantação.

Por fim, o Índice Benefício-Custo (B/C) calculado para essa alternativa foi de 1,73, indicando que, para cada real investido, há um retorno de R\$ 1,73 em benefícios econômicos ao longo do tempo. Esse indicador reforça a eficiência alocativa do investimento e atesta a atratividade da alternativa quando comparada às demais.

Portanto, mesmo diante de um cenário mais exigente de avaliação, a Alternativa 3 revela-se economicamente robusta, demonstrando resiliência aos efeitos de variação na taxa de desconto e consolidando-se como a solução mais eficiente em termos de custo-benefício. Essa consistência nos resultados contribui para fortalecer a justificativa técnica de sua adoção, alinhando-se aos princípios de racionalidade econômica e sustentabilidade na alocação de recursos públicos.

7. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A análise das condições operacionais e de segurança do trecho da rodovia MA-140, no acesso ao Campus da Universidade Federal do Maranhão em Balsas, evidenciou a presença de diversos fatores críticos que comprometem tanto a fluidez do tráfego quanto a integridade física dos usuários. Os impactos recaem principalmente sobre pedestres e condutores de motocicletas, os quais estão mais expostos às deficiências do traçado e à falta de infraestrutura adequada. Diante desse cenário, foram propostas e avaliadas três alternativas de intervenção, considerando critérios de viabilidade técnica, segurança, custo de implantação e efetividade na mitigação de riscos.

A Alternativa 1, que prevê a recuperação da entrada existente, revelou-se insuficiente frente à complexidade dos problemas detectados. Entre os principais entraves estão a visibilidade comprometida por um perfil convexo e vegetação marginal densa, a ausência de sinalização vertical e horizontal conforme destaca o Manual de Sinalização Rodoviária (IPR-743, 2010) e uma geometria ineficiente para o cruzamento seguro de veículos. Ainda que inclua ações pontuais como poda da vegetação e nova pintura de faixas, essa solução é considerada paliativa. Segundo o Guia de Redução de Acidentes com Medidas de Engenharia de Baixo Custo (IPR-703, 1998), intervenções superficiais tendem a apresentar eficácia limitada e, no longo prazo, custos acumulados superiores em comparação a soluções estruturais definitivas.

A Alternativa 2, por sua vez, propõe a criação de um novo ponto de acesso em local mais favorável do traçado da rodovia. Essa proposta apresenta ganhos significativos do ponto de vista técnico, com melhor visibilidade, drenagem e geometria. Entretanto, os custos de implantação são substancialmente mais elevados, especialmente em razão da necessidade de construção de novas estruturas de drenagem como o bueiro quádruplo tubular de concreto e de adequações no perfil longitudinal, além de possíveis desapropriações indiretas de terrenos vizinhos. O orçamento estimado da proposta, baseado na Tabela de Composições de Custos do SINAPI, totaliza R\$ 278.601,38. Embora essa alternativa ofereça boa performance técnica, sua viabilidade imediata é limitada pelas restrições orçamentárias do setor público.

Neste contexto, destaca-se a Alternativa 3: Acesso no Acostamento, a qual se apresenta como a opção mais equilibrada ao considerar simultaneamente os aspectos de segurança viária, funcionalidade operacional e viabilidade econômica. A proposta consiste no aproveitamento da largura de 2,00 metros do acostamento existente valor compatível com os parâmetros para rodovias de Classe III com velocidade diretriz de 60 km/h, conforme o Manual de Projeto

Geométrico de Rodovias (IPR-732, 2006) para a criação de uma faixa de desaceleração conectada ao ponto de acesso. Esse dispositivo será reforçado estruturalmente para suportar o peso de veículos em desaceleração ou em espera de cruzamento, conforme as diretrizes do Manual de Projeto de Interseções (IPR-718, 2005).

Do ponto de vista técnico, a proposta contempla um comprimento de 60 metros para a faixa de desaceleração, em consonância com as exigências do Manual de Projeto Geométrico (IPR-718, 2005), bem como declividade transversal de 3%, que favorece o conforto e a previsibilidade das manobras. A visibilidade do ponto de acesso será melhorada com a supressão da vegetação marginal e reposicionamento da sinalização vertical de advertência, conforme as normas do IPR-743 (2010). Também será implementado um sistema de drenagem superficial para evitar o acúmulo de águas pluviais, com base nas recomendações do DNIT (IPR-732, 2006), garantindo a durabilidade do pavimento e a estabilidade da plataforma.

A adequação do projeto à faixa de domínio — com 60 metros de largura — elimina a necessidade de desapropriações, o que representa um ganho importante em termos de agilidade, legalidade e economia no processo de implantação. A sinalização vertical e horizontal será integralmente revista, com inclusão de placas de advertência (A-33b – “entrada e saída de veículos”) e regulamentação de velocidade (R-19 – “velocidade máxima permitida”), podendo ser complementadas com restrições horárias conforme a Resolução CONTRAN nº 965/2022. A segurança da faixa de desaceleração será reforçada com tachões, pintura antideslizante e faixas zebreadas, seguindo as boas práticas recomendadas pelo DNIT para zonas de conflito envolvendo pedestres.

Outro dado importante para a escolha da solução mais adequada é o volume médio diário (VMD) da rodovia, estimado em 563 veículos por dia, conforme levantamento de campo. Esse valor se enquadra no intervalo de 300 a 700 veículos/dia característico de rodovias de Classe III (DNIT, 2013), o que reforça a compatibilidade da solução por acesso lateral com faixa de desaceleração. O Manual de Interseções em Nível (IPR-718, 2005) destaca que, em vias com tráfego moderado, soluções simples e bem sinalizadas são eficazes na redução de conflitos, sobretudo colisões laterais e traseiras.

Por fim, cumpre destacar que a Alternativa 3 alinha-se aos princípios da segurança viária e da mobilidade sustentável, conforme previsto na Política Nacional de Mobilidade Urbana (Lei n.º 12.587/2012) e nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU (ODS 11), que preveem cidades mais seguras, acessíveis e inclusivas. A intervenção proposta oferece um

ambiente viário mais seguro para todos os usuários — com atenção especial a pedestres, ciclistas e transporte coletivo — promovendo acessibilidade e inclusão.

Para complementar a análise, a Tabela 5 apresenta uma comparação sintética entre as três alternativas estudadas, considerando critérios técnicos, operacionais, legais e econômicos. Essa sistematização contribui para uma visualização objetiva das vantagens e limitações de cada proposta.

Dessa forma, a análise integrada evidencia que a Alternativa 3 se sobressai como a mais viável e estratégica dentro do atual contexto orçamentário e institucional, oferecendo uma solução técnica eficiente, segura e economicamente exequível para o acesso ao campus universitário.

8. CONCLUSÕES

O presente trabalho teve como objetivo principal desenvolver uma proposta técnica e economicamente viável para a requalificação do acesso principal ao campus da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), em Balsas (MA), com foco na otimização das interseções viárias em nível, visando a melhoria da segurança, da fluidez do tráfego e da acessibilidade universal. Para alcançar esse fim, foram definidos cinco objetivos específicos que orientaram as etapas do estudo e cujos resultados são sintetizados a seguir.

Foi realizado um diagnóstico detalhado das condições atuais das interseções em nível que compõem o acesso ao campus. Essa análise abrangeu aspectos como geometria da via, sinalização, volume e comportamento do tráfego, além das condições de acessibilidade. Os dados coletados revelaram uma série de fragilidades, incluindo geometria inadequada com perfil convexo que compromete a visibilidade, sinalização horizontal desgastada e ausência de sinalização vertical, presença de obstáculos visuais (como placas publicitárias e vegetação densa), deficiência no sistema de drenagem e ausência de elementos de moderação de tráfego em área de circulação escolar.

Com base nesse levantamento, foram identificados os principais pontos críticos que comprometem a segurança, a fluidez do tráfego e a acessibilidade. Destacam-se a insuficiência da distância de visibilidade de parada exigida para a velocidade regulamentar da via, a ocupação inadequada do acostamento, a ausência de sinalização adequada para pedestres e condutores, e a falta de dispositivos que garantam a travessia segura. Esses fatores, somados, resultam em um ambiente viário hostil, especialmente para os usuários mais vulneráveis, como ciclistas, pedestres e estudantes.

Após análise previa, foram elaborados três alternativas de requalificação das interseções, todas baseadas em normas técnicas consolidadas, como os manuais do DNIT e o Código de Trânsito Brasileiro (CTB), e orientadas pelos princípios da mobilidade urbana sustentável. A primeira alternativa consistiu na recuperação pontual da entrada existente, com melhorias superficiais; a segunda propôs a antecipação do acesso principal para um ponto geométrica e topograficamente mais favorável; e a terceira sugeriu a ampliação e reforço estrutural do acostamento como faixa de desaceleração exclusiva para entrada e saída de veículos no campus.

Essas alternativas foram, então, submetidas a uma análise de viabilidade técnica, operacional e econômica, com base em orçamentos elaborados segundo os valores do Sistema

Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), complementados por simulações de desempenho e critérios de engenharia econômica (VPL, TIR e B/C). A Alternativa 1, apesar do menor custo, mostrou-se limitada em eficácia. A Alternativa 2, embora tecnicamente eficiente, apresentou custo elevado e maior complexidade de execução. A Alternativa 3 destacou-se como a mais equilibrada, reunindo baixo custo de implantação, boa performance operacional e impacto positivo na segurança viária.

Por fim, a pesquisa possibilitou a seleção da alternativa mais adequada para o contexto urbano local. A Alternativa 3 foi escolhida como solução prioritária, e um anteprojeto conceitual foi apresentado, contendo diretrizes técnicas, estimativas de custo e detalhamento das intervenções propostas. O projeto contempla a criação de faixa de desaceleração no acostamento, melhorias na drenagem, sinalização completa (vertical e horizontal), reconfiguração da geometria da entrada, implantação de dispositivos de moderação de tráfego e uso de técnicas de controle de vegetação. A solução dispensa desapropriações e respeita os limites da faixa de domínio da rodovia, otimizando recursos e facilitando a implementação por parte do poder público.

Conclui-se, portanto, que o trabalho atendeu de forma satisfatória a todos os objetivos propostos, contribuindo tecnicamente para a qualificação do acesso à UFMA/Balsas e oferecendo subsídios concretos para a tomada de decisão no âmbito da gestão urbana e da infraestrutura viária. A proposta selecionada promove um ambiente mais seguro, acessível e eficiente, alinhado aos princípios da Política Nacional de Mobilidade Urbana (Lei nº 12.587/2012) e aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), em especial o ODS 11, que propugna por cidades mais inclusivas, seguras e sustentáveis.

9. REFERÊNCIAS

- ALHO, A.; SILVA, C.; VASCONCELOS, L. Aplicação de técnicas de inteligência artificial na modelagem de tráfego urbano. **Transportes**, v. 26, n. 2, p. 15-29, 2018.
- ARAÚJO, J. J.; SETTI, J. R. Operational characterization of tollbooths in the state of São Paulo. **Transportation**, v. 14, n. 1, p. 33-44, 2006.
- ARAÚJO, J. S.; BARROS, R. M. Infraestrutura urbana para pedestres: avaliação e desafios em cidades brasileiras. **Revista de Transportes Urbanos**, v. 15, n. 2, p. 123–140, 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9050**: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro, 2020.
- BALDINI, E. V.; CORSO, M. H.; DA SILVA, K. N.; FACCHI, C. C. Diagnóstico e prognóstico da sinalização viária em frente à escola Henrique Guellere. **Iguazu Science**, São Miguel do Iguaçu, v. 2, n. 6, p. 70–73, dez. 2024.
- BELL, M. G. H.; IIDA, Y. **Transportation Network Analysis**. Chichester: Wiley, 1997.
- BITTENCOURT, D. M.; SANTOS, L. H.; OLIVEIRA, R. M. Gestão da sinalização viária: desafios e estratégias para municípios brasileiros. **Revista Brasileira de Engenharia de Tráfego**, v. 7, n. 2, p. 25–40, 2023.
- BITTENCOURT, I. I. Educação a distância e a engenharia: uma análise das tecnologias e das metodologias. COBENGE, 2002.
- BOARDMAN, A. E. et al. Cost-benefit analysis: concepts and practice. **Cambridge University Press**. Cambridge, 2017.
- BONDUKI, N. G. Ocupação desigual e suas formas de resistência. **Boitempo Editorial**. São Paulo, 2014.
- BRASIL. Ministério da Justiça e Segurança Pública. Polícia Rodoviária Federal. **Acidentes Rodoviários no Brasil: Dados 2022**. Brasília, 2023.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM)**. Ministério da Saúde. Brasília, 2022.
- BUTTON, K. J. Transport economics. 3. ed. **Edward Elgar Publishing**. Cheltenham, 2010.
- CARMO, C. L. do. **Segurança viária em trechos urbanos de rodovias federais**. 2019. Tese (Doutorado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2019.
- CARVALHO, L. O. **Acidentes com pedestres em cidades de pequeno porte: uma análise geoespacial em Cachoeira do Sul/RS**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Cachoeira do Sul, 2020.

CUNHA, IVAIR. **A influência do controle de velocidade na redução de acidentes**, 2017.

DEL RIO, P.; HOWARTH, R. B. Integrating non-economic values into cost-effectiveness analysis: Renewable energy policy and climate change. **Ecological Economics**, v. 87, p. 16-23, 2013.

DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito. **Estatísticas do trânsito brasileiro**. Ministério da Infraestrutura. Brasília, 2022.

DIÁRIO SUL MARANHENSE. **Acidente grave na MA-140 deixa duas vítimas fatais**. Balsas, 2023.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - **DNIT**. Manual de Identificação e Análise de Trechos Críticos. Brasília, 2010.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - **DNIT**. DNIT dá dicas de segurança no trânsito. Brasília, 26 maio 2022.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - **DNIT**. Guia de Redução de Acidentes. Brasília: DNIT, 1998.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - **DNIT**. Manual de Projeto de Interseções em Nível. Brasília: DNIT, 2005.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - **DNIT**. Metodologia para Tratamento de Acidentes de Tráfego em Rodovias. Brasília: DNIT, 2006.

DUDA, K.; SIERPIŃSKI, G.. Traffic organisation problems at non-signalised intersections–case studies of visibility distance and ‘GIVE WAY’and ‘STOP’road signs. *Zeszyty Naukowe. Transport/Politechnika Śląska*, n. 102, p. 41-52, 2019.

ELVIK, R. et al. O Manual de Medidas de Segurança Viária. **Fundação MAPFRE**. Madrid, Espanha, 2015.

EUROPEAN ROAD ASSESSMENT PROGRAMME (EuroRAP). Roads that can be driven safely: **Annual Road Risk Report**. 2020.

FAUVEL, C. J. Tecnologias para a Segurança Viária: Aplicações e Desafios. **Editora Técnica**. São Paulo, 2015.

FEDER, M. Plano de Segurança Viária Sustentável de Porto Alegre. **Revista Escola**. v. 2, n. 2, p. 15–17. Porto Alegre, 2023.

FERRAZ, C. E.; TORRES, M. M. et al. Segurança no trânsito: engenharia, educação e fiscalização. **IPT**. São Paulo, 2012.

FERREIRA, L. C.; GOMES, R. A.; MARTINS, L. A. Segurança no trânsito e saúde pública: desafios e perspectivas. **Revista Brasileira de Saúde Urbana**, v. 10, n. 2, p. 45–58, 2020.

FERREIRA, S. S.; OLIVEIRA, M. C. A influência da infraestrutura urbana na segurança viária. **Revista Transportes**, v. 30, n. 1, p. 89–102, 2022.

FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION RESEARCH AND TECHNOLOGY - **FHWA**. U.S. Department of Transportation, 2017.

FREITAS, A. C. et al. Educação para o trânsito: impactos e perspectivas. **Revista Brasileira de Segurança Viária**, v. 4, n. 1, p. 45–60, 2019.

GARCEZ, L. C. Engenharia de tráfego. **LTC**, 2. ed. Rio de Janeiro, 2012.

GEHL, Jan. Cidades para pessoas. **Perspectiva**. São Paulo, 2013.

GEURS, K. T.; VAN WEE, B. Backcasting as a tool for sustainable transport policy making: the environment versus safety and mobility. **Transportation Research Part D**, v. 9, n. 4, p. 281-290, 2004.

GITMAN, L. J.; ZUTTER, C. J. Principles of managerial finance..**Pearson Education** 13. ed. Boston, 2012.

GOMIDE, A.; PEREIRA, R. H. M.; ROSA, B. Sistemas Inteligentes de Transporte no Brasil: oportunidades e desafios. **Revista Transporte e Desenvolvimento**, v. 8, n. 1, 2020.

GUTTOSKI LEMOS, F. H.; BITTENCOURT, I. M.; PEIXOTO, L. Políticas públicas de redução dos acidentes de trânsito: análise multivariada na BR-101 em Alagoas. **Revista de Políticas Públicas**, v. 23, n. 1, p. 191-211, São Luís, 2019.

HARVEY, D. Cidades rebeldes: do direito à cidade à revolução urbana. **Boitempo Editorial**. São Paulo, 2014.

HOEL, L. A.; GARBER, N. J.; SADEK, A. W. Traffic and Highway Engineering. **Cengage Learning**, 4. ed. Stamford, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA - **IBGE**. Estatísticas de Participação Social no Planejamento Urbano Brasileiro. Rio de Janeiro, 2020.

INTERNATIONAL TRANSPORT FORUM (ITF). Road Safety Annual Report 2016. **OECD Publishing**. Paris, 2016.

INTERNATIONAL TRANSPORT FORUM - ITF. Zero Road Deaths and Serious Injuries: Leading a Paradigm Shift to a Safe System. **OECD Publishing**. Paris, 2016.

JUNIOR, A. F. et al. Acessibilidade Urbana e Inclusão Social: Uma abordagem crítica. **Revista Transportes**, v. 28, n. 2, 2020.

KHAN, R.; REHMAN, M.; ZUBAIR, M. Intelligent Traffic Management System Using Wireless Sensors. **International Journal of Computer Applications**, v. 59, n. 2, 2012.

KIM, K.; YAMASHITA, E. Motor vehicle crashes and land use: empirical analysis from Hawaii. **Transportation Research Record**, v. 1784, n. 1, p. 73–79, 2002.

LEVINE, Ned; KIM, Karl E.; NITZ, Lawrence H. Spatial analysis of Honolulu motor vehicle crashes: I. Spatial patterns. **Accident Analysis & Prevention**, v. 27, n. 5, p. 663–674, 1995.

LIMA, F. M.; FONSECA, C. C. Acidentes de trânsito em idosos: uma revisão sistemática. **Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia**, v. 20, n. 3, p. 489–502, 2017.

LITMAN, T. Transportation Cost and Benefit Analysis. **Victoria Transport Policy Institute**, 2021.

LITMAN, Todd. Evaluating Transportation Equity. **Victoria Transport Policy Institute**, 2021.

LOBJOIS, R.; CAVALLO, V. Age-related differences in street-crossing decision: The effects of vehicle speed and time constraints on gap selection in an estimation task. **Accident Analysis & Prevention**, v. 39, p. 934–943, 2007.

MACKIE, P.; WORSLEY, T. International comparison of transport appraisal practice. **Department for Transport**. London, 2013.

MAHMOD, M. et al. Modeling traffic emission impacts in urban areas using microsimulation. **Transportation Research Board**, 2011.

MARTINEZ, F. J.; VIEGAS, J. M. **Transport infrastructure investment: towards a service-oriented approach**. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2009.

MARTINS, R. A.; SILVA, T. M. Motociclistas e segurança no trânsito: análise das condições brasileiras. **Transportes em Revista**, v. 22, n. 3, p. 67–85, 2020.

MELO, H. P. Avaliação de projetos sociais e ambientais. **Editora FGV**, Rio de Janeiro, 2016.

MELO, T. M. et al. Avaliação multicritério na engenharia de tráfego: aplicação do AHP em projetos urbanos. **Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada**, v. 7, n. 3, 2022.

MENESES, F. A. B. **Análise e Tratamento de Trechos Rodoviários Críticos em Ambientes de Grandes Centros Urbanos**. 251 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2001.

MISHAN, E. J.; QUAH, E. **Cost-Benefit Analysis**. 6. ed. Londres: Routledge, 2020.

NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING, AND MEDICINE. ***Long-term vegetation management strategies for roadsides and roadside appurtenances***. Washington, DC: The National Academies Press, 2023.

NEWBERY, D. M. Pricing and congestion: economic principles relevant to pricing roads. **Oxford Review of Economic Policy**, v. 6, n. 2, p. 22–38, summer 1990.

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA. **Observatório divulga relatório anual 2020.**

OECD – ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Road Safety Annual Report.** Paris, 2020.

OLIVEIRA, D. F. et al. Iluminação pública e segurança viária: uma análise das cidades brasileiras. **Revista de Engenharia Urbana**, v. 11, n. 1, p. 55–70, 2021.

ONU. **Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development.** New York, 2015.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **Estimated number of road traffic deaths.** OMS, 2021.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **Global plan for the Decade of Action for Road Safety 2021–2030.** Genebra: OMS, 2021.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **Global Status Report On Road Safety 2018.** Geneva, 2018.

ORTÚZAR, J. D.; WILLUMSEN, L. G. **Modelos de transporte: planejamento, engenharia e economia.** 4. ed. Rio de Janeiro: Bookman, 2011.

PAIXÃO, R. et al. Estratégias de segurança viária em zonas escolares. **Revista Brasileira de Engenharia de Tráfego**, v. 2, n. 1, p. 1-15, 2019.

PAPADIMITRIOU, E. et al. **Review and ranking of crash risk factors in Europe. Accident Analysis & Prevention**, v. 132, p. 105–119, 2019.

PAPON, Francis; DE LAUZUN, Jacques. Bicycle use and urban form: the role of infrastructure in increasing ridership. **European Journal of Transport and Infrastructure Research**, v. 15, n. 2, 2015.

PARKER, M. R.; YANG, J. S. Implementation of In-Pavement Flashing Lights: Safety Effects and Recommendations. **Transportation Research Record**, n. 2458, p. 12–19, 2014.

PEDEN, M., et. al. **World report on road traffic injury prevention.** Geneva: World Health Organization, 2004. 217 p.

PEREIRA, L. C. et al. Vulnerabilidade demográfica e acidentes de trânsito: fatores de risco em idosos. **Revista de Saúde Pública**, v. 52, p. 1–10, 2018.

PEREIRA, M. G.; COSTA, H. F. Métodos multicritério na análise de transportes: aplicação prática. **Revista Gestão & Conexões**, v. 11, n. 1, 2021.

PEREIRA, R. H. M.; SCHWANEN, T. Travel time poverty: concept, measurement and policy implications. **Transportation Research Part A**, v. 77, p. 177–190, 2015.

PETERSEN, M.; ANDERSON, K. Infraestrutura segregada para ciclistas e motociclistas: impactos na segurança viária. **Journal of Transport and Safety**, v. 8, n. 4, p. 210–225, 2020.

PONTES FILHO, G. **Projeto geométrico de rodovias**. 2. ed. Uberaba: Universidade de Uberaba, 2013. 444 p.

ROESS, R. P.; PRASSAS, E. S.; MCSHANE, W. R. **Traffic engineering**. 4. ed. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall, 2011.

ROZADO, D.; GIL, R.; PAEZ, M. Design factors that influence the visual recognition of traffic signs. **Applied Ergonomics**, v. 45, n. 5, p. 1367–1374, 2014.

SAATY, T. L. Decision making with the analytic hierarchy process. International **Journal of Services Sciences**, v. 1, n. 1, p. 83–98, 2008.

SCHINEMANN FILHO, J. G. **Análise de tráfego automotivo e suas implicações: estudo de caso na Avenida Manoel Ribas em Guarapuava–PR**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Guarapuava, 2019.

SIEW, R.; BALATBAT, M. Sustainability in infrastructure project planning: A life-cycle cost analysis approach. **Journal of Infrastructure Systems**, v. 18, n. 2, p. 88-96, 2012.

SILVA, C. M. et al. **Cidades para Todos: Planejamento urbano e acessibilidade universal**. São Paulo: FGV, 2019.

SILVA, E. A. **Mobilidade urbana sustentável**. São Paulo: Oficina de Textos, 2016.

SILVA, M. R. **Fotogrametria aplicada em auditoria de segurança viária**. 2022. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 18 ago. 2022.

SOUZA, F. R.; PINHEIRO, L. C. Inteligência Artificial aplicada à Prevenção de Acidentes de Trânsito. **Revista Brasileira de Engenharia de Transportes**, v. 11, n. 3, p. 78–93, 2019.

SOUZA, R. C.; et al. Tendência da taxa de mortalidade por acidentes de trânsito entre motociclistas no estado de São Paulo, Brasil, de 2015 a 2020. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, São Paulo, v. 25, e220037, 2022.

TINGVALL, C. HAWORTH, N. **Vision Zero - An ethical approach to safety and mobility**. Monash University Accident Research Centre, 1999.

TISCHER, V. Acidentes de tráfego com pedestres e ciclistas: um estudo de caso do estado de Santa Catarina, Brasil. **Finisterra**, Lisboa, v. 54, n. 110, p. 115–134, 2019.

TRB - TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. **Highway Capacity Manual**. Washington, D.C.: National Academy of Sciences, 2016.

TROJAN, F. B. **Análise de viabilidade econômica da construção de uma nova ponte sobre o rio São Domingos**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso – UFRGS, 2020.

VASCONSELLOS, E. A. (1999). **Urban development and traffic accidents in Brazil. Accident Analysis and Prevention** 31, 1999. p. 319 – 328.

VELAZQUEZ, F. L.; et al. Avaliação da segurança viária pela percepção do cidadão francano: estudo de caso das principais avenidas, localizadas na cidade de Franca / SP. **Revista de Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo**, São Carlos, Brasil, v. 19, p. 1–18, 2021.

WANG, X. et al. Evaluation of pavement marking visibility under various conditions. *Journal of Transportation Engineering*, v. 139, n. 2, p. 147-157, 2013.

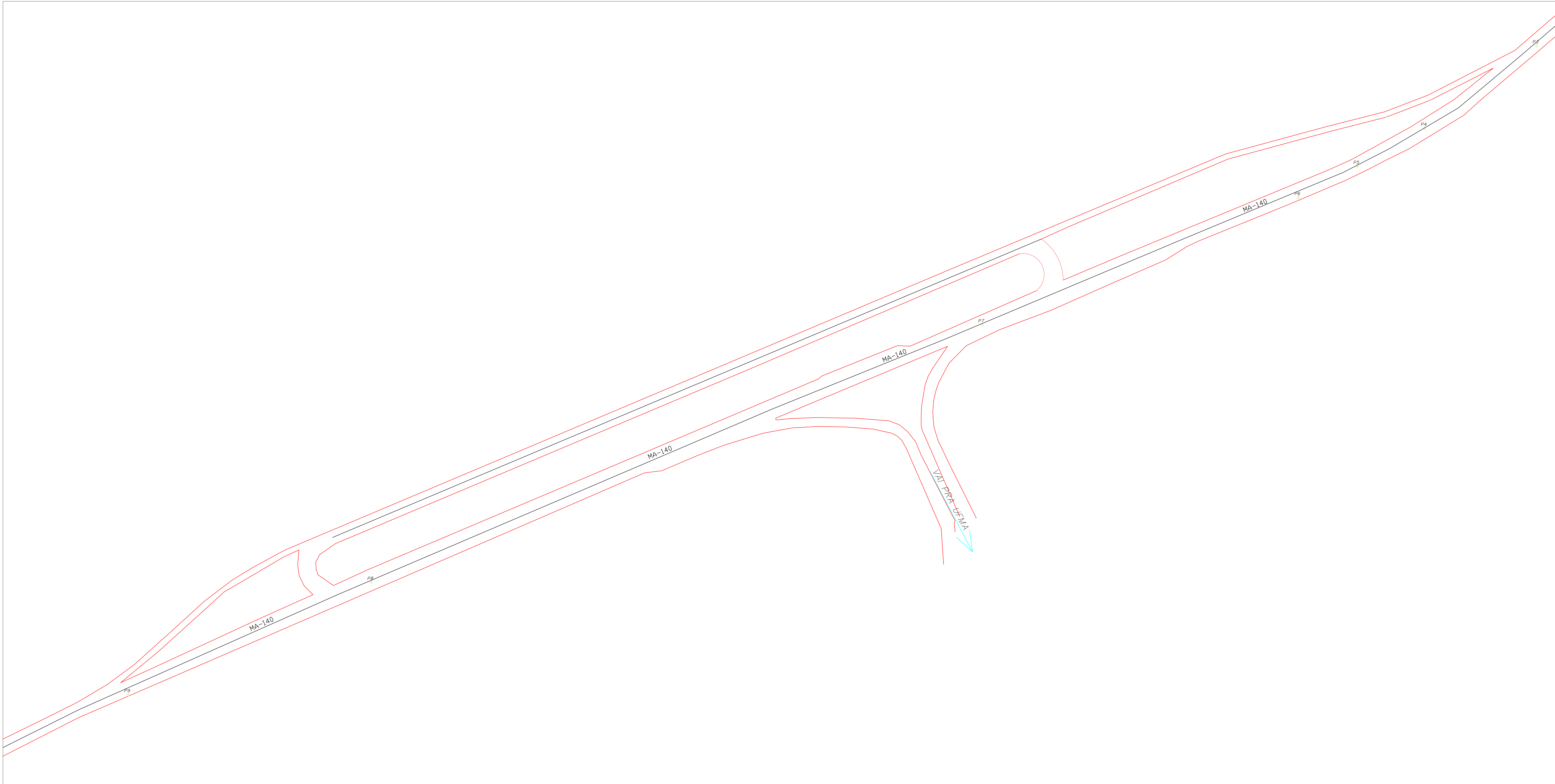
WEGMAN, F. et al. **Speed Management: A Road Safety Manual for Decision-makers and Practitioners**. Geneva: World Health Organization, 2017.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Global status report on road safety** 2018. Geneva: WHO, 2018.

ZHOU, X.; LI, Y.; MIAO, Y. Big Data for Urban Traffic Management: A Review. **IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems**, v. 17, n. 6, p. 1600-1616, 2016.

10. APÊNDICES

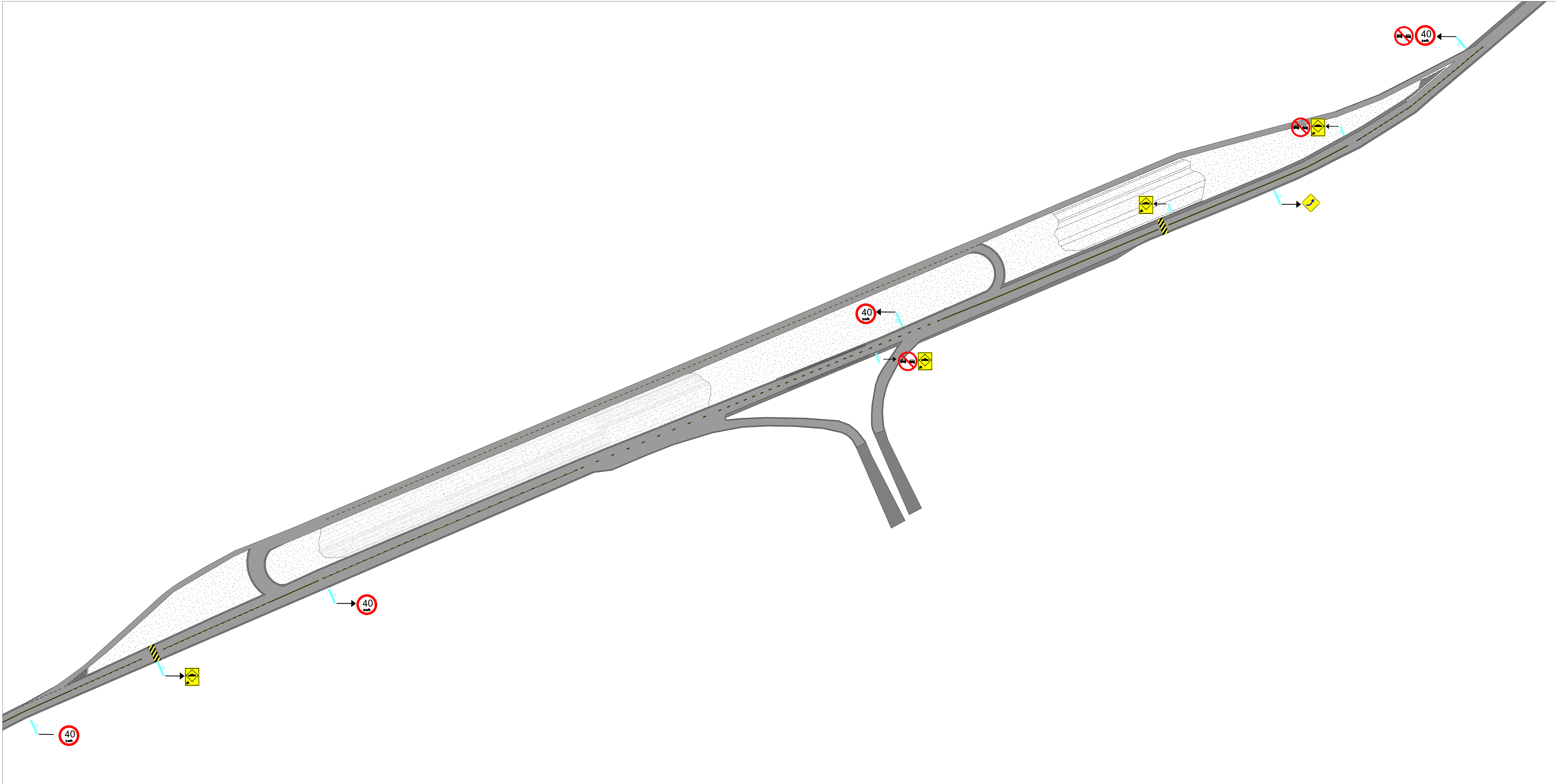
Apêndice A: Levantamento Topográfico – Planimetria



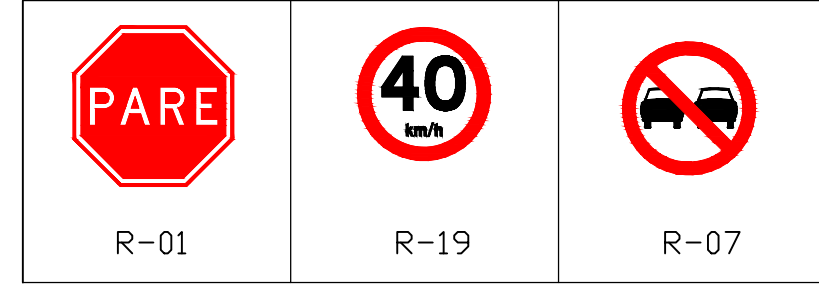
2 LEVANTAMENTO: ESTADO ATUAL
ESCALA: 1:1000

PONTO	C O O R D E N A D A S										OBSERVAÇÃO
	U T M			GEOGRÁFICAS		DECIMAIS					
	X	Y	Z	LONGITUDE	LATITUDE	LONGITUDE	LATITUDE				
1	380.536.69885143	9.165.570.48960710	295.623505	46° 4' 58.238" W	7° 32' 51.241" S	-46.082844	-7.547567				
2	380.539.68150321	9.165.569.05961410	296.787323	46° 4' 58.141" W	7° 32' 51.288" S	-46.082817	-7.547580				
3	380.346.99968429	9.165.404.93854330	295.556671	46° 5' 4.441" W	7° 32' 56.616" S	-46.084567	-7.549060				
4	380.274.75155386	9.165.351.57502820	294.246033	46° 5' 6.803" W	7° 32' 58.348" S	-46.085223	-7.549541				
5	380.231.11960842	9.165.326.92005830	293.071747	46° 5' 8.228" W	7° 32' 59.147" S	-46.085619	-7.549763				
6	380.192.99348414	9.165.306.70152350	293.683197	46° 5' 9.474" W	7° 32' 59.802" S	-46.085965	-7.549945				
7	379.986.41381435	9.165.224.48086570	291.537689	46° 5' 16.156" W	7° 33' 2.462" S	-46.087821	-7.550684				
8	379.593.27440807	9.165.057.86034500	294.105316	46° 5' 29.062" W	7° 33' 7.855" S	-46.091406	-7.552182				
9	379.436.00656678	9.164.985.26445150	297.808685	46° 5' 34.199" W	7° 33' 10.206" S	-46.092833	-7.552835				
10	379.172.29969935	9.164.854.90443250	293.427582	46° 5' 42.814" W	7° 33' 14.429" S	-46.095226	-7.554008				
ENTRADA E SAÍDA: DATUM SIRGAS2000 - GPS MAP 78SC (GARMIN) - Meridiano Central = -45 // Fuso UTM = 23											

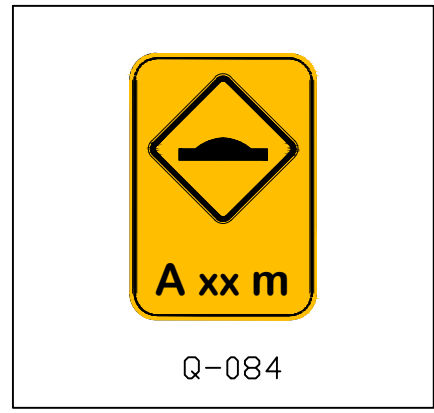
Apêndice B: Recuperação da situação existente



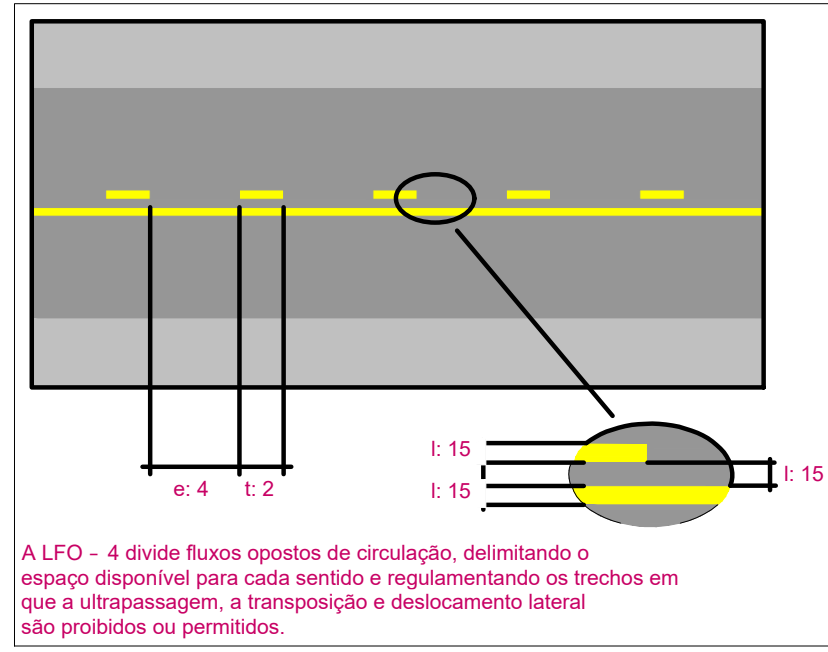
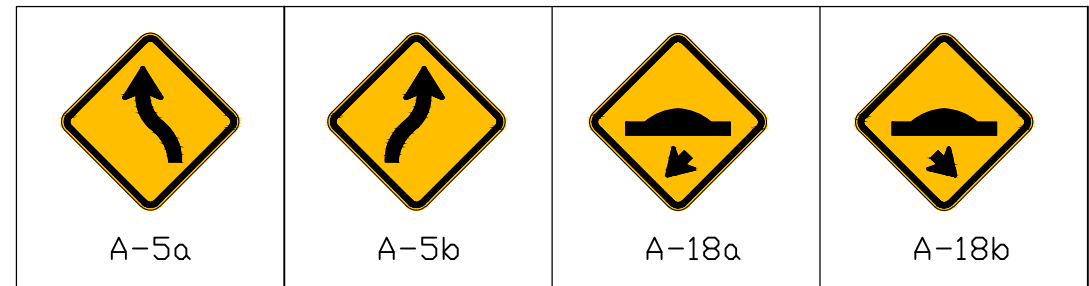
PLACAS DE REGULAMENTAÇÃO



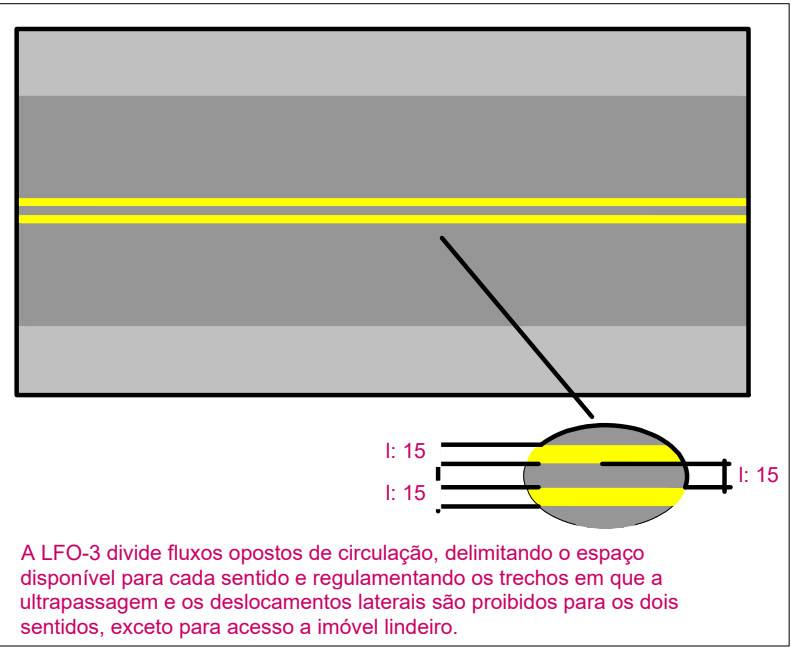
PLACAS 0,70X1,00m e 1,00x1,00m



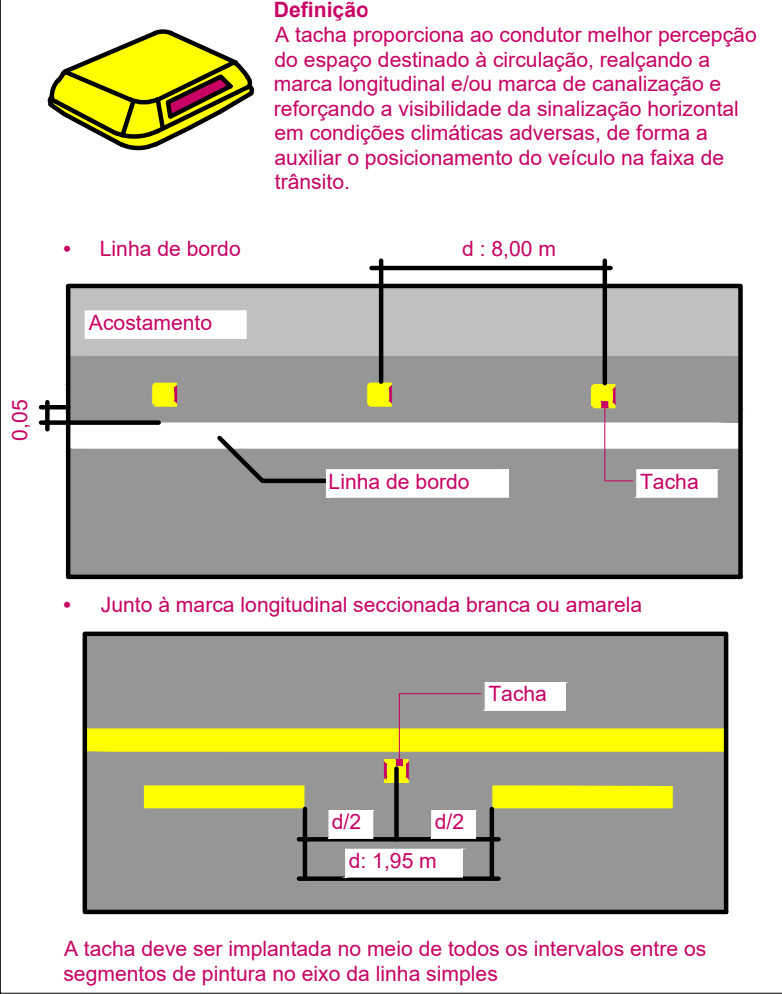
PLACAS DE ADVERTÊNCIA



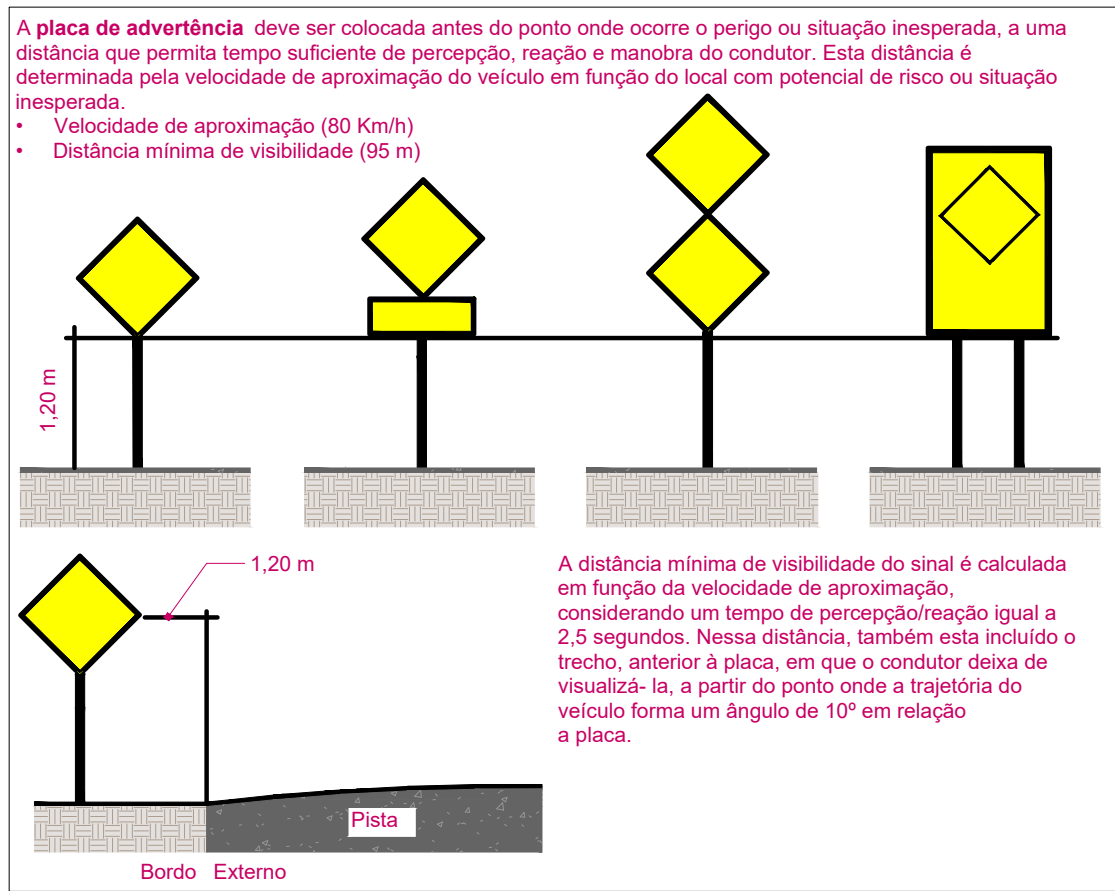
Linha contínua/seccionada (LFO-4)
ESCALA: 1 : 50



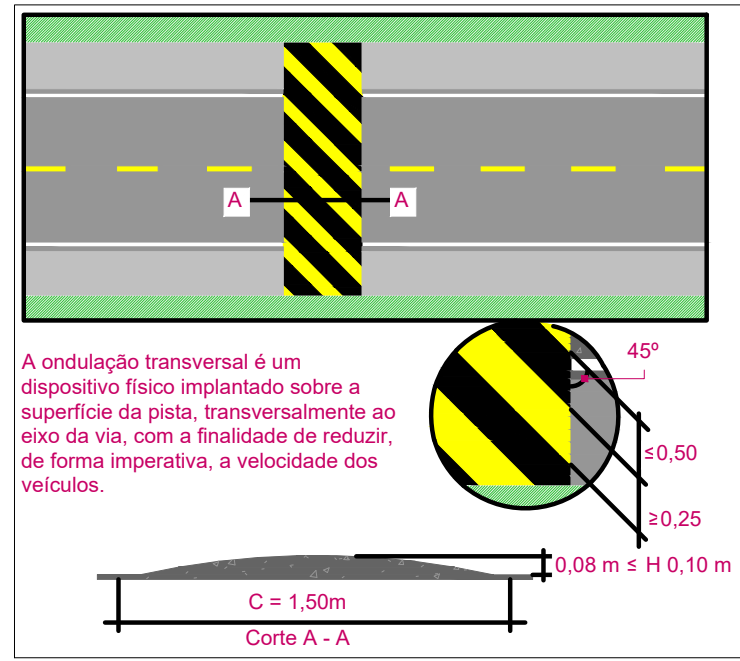
Linha dupla contínua (LFO-3)
ESCALA: 1 : 50



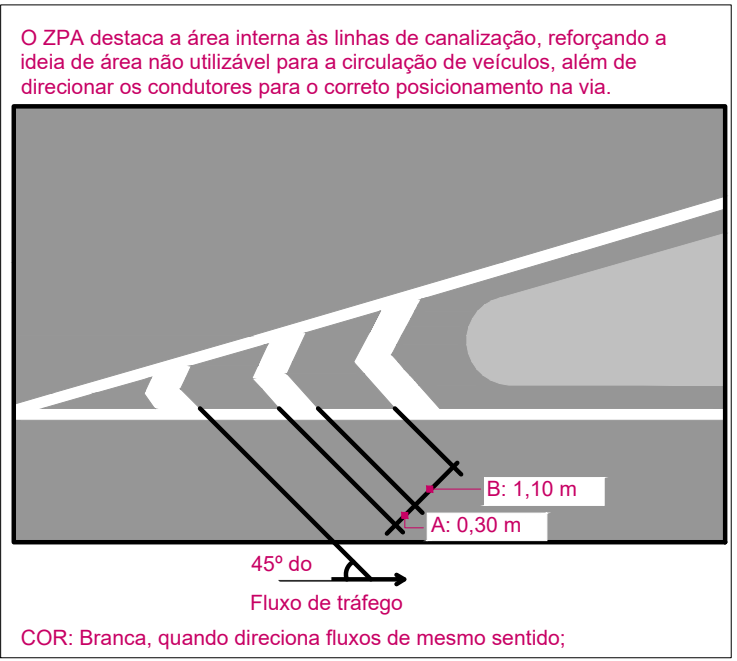
Linha de bordo e Junto a marca longitudinal
ESCALA: 1 : 50



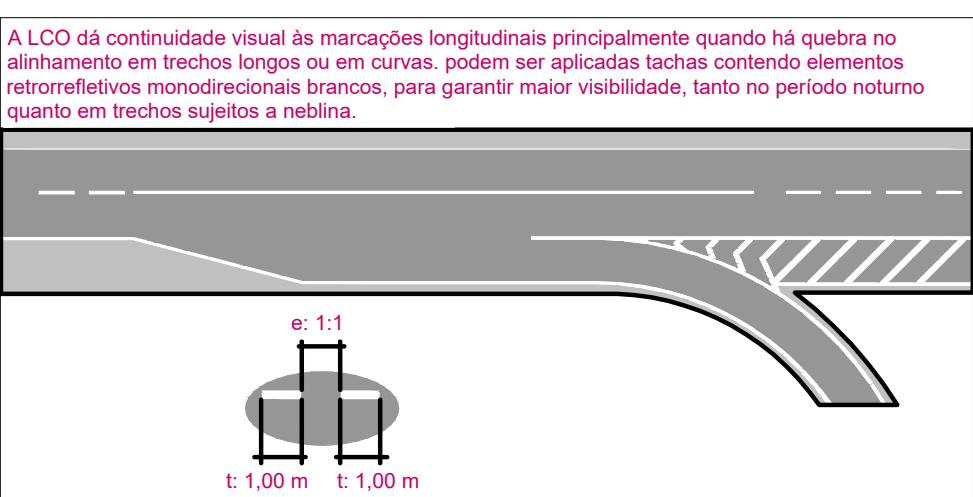
Posicionamento das placas na via
ESCALA: 1 : 50



Lombada
ESCALA: 1 : 50



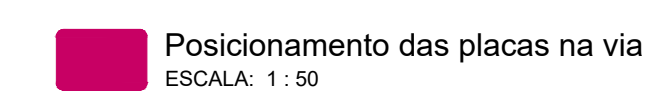
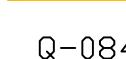
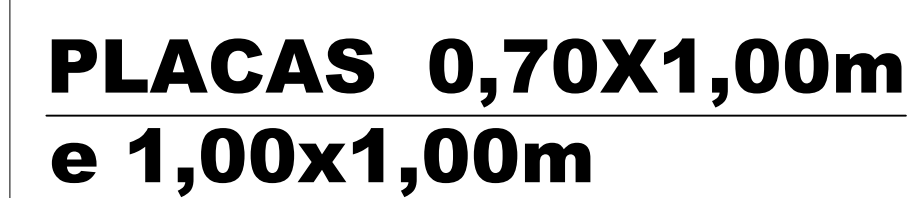
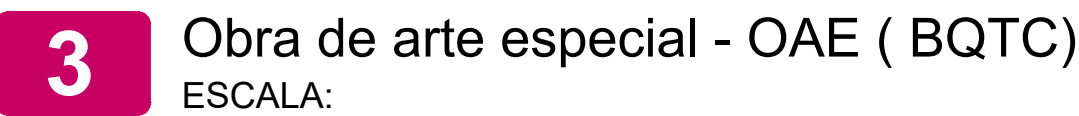
Zebração de preenchimento da área de pavimento não utilizável (ZPA)
ESCALA: 1 : 50



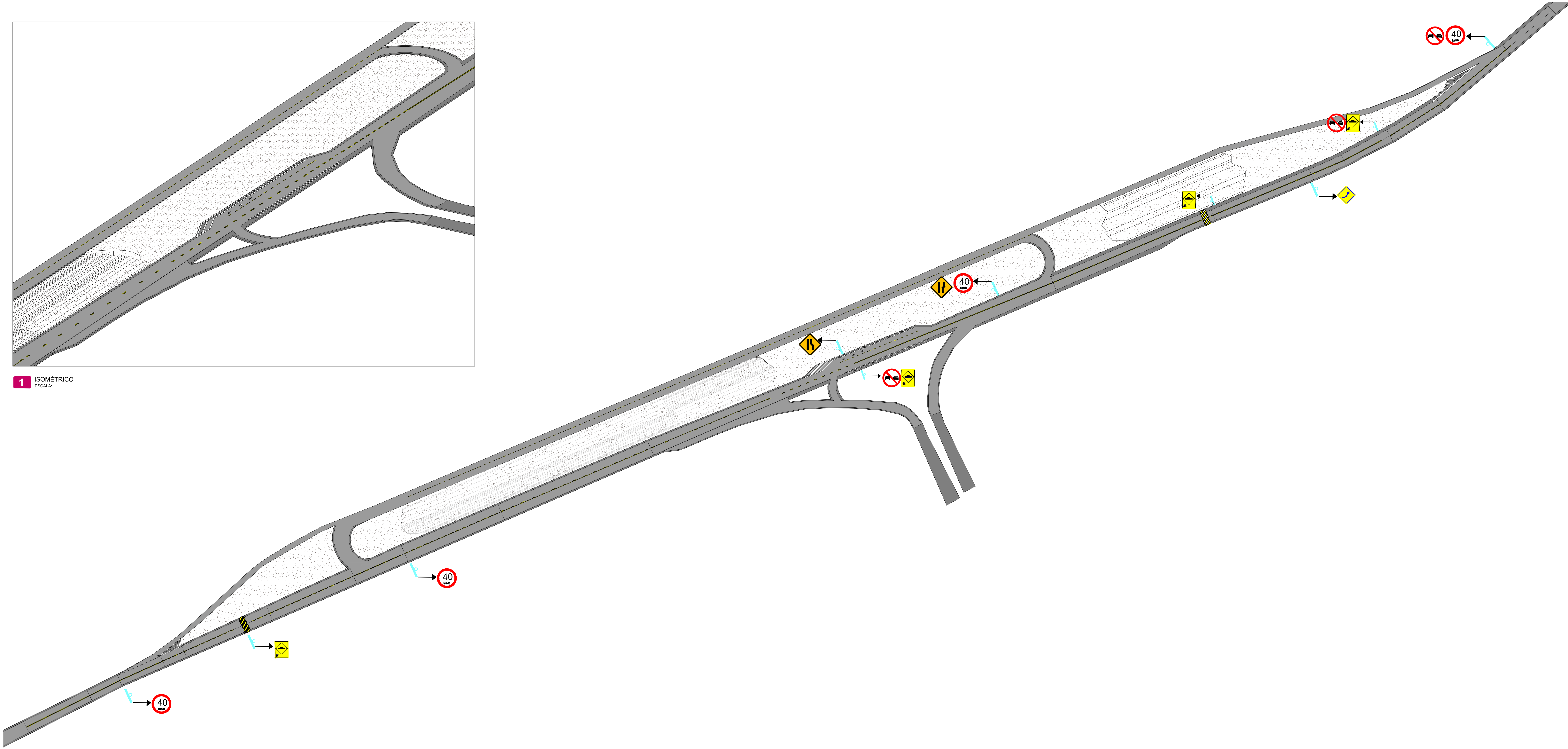
Linha de continuidade (LCO)
ESCALA: 1 : 50

PLANIMETRIA			
Aluno:	KEVEN DALTON BERTOLINO	Plancha:	TOP-01
Curso:	Engenharia Civil - UFMA/Batas		
Matrícula:	2022047491		
Descrição:	LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO - PLANIMETRIA	Escola:	Indicada

Apêndice C: Antecipação do acesso

[illegible]

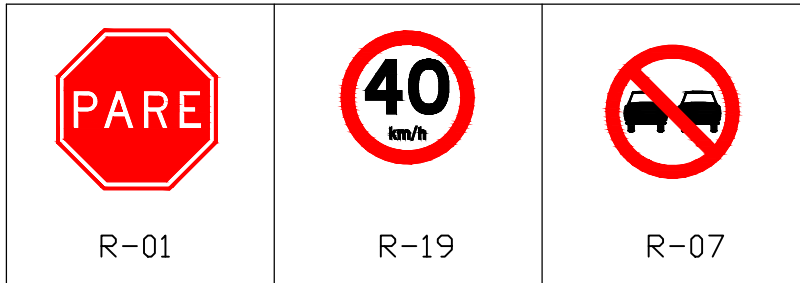
Apêndice D: Acesso no acostamento



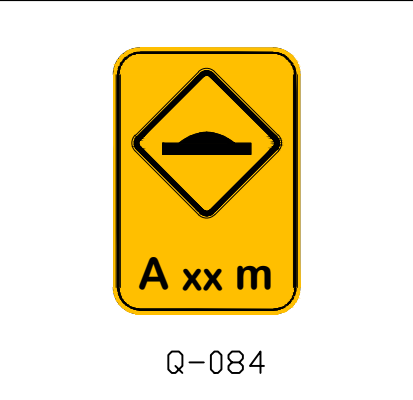
1 ISOMÉTRICO
ESCALA: 1: 1000

3 ALTERNATIVO 3
ESCALA: 1: 1000

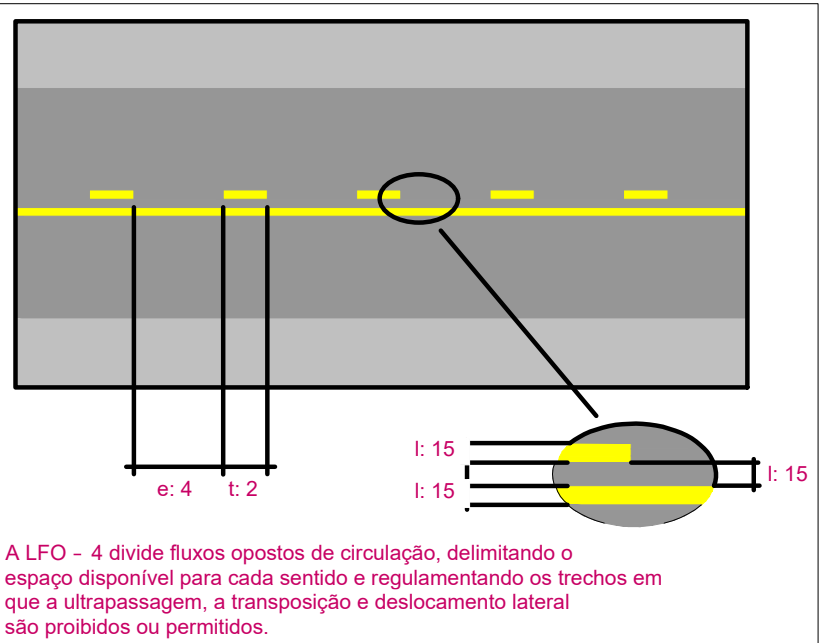
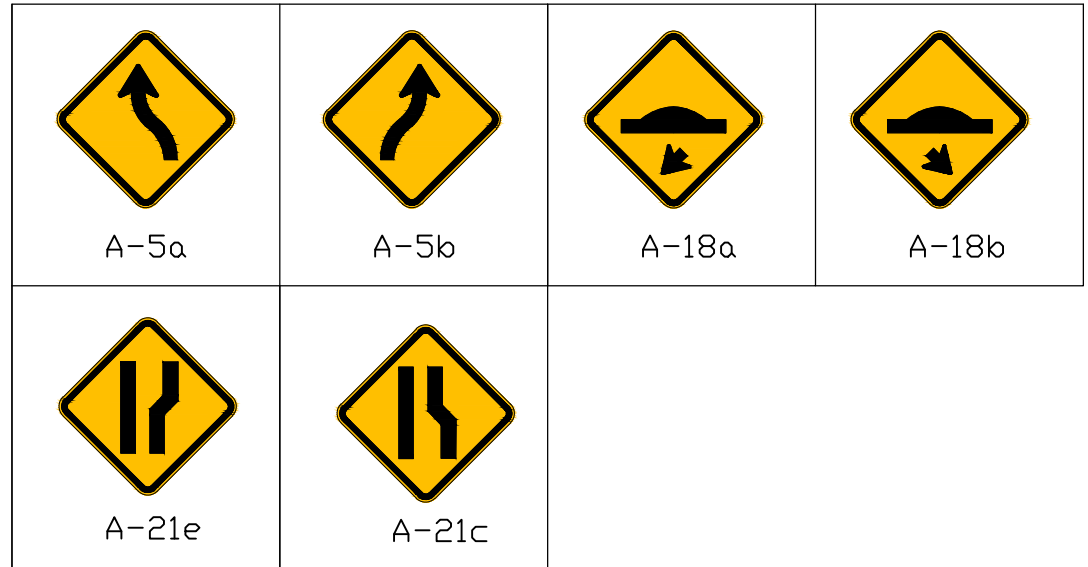
PLACAS DE REGULAMENTAÇÃO



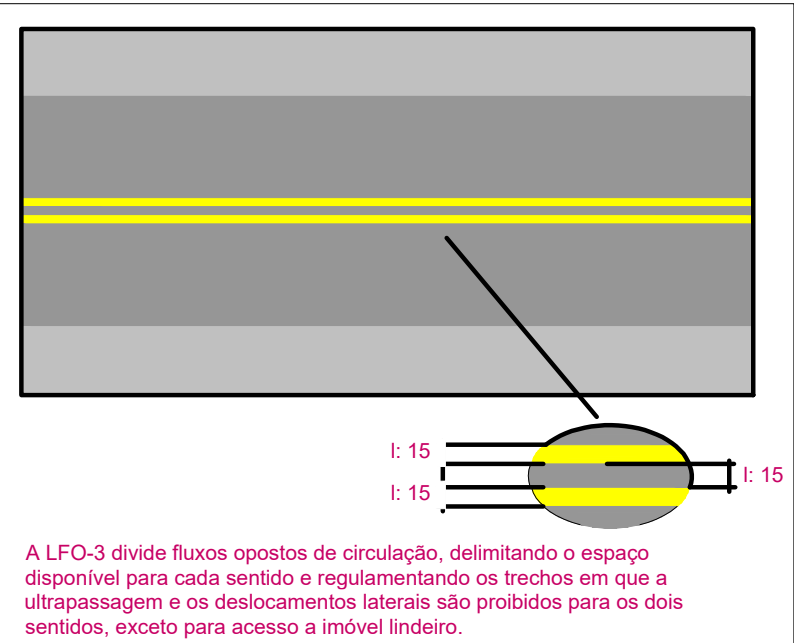
PLACAS 0,70X1,00m e 1,00x1,00m



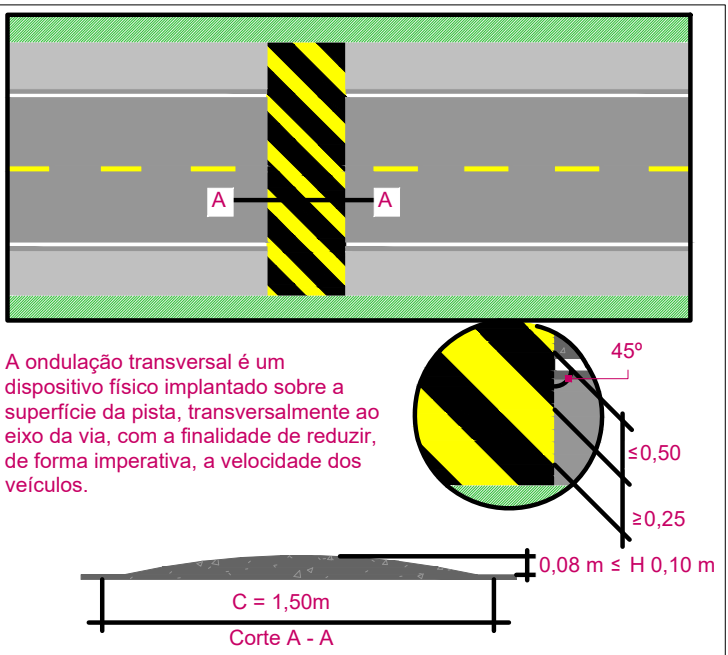
PLACAS DE ADVERTÊNCIA



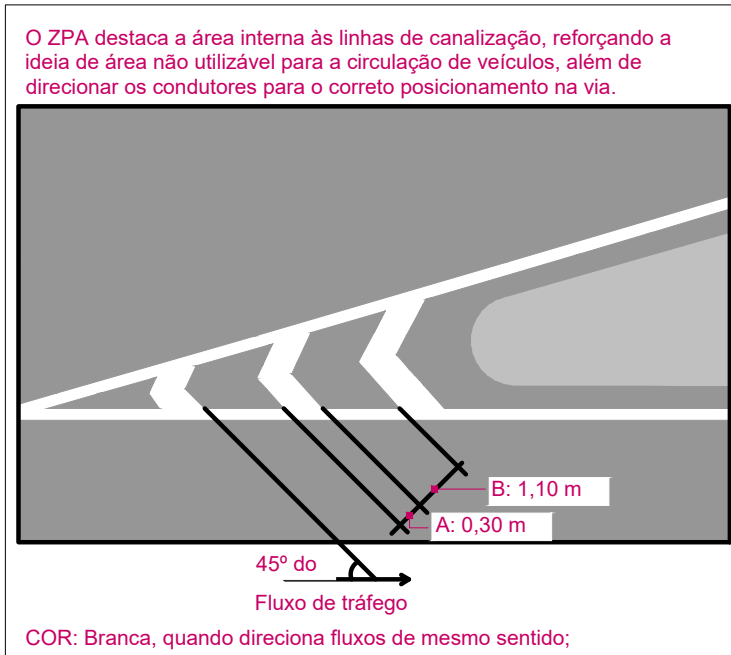
Linha contínua/seccionada (LFO-4)
ESCALA: 1: 50



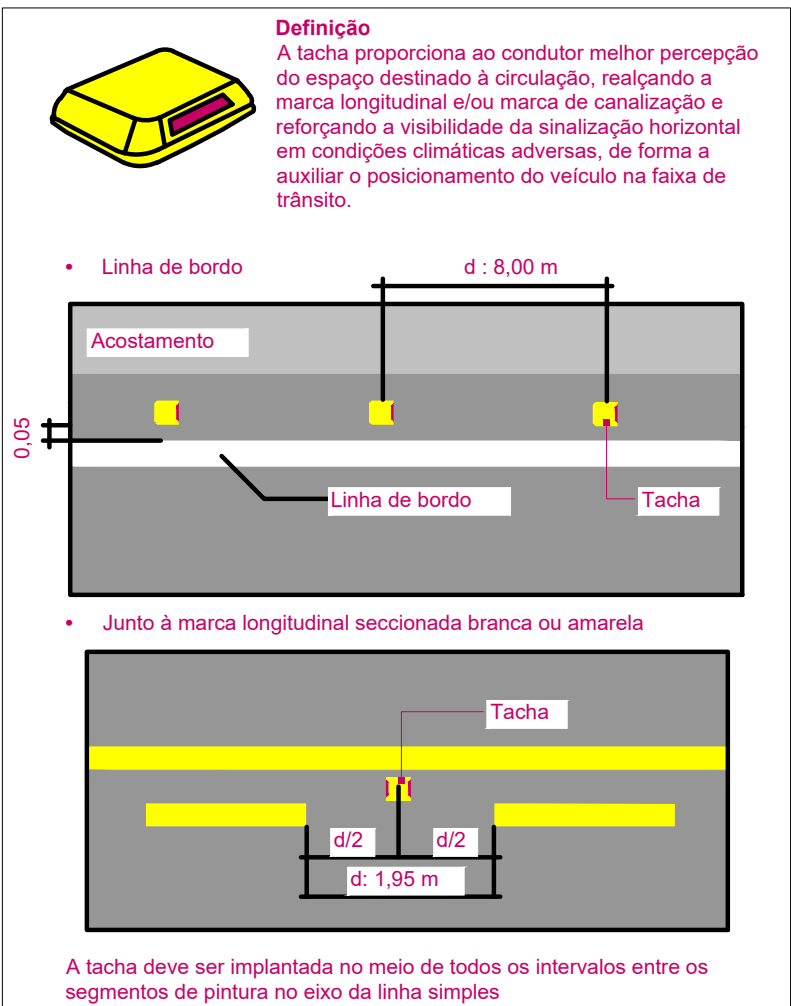
Linha dupla contínua (LFO-3)
ESCALA: 1: 50



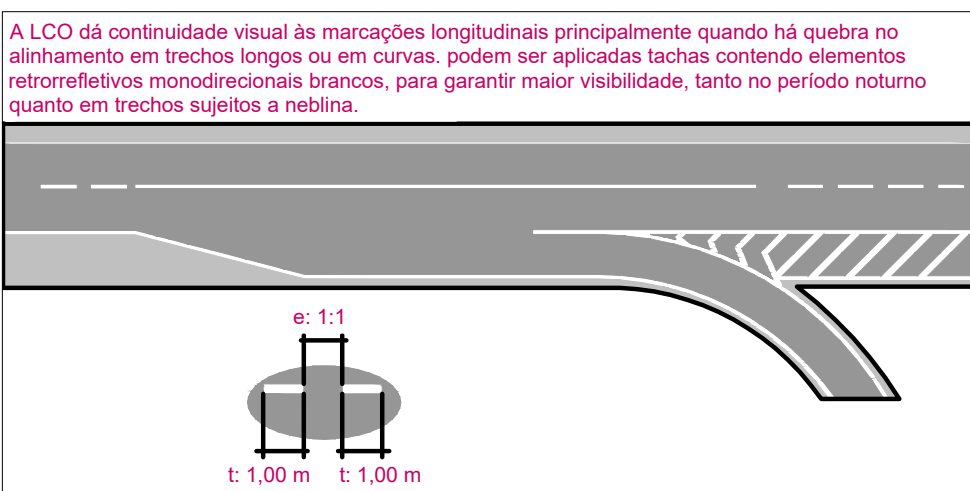
Lombada
ESCALA: 1: 50



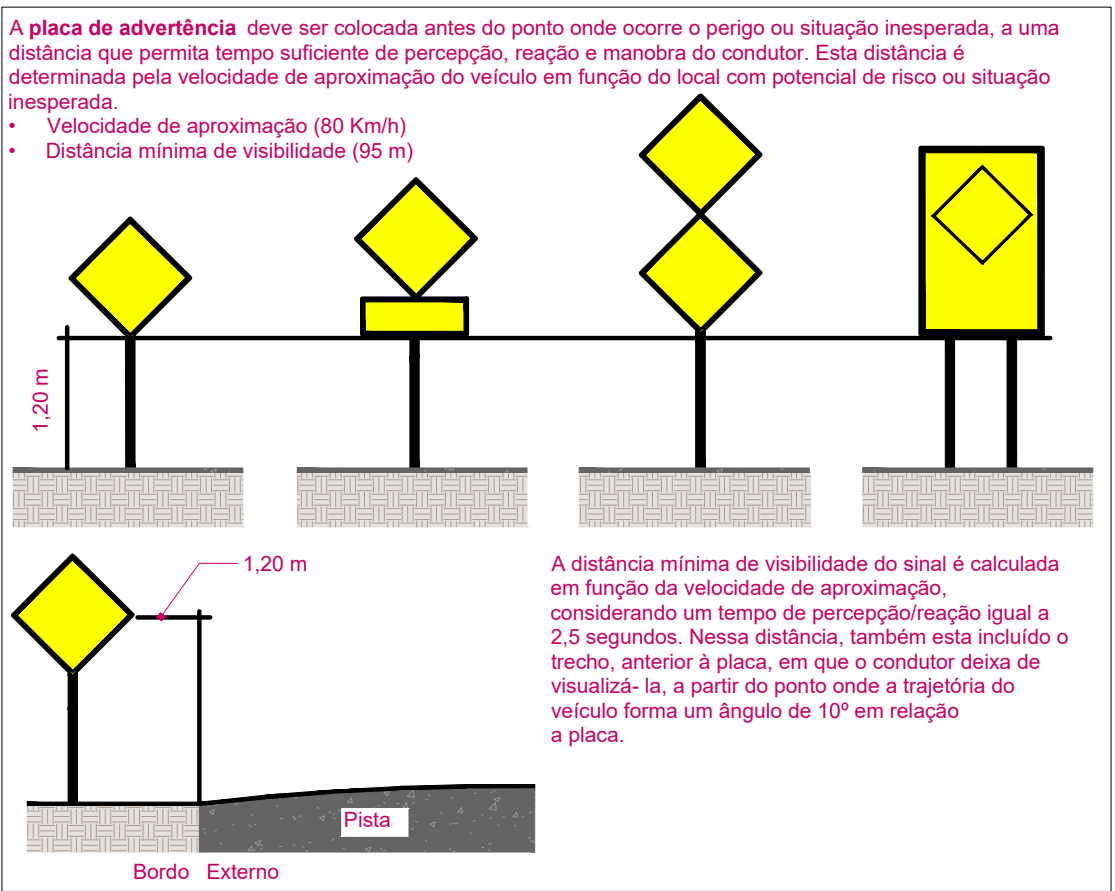
Zebrado de preenchimento da área de pavimento não utilizável (ZPA)
ESCALA: 1: 50



Linha de bordo e Junto a marca longitudinal
ESCALA: 1: 50



Linha de continuidade (LCO)
ESCALA: 1: 50



Posicionamento das placas na via
ESCALA: 1: 50

PLANIMETRIA			
Aluno:	KEVEN DALTON BERTOLINO	Prancha:	TOP-01
Curso:	Engenharia Civil - UFMA/Batas		
Matrícula:	2022047491		
Descrição:	LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO - PLANIMETRIA	Escola:	Indicada

Apêndice E: Orçamentos

Obra:				Bancos		B.D.I.		Encargos Sociais	
MELHORANDO O ACESSO DE ENTRADA AO CAMPUS UFMA/BALSAS: UMA ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA ALTERNATIVA 2				SINAPI - 05/2025 - Maranhão SICRO3 - 01/2025 - Maranhão		25,51%		Desonerado: Horista: 84,28% Mensalista: 46,22%	
ORÇAMENTO SINTÉTICO									
ITEM	CÓDIGO	BANCO	DESCRIÇÃO	UND	QUANT.	VALOR UNIT	VALOR UNIT COM BDI	TOTAL	PESO (%)
1			SERVIÇO PRELIMINAR		1,00		61.411,88	61.411,88	22,04 %
1.1	74209/001	SINAPI	PLACA DE OBRA EM CHAPA DE ACO GALVANIZADO	m²	6,00	572,12	718,06	4.308,36	1,55 %
1.2	CPU - 1	Próprio	SERVICOS TOPOGRÁFICOS PARA PAVIMENTACÃO	m²	7.000,00	0,55	0,69	4.830,00	1,73 %
1.3	CPU - 3	Próprio	ADMISTRAÇÃO LOCAL	MÊS	2,00	20.001,16	25.103,45	50.206,90	18,02 %
1.4	CPU-01.	Próprio	PLACAS DE SINALIZAÇÃO DE TRABALHO	m²	4,00	235,47	295,53	1.182,12	0,42 %
1.5	97053	SINAPI	SINALIZAÇÃO COM FITA FIXADA EM CONE PLÁSTICO, INCLUINDO CONE. AF_11/2017	M	50,00	14,10	17,69	884,50	0,32 %
2			SERVIÇO DE TERRAPLANAGEM		1,00		8.538,60	8.538,60	3,06 %
2.1	101119	SINAPI	ESCAVAÇÃO HORIZONTAL, INCLUINDO ESCARIFICAÇÃO EM SOLO DE 2A CATEGORIA COM TRATOR DE ESTEIRAS (100HP/LÂMINA: 2,19M3). AF_07/2020	m³	50,00	10,21	12,81	640,50	0,23 %
2.2	93594	SINAPI	TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE DE 10 M³, EM VIA URBANA EM LEITO NATURAL (UNIDADE: TXKM). AF_07/2020	TXKM	510,00	2,37	2,97	1.514,70	0,54 %
2.3	100574	SINAPI	ESPALHAMENTO DE MATERIAL COM TRATOR DE ESTEIRAS. AF_09/2024	m³	510,00	1,64	2,05	1.045,50	0,38 %
2.4	100575	SINAPI	REGULARIZAÇÃO DE SUPERFÍCIES COM MOTONIVELADORA. AF_09/2024	m²	300,00	2,25	2,82	846,00	0,30 %
2.5	7049	SINAPI	ROLO COMPACTADOR PE DE CARNEIRO VIBRATORIO, POTENCIA 125 HP, PESO OPERACIONAL SEM/COM LASTRO 11,95 / 13,30 T, IMPACTO DINAMICO 38,5 / 22,5 T, LARGURA DE TRABALHO 2,15 M - CHP DIURNO. AF_06/2014	CHP	15,00	238,60	299,46	4.491,90	1,61 %
3			EXECUÇÃO DE BUEIRO QUÁDRUPLO TUBULAR DE CONCRETO		1,00		60.957,48	60.957,48	21,88 %
3.1	102727	SINAPI	FABRICAÇÃO, MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA PARA BOCA PARA BUEIRO, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, E = 17 MM, 2 UTILIZAÇÕES. AF_07/2021	m²	40,00	131,19	164,65	6.586,00	2,36 %
3.2	102788	SINAPI	BOCA PARA BUEIRO QUÁDRUPLO TUBULAR D = 100 CM EM GABIÃO, ALAS COM ESCONSIDADE DE 45°, INCLUINDO FÔRMAS E MATERIAIS. AF_07/2021	UN	2,00	17.840,33	22.391,39	44.782,78	16,07 %
3.3	102736	SINAPI	CONCRETAGEM DE BOCA PARA BUEIRO, FCK = 25 MPA, COM USO DE BOMBA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_07/2021	m³	10,00	763,98	958,87	9.588,70	3,44 %
4			MEIO FIO		1,00		5.357,10	5.357,10	1,92 %
4.1	96527	SINAPI	ESCAVAÇÃO MANUAL PARA VIGA BALDRAME OU SAPATA CORRIDA (INCLUINDO ESCAVAÇÃO PARA COLOCAÇÃO DE FÔRMAS). AF_01/2024	m³	2,00	164,81	206,85	413,70	0,15 %
4.2	94274	SINAPI	ASSENTAMENTO DE GUIA (MEIO-FIO) EM TRECHO CURVO, CONFECCIONADA EM CONCRETO PRÉ-FABRICADO, DIMENSÕES 100X15X13X30 CM (COMPRIMENTO X BASE INFERIOR X BASE SUPERIOR X ALTURA). AF_01/2024	M	60,00	62,38	78,29	4.697,40	1,69 %
4.3	83693	SINAPI	CAIAÇÃO EM MEIO FIO	m²	24,00	8,17	10,25	246,00	0,09 %
5			SARJETA		1,00		4.083,00	4.083,00	1,47 %
5.1	94288	SINAPI	EXECUÇÃO DE SARJETA DE CONCRETO USINADO, MOLDADA IN LOCO EM TRECHO CURVO, 30 CM BASE X 10 CM ALTURA. AF_01/2024	M	60,00	54,22	68,05	4.083,00	1,47 %
6			SINALIZAÇÃO HORIZONTAL E VERTICAL		1,00		138.253,32	138.253,32	49,62 %
6.1	5213400	SICRO3	PINTURA DE FAIXA COM TINTA ACRÍLICA - ESPESSURA DE 0,4 MM	m²	4.000,00	22,90	28,74	114.960,00	41,26 %
6.2	5213417	SICRO3	PLACA EM AÇO Nº 16 GALVANIZADO COM PELÍCULA RETRORREFLETIVA TIPO I + III - CONFECCÃO	m²	4,50	490,93	616,16	2.772,72	1,00 %
6.3	5213864	SICRO3	SUPORTE METÁLICO GALVANIZADO PARA PLACA DE ADVERTÊNCIA OU REGULAMENTAÇÃO - LADO OU DIÂMETRO DE 0,80 M - FORNECIMENTO E IMPLANTAÇÃO	un	12,00	506,38	635,55	7.626,60	2,74 %
6.4	5213360	SICRO3	TACHA REFLETIVA EM PLÁSTICO INJETADO - BIDIRECIONAL TIPO I - COM UM PINO - FORNECIMENTO E COLOCAÇÃO	un	300,00	34,25	42,98	12.894,00	4,63 %
					Total sem BDI		R\$ 221.992,02		
					Total do BDI		R\$ 56.609,36		
					Total Geral		R\$ 278.601,38		

Obra				Bancos		B.D.I.		Encargos Sociais	
MELHORANDO O ACESSO DE ENTRADA AO CAMPUS UFMA/BALSAS: UMA ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA. ALTERNATIVA 3				SINAPI - 05/2025 -		25,5%		Desonerado:	
Orçamento Sintético									
Item	Código	Banco	Descrição	Und	Quant.	Valor Unit	Valor Unit com BDI	Total	Peso (%)
1			SERVIÇOS PRELIMINARES		1		8298,84	8298,84	0,042557359
1.1	74209/001	SINAPI	PLACA DE OBRA EM CHAPA DE ACO GALVANIZADO	m²	12	529,3	664,27	7971,24	0,040877391
1.2	78472	SINAPI	SERVICOS TOPOGRAFICOS PARA PAVIMENTACAO, INCLUSIVE NOTA DE SERVICOS, ACOMPANHAMENTO E GREIDE	m²	260	0,37	0,46	119,6	0,000613322
1.3	98525	SINAPI	LIMPEZA MECANIZADA DE CAMADA VEGETAL, VEGETAÇÃO E PEQUENAS ÁRVORES (DIÂMETRO DE TRONCO MENOR QUE 0,20 M), COM TRATOR DE ESTEIRAS. AF_03/2024	m²	260	0,64	0,8	208	0,001066647
2			ADMINISTRAÇÃO		1		77664,68	77664,68	0,398272976
2.1	90777	SINAPI	ENGENHEIRO CIVIL DE OBRA JUNIOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	352	115,41	144,83	50980,16	0,261431838
2.2	90776	SINAPI	ENCARREGADO GERAL COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	352	28,43	35,67	12555,84	0,064387721
2.3	93564	SINAPI	APONTADOR OU APROPRIADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	MES	2	5628,96	7064,34	14128,68	0,072453417
3			TERRAPLENAGEM		1		2153,58	2153,58	0,011043794
3.1	101125	SINAPI	ESCAVAÇÃO HORIZONTAL, INCLUINDO CARGA E DESCARGA EM SOLO DE 1A CATEGORIA COM TRATOR DE ESTEIRAS (150HP/LÂMINA: 3,18M3). AF_07/2020	m³	78	14,37	18,03	1406,34	0,007211865
3.2	5915321	SICRO3	Transporte com caminhão basculante de 14 m³ - rodovia pavimentada	tkm	78	0,66	0,82	63,96	0,000327994
3.3	100577	SINAPI	REGULARIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO DE SUBLEITO DE SOLO PREDOMINANTEMENTE ARENOSO, PARA OBRAS DE CONSTRUÇÃO DE PAVIMENTOS. AF_09/2024	m²	78	0,46	0,57	44,46	0,000227996
3.4	96386	SINAPI	EXECUÇÃO E COMPACTAÇÃO DE CORPO DE ATERRO (95% DE ENERGIA DO PROCTOR NORMAL) COM SOLO PREDOMINANTEMENTE ARENOSO ESPESSURA 15CM - EXCLUSIVE MATERIAL, ESCAVAÇÃO, CARGA E TRANSPORTE. AF_09/2024	m³	78	6,53	8,19	638,82	0,003275939
4			PAVIMENTAÇÃO		1		38411,69	38411,69	0,196979349
4.1	95996	SINAPI	EXECUÇÃO DE PAVIMENTO COM APLICAÇÃO DE CONCRETO ASFÁLTICO, CAMADA DE BINDER - EXCLUSIVE CARGA E TRANSPORTE. AF_11/2019	m³	8	1275,11	1600,26	12802,08	0,065650467
4.2	95995	SINAPI	EXECUÇÃO DE PAVIMENTO COM APLICAÇÃO DE CONCRETO ASFÁLTICO, CAMADA DE ROLAMENTO - EXCLUSIVE CARGA E TRANSPORTE. AF_11/2019	m³	13	1475,88	1852,22	24078,86	0,123479028
4.3	96402	SINAPI	EXECUÇÃO DE PINTURA DE LIGAÇÃO COM EMULSÃO ASFÁLTICA RR-2C. AF_11/2019	m²	260	2,87	3,6	936	0,00479991
4.4	95879	SINAPI	TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE DE 14 M³, EM VIA URBANA PAVIMENTADA, DMT ATÉ 30 KM (UNIDADE: TXKM). AF_07/2020	TXKM	325	1,46	1,83	594,75	0,003049943
5			URBANIZAÇÃO E OBRAS COMPLEMENTARES		1		4854,5	4854,5	0,024894407
5.1	2626	ORSE	Carga e descarga de meio-fio simples (sem sargeta)	m	70	2,7	3,38	236,6	0,001213311
5.2	94273	SINAPI	ASSENTAMENTO DE GUIA (MEIO-FIO) EM TRECHO RETO, CONFECCIONADA EM CONCRETO PRÉ-FABRICADO, DIMENSÕES 100X15X13X30 CM (COMPRIMENTO X BASE INFERIOR X BASE SUPERIOR X ALTURA). AF_01/2024	M	70	50,91	63,89	4472,3	0,022934444
5.3	102498	SINAPI	PINTURA DE MEIO-FIO COM TINTA BRANCA A BASE DE CAL (CAIAÇÃO). AF_05/2021	M	70	1,66	2,08	145,6	0,000746653
6			SINALIZAÇÃO HORIZONTAL E VERTICAL		1		63620,35	63620,35	0,326252115
6.1	5213362	SICRO3	Tachão refletivo em plástico injetado - bidirecional - fornecimento e colocação	un	500	89,1	111,82	55910	0,286712597
6.2	102512	SINAPI	PINTURA DE EIXO VIÁRIO SOBRE ASFALTO COM TINTA RETRORREFLETIVA A BASE DE RESINA ACRÍLICA COM MICROESFERAS DE VIDRO, E = 10 CM, APLICAÇÃO MECÂNICA COM DEMARCADORA AUTOPROPELIDA. AF_05/2021	M	700	5,76	7,22	5054	0,025917465
6.3	10712	ORSE	Confecção de placa de sinalização totalmente refletiva	m²	5	423,33	531,27	2656,35	0,013622053
						Total sem BDI			155.396,93
						Total do BDI			39.606,71
						Total Geral			195.003,64