



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**

**Faculdade de Engenharia Civil**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**Análise do impacto de um Acesso Irregular à indústria em rodovias de pista  
simples**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Faculdade de Engenharia Civil  
da Universidade Federal de Uberlândia, como  
parte dos requisitos necessários para obtenção  
do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Rogério Lemos Ribeiro

Aluna: Júlia Jacob Favoreto

**UBERLÂNDIA**

**2025**

## RESUMO

A presença de acessos irregulares em rodovias federais de pista simples representa um fator crítico de risco à segurança viária, afetando diretamente a fluidez do tráfego e a ocorrência de sinistros. Este trabalho tem como objetivo analisar os impactos causados por esses acessos, e propor soluções técnicas para sua regularização, com base nas normas vigentes e em simulações computacionais. A metodologia adotada envolveu o levantamento de um acesso, a classificação segundo o Manual de Projeto de Acessos de Áreas Lindeiras a Rodovias Federais do DNIT, a análise de projetos geométricos funcionais padrão e a aplicação de microssimulação de tráfego por meio do software VISSIM. Como estudo de caso, foi analisado um cenário com acessos posicionados em lados opostos da rodovia, sem infraestrutura adequada, e com tráfego misto de veículos leves e pesados. Os resultados demonstraram que os acessos irregulares contribuem para a formação de conflitos veiculares, redução da fluidez e aumento da probabilidade de colisões. A proposta de fechamento dos acessos inadequados e de regularização dos essenciais, com a inclusão de faixas de aceleração, sinalização e ajustes geométricos, mostrou-se eficaz para melhorar a fluidez da rodovia. Contudo, sob a perspectiva da segurança viária, verificou-se que não é possível adotar uma padronização rígida, sendo necessário analisar cada situação de forma individualizada.

**Palavras-chave:** Acessos Viários; Gestão de Acessos; Critérios de Projeto de Acessos Viários; Permissão de Acessos Rodoviários; Diretrizes para Acessos em Rodovias.

## ABSTRACT

The presence of irregular access points on single-lane federal highways represents a critical risk factor for road safety, directly affecting traffic flow and accidents. This study aims to analyze the impacts caused by these access points and propose technical solutions for their regularization, based on current regulations and computer simulations. The methodology adopted involved surveying an access point, classifying it according to the DNIT's Manual for Designing Access Points for Areas Adjacent to Federal Highways, analyzing standard functional geometric designs, and applying traffic microsimulation using VISSIM software. As a case study, a scenario was analyzed with access points located on opposite sides of the highway, lacking adequate infrastructure, and with mixed light and heavy vehicle traffic. The results demonstrated that irregular access points contribute to the formation of vehicular conflicts, reducing traffic flow, and increasing the likelihood of collisions. The proposal to close inadequate access points and regulate essential ones, including acceleration lanes, signage, and geometric adjustments, proved effective in improving highway flow. However, from a road safety perspective, it was found that adopting rigid standardization is not possible; each situation must be analyzed individually.

**Key-Words:** Driveways; Access Management; Access Design Criteria; Road Access Permitting; Highway Access Guidelines.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Barra de perfil de inclinação  
Figura 2 - Barreira de concreto do tipo “New Jersey”  
Figura 3 - Defensa Metálica  
Figura 4 - Sinalização Horizontal  
Figura 5 - Sinalização Vertical  
Figura 2 – Solução 1 - Acesso Tipo A - Faixa de Mudança de Velocidade Nível 1 – Pista Simples  
Figura 7 - Solução 5 - Acesso Tipo B - Faixa de Mudança de Velocidade Nível 2 – Pista Simples  
Figura 8 - Solução 10 - Acesso Tipo C - Faixa de Mudança de Velocidade Nível 3 – Pista Dupla  
Figura 9 - Solução 13 - Acesso Tipo D - Faixa de Mudança de Velocidade Nível 4 – Pista Dupla  
Figura 10 – Fluxograma Etapas Metodológicas  
Figura 11 - Acessos 1 e 2: Estudo de Caso  
Figura 12 - Carreta Boiadeira de dois andares  
Figura 13 – Altimetria do terreno  
Figura 14 – Distâncias de Visibilidade  
Figura 15 – Solução 11 - Acesso Tipo D  
Figura 16 - Definição das rotas dos veículos por meio da ferramenta *Vehicle Routes*  
Figura 17 – Posição dos contadores de filas *Queue Counter*  
Figura 18 - Marcadores de velocidade média do acesso irregular  
Figura 19 – Cenário sem acessos  
Figura 20 – Solução 11 - Acesso Tipo D  
Figura 21 - Acesso Regular Frigorífico  
Figura 22 - Rota veículos acesso regular  
Figura 23 – Sinalização Vertical e Horizontal – Solução 11  
Figura 24 - Áreas de conflito  
Figura 25 – Definição de prioridades de tráfego  
Figura 26 - Marcadores de filas  
Figura 27 - Pontos de conflito no acesso irregular  
Figura 28 – Pontos de conflito no acesso regular  
Figura 29 – Modelo ideal de acesso  
Figura 30 – Balizadores evitando conversão a esquerda em acesso  
Figura 31 – Sinalização de retorno a 500 metros

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Comprimento das Faixas de Mudança de Velocidade – Faixa de desaceleração  
Tabela 1 - Comprimento das Faixas de Mudança de Velocidade – Faixa de aceleração  
Tabela 3 - Tipificação dos Acessos  
Tabela 4 - Distância entre acessos, interseções e retornos  
Tabela 5 - Velocidade de Projeto para novos traçados, em função da classe de projeto e relevo  
Tabela 6 - Distância mínima de visibilidade para tomada de decisão  
Tabela 7 - Ajuste na distância de visibilidade  
Tabela 8 – Condições mínimas de projeto para pistas de conversão  
Tabela 9 - Comprimento das faixas de mudança de velocidade – faixa de desaceleração  
(Nível 3 e 4)  
Tabela 10 - Comprimento das faixas de mudança de velocidade – faixa de aceleração  
(Nível 3 e 4)  
Tabela 11 - Valores máximos de coeficientes de atrito transversal  
Tabela 12 - *Links* acessos irregulares  
Tabela 13 - Fluxo de veículos por hora PICO  
Tabela 14 - Volume de Tráfego – Acesso Irregular  
Tabela 15 – Resultados marcadores de filas do acesso irregular  
Tabela 16 – Resultados marcadores de velocidade média do acesso irregular  
Tabela 17 – Resultados tempo de viagem médio do acesso irregular  
Tabela 18 - Resultados marcadores de velocidade média do trecho sem acessos  
Tabela 19 - Resultados tempo de viagem médio do trecho sem acessos  
Tabela 20 - Volume de tráfego acesso regular  
Tabela 21 - Resultados marcadores de filas do acesso regular  
Tabela 22 - Resultados marcadores de velocidade média do acesso regular  
Tabela 23 - Resultados tempo de viagem médio do acesso regular  
Tabela 24 - Comparativo resultados obtidos

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	1
1.1.	Justificativa.....	3
1.2.	Objetivo Geral .....	3
<b>1.2.1 Objetivos Específicos.....</b>	<b>3</b>	
2.	REVISÃO DA LITERATURA.....	4
2.1	Processo de Regularização .....	6
2.2	Projeto Geométrico .....	7
<b>2.2.1 Critérios Técnicos.....</b>	<b>9</b>	
2.3	Tipos de acessos.....	15
3.	MATERIAIS E MÉTODOS .....	18
4.	ESTUDO DE CASO.....	20
4.1	Proposta de Solução .....	22
4.2	Tipificação e elaboração do Projeto de Acesso .....	22
4.3	Distância mínima entre acessos .....	25
4.4	Influência da Altitude.....	26
4.5	Distância de Visibilidade.....	27
4.6	Raios mínimos de curvatura horizontal.....	29
4.7	Dimensões das Faixas de Mudança de Velocidade.....	31
4.8	Geometria dos Acessos Tipos D .....	33
4.9	Aplicação da ferramenta de microssimulação de tráfego VISSIM no Estudo de Caso .....	34
4.10	Simulação e Análise do Projeto Proposto no Software VISSIM.....	43
5.	ANÁLISE DE RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	49
	5.1 Análise de Dados .....	49

5.2 Análise Visual.....	50
5.3 Análise de Segurança Viária.....	51
6. CONCLUSÕES .....	54
7. RECOMENDAÇÕES e considerações finais .....	55
8. REFERÊNCIAS BILIOGRAFICAS .....	57

## **1. INTRODUÇÃO**

Em uma Rodovia a faixa de domínio, conforme definido no Código de Trânsito Brasileiro (CTB), Anexo I, Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997, “é a área lindeira às vias rurais, delimitada por legislação específica e sob a responsabilidade do órgão ou entidade de trânsito com circunscrição sobre a via” (BRASIL, 1997, art. 50). Esta faixa é considerada de interesse público, pois desempenha papel fundamental na manutenção da segurança viária, no controle do tráfego e na possibilidade de realizar obras de ampliação, manutenção ou melhorias nas rodovias. A faixa de domínio estabelece o limite de uso da área ao redor da rodovia, sendo que qualquer atividade realizada dentro dessa faixa deve ser previamente autorizada pelas autoridades competentes, como o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) ou órgãos estaduais responsáveis pela gestão da infraestrutura rodoviária.

Dentro da faixa de domínio das rodovias, é vedada a construção de edificações ou a realização de atividades que possam comprometer a segurança, a operacionalidade e o bom funcionamento da via, salvo mediante autorização específica do órgão competente (BRASIL, 1997). Essa faixa desempenha papel essencial no controle de acessos, garantindo que entradas e saídas para propriedades ou interseções com outras rodovias ocorram em pontos previamente definidos e com o devido planejamento (BRASIL, 2019).

No entanto, a regularização dos acessos rodoviários nem sempre figura entre as prioridades dos proprietários lindeiros. Em muitos casos, há desconhecimento quanto à obrigatoriedade desse procedimento; em outros, mesmo reconhecendo sua relevância, os usuários optam por não regularizar em razão dos custos elevados e da complexidade burocrática. Essa conjuntura contribui para a permanência e o uso recorrente de acessos irregulares, os quais ampliam de forma significativa a probabilidade de ocorrência de sinistros.

Em situações extremas, onde esses acessos representam um perigo iminente para motoristas e pedestres, medidas mais drásticas se tornam necessárias, incluindo a reestruturação ou até o fechamento definitivo de pontos críticos. No entanto, mesmo quando há a interdição de um acesso irregular, é comum que alguns usuários tentem reabri-lo de forma clandestina, colocando em risco a segurança dos usuários. Essa prática compromete não apenas a integridade dos usuários da rodovia, mas também a eficiência do tráfego e a proteção das propriedades lindeiras.

A ausência de conhecimento técnico por parte da população lindeira pode potencializar os riscos decorrentes da existência de acessos irregulares. Em situações observadas em

diferentes rodovias do país, há casos em que acessos classificados como de alto risco foram interditados com base em avaliações técnicas e critérios de segurança viária. No entanto, decisões posteriores motivadas por demandas locais resultaram na reabertura desses pontos, mantendo condições críticas de operação e elevando a vulnerabilidade à ocorrência de sinistros.

O Correio Braziliense (2014) publicou um estudo coordenado pela Associação Brasileira de Criminalística (ABC) que revelou que os sinistros de trânsito não estão ligados apenas ao excesso de velocidade, como geralmente é registrado nos boletins. De acordo com a pesquisa, "pelo menos 20% das fatalidades ocorreram quando o condutor fazia retornos improvisados, manobras ilegais em entroncamentos, cruzamentos irregulares ou acessos clandestinos". A investigação, que teve apoio do Ministério Público do DF e Territórios (MPDFT) e da Polícia Civil, analisou 391 colisões fatais ocorridas em 2012, com base em ocorrências, laudos de perícia criminal e do Instituto de Medicina Legal (IML).

Já em 2024, o Estado de Minas (2024) apontou que a rodovia BR-381, uma das rodovias com maior concentração de sinistros em Minas Gerais, apresenta um ponto de acesso de alto risco a cada 7,3 km percorridos. O trecho de 11 quilômetros da BR-381 em Betim, na Grande BH, apresenta características que favorecem a ocorrência de desastres. Segundo o professor Raphael Santos, "um grave problema desse segmento é o grande volume de veículos, sobretudo pesados, para transporte e escoamento de bens, em uma pista que se afunila em vários pontos". Essa configuração obriga os motoristas a reduzir bruscamente de uma velocidade alta ao ingressar em outra pista, especialmente "nos viadutos e nos acessos às vias locais", o que aumenta significativamente o risco de sinistros na região. Esses dados evidenciam que o problema dos acessos irregulares não é recente e exige atenção para a melhoria da segurança viária.

Rodovias que atravessam regiões com intensa atividade agroindustrial tendem a apresentar elevado volume de tráfego pesado, em razão da concentração de propriedades rurais e estabelecimentos comerciais ao longo de seus trechos. A presença desses polos geradores de tráfego favorece a formação de acessos diretos e, muitas vezes, irregulares, configurando pontos críticos sob a ótica da viária. Diante desse cenário, o controle e a padronização dos acessos tornam-se fundamentais para garantir a fluidez do percurso e reduzir o risco de sinistros e assegurar a eficiência do transporte e do escoamento da produção.

Dessa forma, a regularização dos acessos às rodovias é essencial para melhorar a segurança viária e para conscientizar os usuários lindeiros sobre os riscos associados ao uso de

acessos irregulares. A conscientização dos proprietários sobre sua responsabilidade em manter os acessos dentro dos padrões de segurança é essencial para a prevenção de sinistros e para a melhoria da infraestrutura rodoviária como um todo. O impacto de um acesso mal projetado ou mal executado pode ser devastador, principalmente em rodovias com alto fluxo de veículos.

### **1.1. Justificativa**

Este estudo se justifica pela necessidade de oferecer soluções técnicas capazes de reduzir riscos em trechos com acessos irregulares, contribuindo para uma operação rodoviária mais segura e eficiente. A relevância está na combinação de análise normativa, levantamento em campo e simulações computacionais que permitem propor intervenções de baixo custo e alto impacto na segurança viária. Além disso, os resultados obtidos podem servir de referência para concessionárias, órgãos públicos e projetos futuros, ampliando o conhecimento técnico sobre o gerenciamento de acessos em rodovias federais de pista simples.

Em escala global, destaca-se que, em 2021, a Organização Mundial da Saúde lançou a 2ª Década de Ação para a Segurança no Trânsito (2021–2030), com a meta de reduzir em pelo menos 50% as mortes e lesões no trânsito até 2030 (OMS, 2021). Em termos práticos, isso corresponde a uma expectativa de poupar até 5 milhões de vidas ao longo do período (UNESCAP, 2021). Esse compromisso global está apoiado por dados alarmantes: estima-se que mais de 3,5 mil pessoas morrem todos os dias nas vias no mundo, o que equivale a quase 1,3 milhão de mortes evitáveis ao ano (OPAS, 2021). Além disso, o trânsito é apontado como uma das principais causas de morte entre crianças e jovens globalmente (ONU BR, 2021).

### **1.2. Objetivo Geral**

Analizar o impacto gerado por um acesso irregular a uma instalação industrial em uma rodovia de pista simples, considerando os efeitos sobre a segurança viária, a fluidez do tráfego e a operação do sistema de transporte.

#### **1.2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Para atingir o objetivo geral, os seguintes objetivos específicos são descritos:

- Realizar o levantamento e a classificação dos acessos existentes em um trecho de rodovia de pista simples em Minas Gerais.
- Identificar acessos irregulares e caracterizar os principais problemas de segurança associados.

- Selecionar um cenário representativo e desenvolver um projeto geométrico de regularização do acesso, conforme as normas técnicas vigentes.
- Simular os impactos operacionais do acesso antes e depois da regularização, utilizando ferramentas de modelagem de tráfego, como o software VISSIM.

Este trabalho apresenta, de forma sistematizada, as etapas essenciais para a regularização de acessos rodoviários, abrangendo desde a interpretação e aplicação das normas e legislações vigentes até a proposição de soluções técnicas voltadas à melhoria da infraestrutura viária. O objetivo é sensibilizar os diferentes agentes envolvidos quanto à importância de um processo de regularização bem estruturado, capaz de garantir tanto a segurança dos usuários quanto a eficiência operacional da rodovia.

Espera-se que os resultados obtidos contribuam para o aprimoramento dos acessos em pista simples, promovendo maior fluidez do tráfego, redução da ocorrência de sinistros e consequentemente o incremento da segurança viária. Além disso, o estudo busca fornecer subsídios técnicos aplicáveis a órgãos públicos, concessionárias e demais gestores rodoviários em contextos semelhantes.

As análises e simulações realizadas permitem identificar de forma precisa os principais problemas de segurança e de fluxo associados a acessos irregulares, bem como propor soluções alinhadas às normas técnicas e às diretrizes de segurança viária. Dessa forma, o trabalho possibilita uma abordagem mais eficaz para a gestão de acessos e para a prevenção de sinistros em rodovias de pista simples.

## **2. REVISÃO DA LITERATURA**

O processo de regularização de acessos em rodovias é uma exigência legal e técnica que visa garantir a segurança viária, a fluidez do tráfego e a preservação da infraestrutura rodoviária. A forma de condução desse processo depende do tipo de rodovia, federal, estadual ou municipal e do órgão responsável por sua administração, seja público ou privado, no caso de rodovias concessionadas. Nas rodovias estaduais, a autorização de acessos é competência do Departamento de Estradas de Rodagem (DER) de cada estado, conforme normas como o Relatório Técnico RT.04.16.d (DER-MG, 2022), que tem como objetivo “padronizar os procedimentos técnico-administrativos, a fim de permitir o uso ou ocupação da faixa de domínio para acessos a propriedades”. Para criação ou modificação de acessos, o proprietário ou empreendedor deve apresentar projeto técnico ao DER contendo análise de segurança viária

e estudos de tráfego, de modo a demonstrar que o acesso não compromete a fluidez nem a integridade da rodovia.

Nas rodovias federais, a regularização segue as diretrizes do Manual de Projeto de Acessos de Áreas Lindeiras a Rodovias Federais (IPR 728), publicado pelo DNIT. Até 2024, aplicava-se a versão de 2006, denominada Manual de Acesso de Propriedades Marginais a Rodovias Federais, que apresentava limitações significativas, pois seu enfoque era predominantemente administrativo, com ênfase em trâmites burocráticos, exigências documentais e instruções de formalização junto ao órgão rodoviário, mas com pouca orientação técnica para o desenvolvimento do projeto geométrico (DNIT, 2006). A ausência de modelos padronizados e critérios claros de dimensionamento tornava o processo lento, dependente de análises caso a caso e frequentemente exigia estudos de tráfego individualizados, mesmo para acessos de menor porte, aumentando a complexidade e o tempo de aprovação.

A 2<sup>a</sup> edição do manual, publicada em 2024, trouxe uma modernização significativa ao processo. Diferentemente da versão anterior, adotou uma abordagem técnico-projetual, com modelos de acessos padronizados, classificação por tipo de uso (rural, comercial e para veículos pesados) e diretrizes geométricas claras, como larguras mínimas de pista, raios de curva e dimensionamento de faixas de aceleração e desaceleração (DNIT, 2024).

Essa padronização trouxe um avanço importante ao diferenciar os requisitos conforme o porte e o impacto do acesso. Para acessos de menor porte e baixo fluxo veicular, como aqueles destinados a propriedades rurais ou residenciais isoladas, a exigência de estudos de tráfego detalhados deixou de ser necessária. Nesses casos, a regularização passa a depender apenas da verificação de critérios básicos de segurança viária — como distâncias de visibilidade, afastamento mínimo entre acessos e compatibilidade geométrica com a rodovia. Isso torna o processo mais ágil, econômico e eficiente, evitando custos desnecessários sem comprometer a segurança. Dessa forma, o documento reconhece que as soluções apresentadas podem ser adaptadas às condições específicas de cada local sejam tecnicamente justificadas e submetidas à aprovação do órgão rodoviário competente, garantindo a coerência entre segurança.

No contexto internacional, as boas práticas de projeto e gerenciamento de acessos reforçam os princípios aplicados nos manuais brasileiros. Segundo Gattis et al. (2010), um acesso deve estar integrado ao projeto da rodovia, atendendo a critérios geométricos como largura das faixas, perfil longitudinal, inclinação transversal, raios de curvas, ângulos de cruzamento, ilhas direcionais e elementos de drenagem. A visibilidade e a conspicuidade são

essenciais para prevenir sinistros, devendo-se eliminar obstáculos como postes, vegetação e edificações. O *Green Book* da AASHTO (2011) complementa que a distância de parada e de visibilidade em interseções deve ser respeitada, além da compatibilização do traçado ao veículo de projeto para evitar raspagens e manobras inseguras. A literatura internacional também recomenda o gerenciamento do número, localização e espaçamento de acessos, por meio de Planos de Gerenciamento de Acessos (PGA), que organizam o sistema viário e definem responsabilidades (TRANSPORTATION RESEARCH BOARD, 2005). Critérios adicionais de segurança física, como zonas livres de obstáculos, recuperação lateral e posicionamento adequado em relação a defensas metálicas, são detalhados em manuais como o *Roadway Design Manual* (NEW JERSEY DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, 2015). Por fim, o *Austroads Guide to Road Design Part 3* (AUSTROADS, 2016) reforça a importância de adotar dimensões superiores ao mínimo sempre que possível, considerando tráfego, velocidade operacional e proporção de veículos pesados, de modo a equilibrar a necessidade local de acesso com a preservação da fluidez e da segurança do tráfego de passagem.

## 2.1 Processo de Regularização

O processo de regularização de acessos às rodovias estaduais em Minas Gerais é regulamentado pelo Relatório Técnico RT.04.16.d (DER-MG, 2022), que estabelece as etapas e exigências para garantir que novas entradas ou saídas não comprometam a segurança viária e a fluidez do tráfego. Esse procedimento inicia-se com o pedido formal do interessado, proprietário ou responsável pelo imóvel lindeiro, por meio do Requerimento de Vistoria Técnica, documento que deve conter a localização do acesso, suas características e finalidade de uso, seja residencial, comercial ou industrial. Após o protocolo junto à Unidade Regional do DER (URG), o processo administrativo é aberto, com análise documental, emissão de guia de arrecadação para custeio administrativo e agendamento da vistoria técnica. Nessa inspeção, são avaliadas as condições da rodovia, o fluxo de tráfego e as eventuais intervenções necessárias, como implantação de sinalização ou adequação de acostamentos.

Confirmada a viabilidade, o interessado deve apresentar projeto técnico assinado por profissional habilitado, elaborado conforme as diretrizes do Manual de Projeto de Acessos de Áreas Lindeiras a Rodovias Federais (DNIT, 2024) e as normas do DER-MG. O projeto é analisado pela URG, que pode solicitar ajustes antes da aprovação. Após parecer favorável, o processo segue para a Diretoria de Operação Viária (DO), que emite os termos de autorização que formalizam o direito de execução do acesso, como o Termo de Autorização de Acesso

(TAP) e o Termo de Licenciamento de Uso (TLU). A execução da obra é de responsabilidade integral do interessado, devendo seguir rigorosamente o projeto aprovado. Durante a construção, a URG realiza vistorias periódicas, e, ao final, a liberação do tráfego ocorre somente após vistoria conclusiva, com emissão do Termo de Utilização de Acesso (TUA).

Nas rodovias sob concessão, o processo mantém as bases legais, mas apresenta diferenças operacionais. Nesses casos, a concessionária assume papel central na análise e autorização do acesso, conduzindo as vistorias e avaliando impactos na operação rodoviária. Além disso, podem ser exigidos estudos complementares ou contrapartidas de infraestrutura, especialmente para acessos com maior geração de tráfego. Como cada concessionária pode adotar critérios técnicos adicionais e prazos próprios, a regularização em trechos concedidos exige interlocução direta com a empresa responsável, atendendo simultaneamente às exigências do DER-MG e às condições previstas em contrato. Essa abordagem busca conciliar interesse do proprietário, segurança viária e preservação da eficiência operacional da rodovia.

## 2.2 Projeto Geométrico

O projeto geométrico de acessos a rodovias exige uma análise integrada que considere tanto as características físicas da estrada quanto as necessidades dos usuários lindeiros. Segundo Pimenta e Oliveira (2004), o traçado deve ser concebido com base em fatores como topografia, comportamento dos motoristas, condições dos veículos e fluxo de tráfego, de forma a garantir segurança, conforto e eficiência operacional. Elementos como perfil longitudinal, largura das faixas, concordâncias verticais e horizontais, ângulos de cruzamento e drenagem devem ser definidos de modo a minimizar riscos e preservar a funcionalidade da rodovia, equilibrando o tráfego de passagem com os movimentos de entrada e saída das propriedades adjacentes. O *Guide to Road Design Part 3: Geometric Design* (AUSTROADS, 2016) reforça que o planejamento geométrico deve adotar uma abordagem integrada, em que o gerenciamento de acessos e o desenho técnico de rampas de entrada (*driveways*) e vias de serviço atuem de forma conjunta para reduzir conflitos entre veículos de passagem e os que ingressam ou deixam as propriedades.

Um aspecto essencial do projeto é o gerenciamento de acessos, entendido como o controle da localização e do número de entradas e saídas a partir das propriedades lindeiras. Esse gerenciamento busca manter a segurança e a fluidez do tráfego sem comprometer as necessidades locais. Para tanto, recomenda-se a análise prévia do contexto viário, avaliando fluxos de tráfego, velocidades operacionais e presença de transporte público, de modo a

minimizar interferências entre diferentes usuários da via (AUSTROADS, 2016). Em áreas sob concessão rodoviária, esse processo pode incluir políticas específicas de acesso, sendo necessário que os projetistas consultem previamente a autoridade competente para verificar requisitos adicionais ou condicionantes.

No que se refere aos elementos físicos dos acessos, a Seção 8.2.7 do *Guide to Road Design Part 3* (AUSTROADS, 2016) apresenta parâmetros de folga vertical, definidos como os espaços mínimos entre o veículo e o pavimento, essenciais para que automóveis e veículos pesados transponham rampas, *driveways* e interseções sem impacto na carroceria. Para acessos residenciais, recomenda-se adotar um modelo padrão de automóvel, com folgas mínimas de 0,120 m na dianteira, 0,155 m na traseira e 0,10 m nos demais pontos. Já em acessos comerciais, voltados a caminhões e ônibus, a folga entre eixos deve ser calculada pela fórmula:

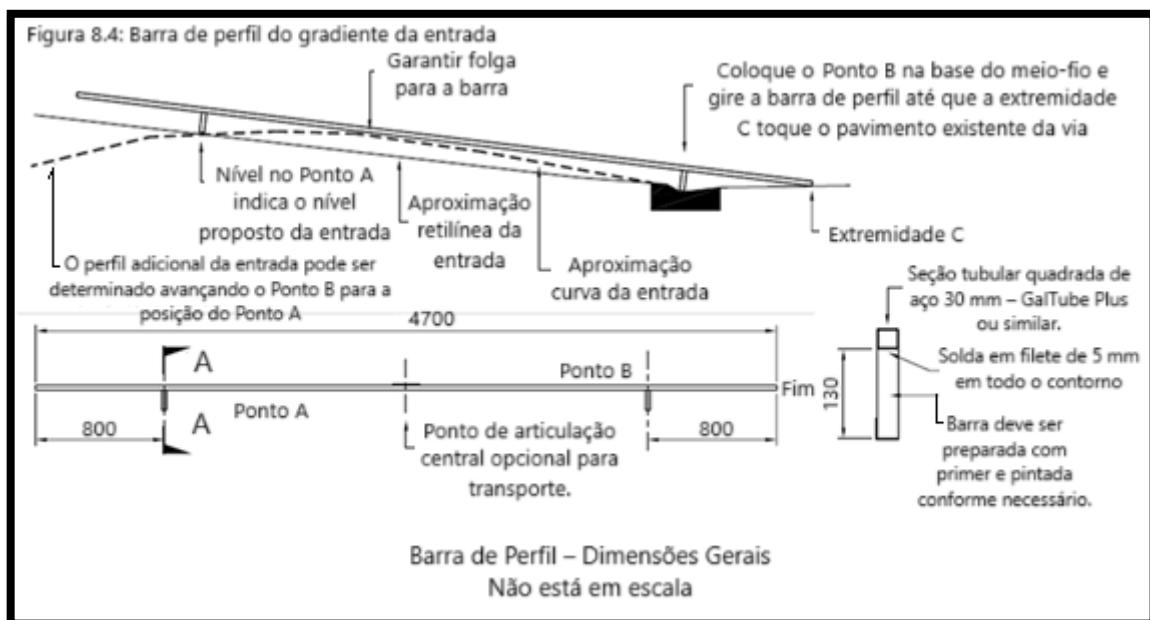
$$C \geq 33,33 \times L$$

Em que C é a folga em milímetros e L é o espaçamento entre eixos em metros. Esses parâmetros são indispensáveis para assegurar a manobrabilidade e a segurança operacional dos acessos, evitando impactos do veículo com o pavimento em pontos de variação de inclinação, conforme descrito no manual.

Veículos longos devem ainda ser capazes de transpor rampas com inclinação de até 6,7% (1:15). Para melhorar o conforto e evitar impactos na parte inferior dos veículos, recomenda-se o uso de curvas verticais com comprimento compatível à velocidade de operação, variando entre 1,5 m e 10 m. Já rotas que recebem veículos superdimensionados, como carretas rebaixadas (*low loaders*), exigem atenção especial, pois a variação máxima de inclinação sem curva vertical não deve ultrapassar 4,6%, especialmente em cruzamentos e passagens de nível.

Na Figura 1 reproduz a Figura 8.4 do *Guide to Road Design Part 3* (AUSTROADS, 2016), que ilustra um exemplo de barra de perfil de inclinação para entrada de garagem (*Driveway Gradient Profile Beam*), servindo como referência prática para o dimensionamento de acessos e avaliação das folgas verticais.

Figura 1 – Barra de perfil de inclinação



Fonte - AUSTROADS, 2016

Além disso, é importante considerar que as dimensões dos veículos de projeto variam entre países, como Brasil e Estados Unidos, uma vez que dependem da frota predominante, dos padrões técnicos locais e dos objetivos de desempenho viário. Essas diferenças impactam diretamente na definição de folgas, raios de giro e critérios geométricos aplicáveis a cada contexto. O guia australiano também destaca, na Seção 4.10, o uso de vias de serviço (service roads) como estratégia para fornecer acesso a propriedades adjacentes sem interferir no tráfego principal. Essas vias reduzem as interações entre veículos que entram ou saem de propriedades e o fluxo de passagem, aumentando a segurança geral, sendo especialmente vantajosas em áreas com alta densidade de tráfego.

## 2.2.1 CRITÉRIOS TÉCNICOS

O projeto geométrico de acessos rodoviários deve ser elaborado, levando em consideração critérios de segurança, conforto e eficiência operacional. É essencial que o projeto de acessos à rodovia aborde aspectos técnicos e multidisciplinares, incluindo segurança viária, fluidez do tráfego, conforto dos usuários, durabilidade da infraestrutura e impactos ambientais. O chamado "Green Book" (livro verde), intitulado *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets* da AASHTO (2018), apresenta diretrizes abrangentes para o gerenciamento de acessos a propriedades, abordando a complexidade desse tema sob a ótica da segurança viária e eficiência operacional das vias. Embora não haja um capítulo específico dedicado a acessos,

o tema é abordado em várias seções que tratam do controle de acesso, do projeto geométrico de interseções e dos elementos transversais das ruas e rodovias (AASHTO, 2018).

Um aspecto fundamental é o gerenciamento de acesso, que aplica princípios empregados na engenharia de tráfego para determinar como e onde as vias de acesso devem ser projetadas e operadas em relação às propriedades adjacentes. Esse gerenciamento equilibra a necessidade de acesso das propriedades com a eficiência e segurança do tráfego na via principal. Enquanto as ruas locais priorizam o acesso, as rodovias buscam minimizar interrupções à fluidez do tráfego.

O livro enfatiza a importância da classificação de acesso, que é crucial para estabelecer as condições sob as quais o acesso pode ser permitido entre rodovias públicas e propriedades privadas. Essa classificação relaciona diretamente o tipo e o espaçamento dos acessos permitidos com o propósito e as características funcionais das diferentes categorias de rodovias. Fatores como o desenvolvimento nas áreas circunvizinhas, a densidade dos acessos e as características geométricas, como a presença de canteiros centrais elevados, são considerados nessa análise (AASHTO, 2018).

Diversos métodos de controle de acesso são discutidos para garantir que o acesso às propriedades não comprometa a operação das rodovias. O "*Green Book*" ressalta que o controle de acesso pode ser implementado por meio de ferramentas legais, incluindo regulamentos de zoneamento e normas de projetos geométricos. Mesmo que o controle total de acesso não seja viável, medidas regulatórias podem ser aplicadas para governar a localização, a quantidade e o projeto geométrico dos pontos de acesso, assegurando que o acesso às propriedades seja seguro e eficaz, minimizando conflitos entre motoristas e outros usuários da via, como ciclistas e pedestres (AASHTO, 2018). Além disso, o livro propõe que os projetos de acessos devem atingir objetivos específicos, como manter a eficiência operacional das rodovias, garantir um acesso razoável às propriedades, assegurar distâncias de visibilidade adequada entre veículos e pedestres, e conformar-se aos requisitos de acessibilidade estabelecidos pela Lei dos Americanos com Deficiências (AASHTO, 2018).

Para este estudo, os elementos de pavimentação, drenagem e topografia não serão abordados, por não influenciarem diretamente as variáveis modeladas na simulação. A análise concentra-se, portanto, na geometria viária e na sinalização, considerando seus efeitos sobre as

condições de tráfego, as velocidades praticadas, a capacidade da via e a segurança das manobras, especialmente em interseções e faixas de aceleração e desaceleração.

#### 2.2.1.1 Projeto Geométrico dos Acessos

Os principais aspectos a serem considerados no projeto de um acesso incluem a escolha da localização, a definição da geometria e a inclusão de elementos essenciais como drenagem, pavimentação e sinalização. A localização dos acessos deve ser planejada para evitar que se situem dentro da área funcional de interseções ou na influência de acessos próximos, o que pode criar congestionamentos e aumentar o risco de sinistros. O "Green Book" (AASHTO, 2018) alerta que essas considerações são particularmente importantes nas interseções de rodovias arteriais, onde as operações de entrada e saída exigem um projeto rigoroso para minimizar conflitos e otimizar o fluxo de tráfego.

Além disso deve considerar diversos elementos técnicos que garantam a fluidez do tráfego e, principalmente, a segurança dos usuários. Entre esses elementos, destacam-se a distância de visibilidade, os raios mínimos de curvatura horizontal e as dimensões das faixas de mudança de velocidade. A distância de visibilidade é fundamental para que os condutores consigam perceber com antecedência obstáculos ou mudanças na via, permitindo reações seguras. Essa distância deve ser compatível com a velocidade diretriz da rodovia e as condições do terreno, conforme orienta o Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais do DNIT (DNIT, 2010). Em acessos, a visibilidade adequada é crucial tanto para quem entra quanto para quem sai da rodovia, reduzindo os riscos de colisões causadas por manobras mal calculadas (AASHTO, 2018).

As faixas de mudança de velocidade, compostas pelas faixas de aceleração e desaceleração, são igualmente indispensáveis no projeto de acessos. Elas permitem que os veículos aumentem ou reduzam sua velocidade de forma gradativa, minimizando interferências no fluxo da rodovia. A ausência ou o dimensionamento inadequado dessas faixas pode resultar em conflitos de tráfego e aumentar o risco de sinistros. O dimensionamento adequado dessas faixas deve considerar a velocidade operacional da via e o tipo de veículo que utiliza o acesso, conforme diretrizes do DNIT (2010) e do *Highway Capacity Manual* (TRB, 2010). Assim, o correto tratamento geométrico desses elementos é determinante para garantir a segurança e a eficiência nos pontos de conexão entre vias locais e a rodovia principal. As Tabelas 1 e 2

apresentam os comprimentos das faixas de desaceleração e de aceleração, respectivamente, incluindo os trechos de transição (*taper*), em função da velocidade diretriz.

Tabela 1 - Comprimento das Faixas de Mudança de Velocidade – Faixa de desaceleração

Velocidade diretriz (km/h)	Taper (m)	Comprimento da faixa de desaceleração, inclusive taper (m)							
		Velocidade de segurança da curva de saída (km/h)							
		0	20	30	40	50	60	70	80
40	40	60	50	40	-	-	-	-	-
50	45	75	70	60	45	-	-	-	-
60	55	95	90	80	65	55	-	-	-
70	60	110	105	95	85	70	60	-	-
80	70	130	125	115	100	90	80	70	-
90	80	145	140	135	120	110	100	90	80
100	85	170	165	155	145	135	120	100	85
110	90	180	180	170	160	150	140	120	105
120	100	200	195	185	175	170	155	140	120

Fonte: Manual de Acesso de Propriedades Marginais a Rodovias Federais (2024)

Tabela 2 - Comprimento das Faixas de Mudança de Velocidade – Faixa de aceleração

Velocidade diretriz (km/h)	Taper (m)	Comprimento da faixa de aceleração, inclusive taper (m)							
		Velocidade de segurança da curva de entrada (km/h)							
		0	20	30	40	50	60	70	80
40	40	60	50	40	-	-	-	-	-
50	45	90	70	60	45	-	-	-	-
60	55	130	110	100	70	55	-	-	-
70	60	180	150	140	120	90	60	-	-
80	70	230	210	200	180	140	100	70	-
90	80	280	250	240	220	190	140	100	80
100	85	340	310	290	280	240	200	170	110
110	90	390	360	350	320	290	250	200	160
120	100	430	400	390	360	330	290	240	200

Obs: O comprimento mínimo da faixa de aceleração será sempre o do taper.

Fonte: Manual de Acesso de Propriedades Marginais a Rodovias Federais (DNIT, 2024)

Já quando houver pontos de parada para transporte coletivo, é indispensável o uso de baias específicas, projetadas conforme as diretrizes estabelecidas pelo Departamento de Estrada de Rodagem (DERSP, 2023) no documento "Projeto Padrão de Plataforma para Ponto de

Ônibus". Esse cuidado visa garantir a segurança dos usuários e a adequada integração com o tráfego rodoviário.

#### 2.2.1.2 Dispositivos de segurança

Em áreas com risco de saída de pista, a instalação de barreiras de contenção lateral é essencial para conter veículos desgovernados e reduzir a gravidade de eventuais sinistros. Essas barreiras podem ser de concreto, como o modelo tipo *New Jersey* apresentado na Figura 2, ou metálicas, como os *guard-rails* ilustrados na Figura 3. De acordo com a ABNT NBR 15486:2016, o projeto e a instalação desses dispositivos devem considerar resistência mecânica, altura, afastamento da via e compatibilidade com a velocidade de tráfego, de modo a garantir desempenho eficaz em situações de impacto. A mesma norma recomenda ainda a aplicação de sinalização refletiva nas barreiras, medida que aumenta a visibilidade noturna e auxilia na orientação dos condutores, contribuindo para elevar o nível de segurança viária.

Figura 2 - Barreira de concreto do tipo “New Jersey”



Fonte: Engebloc (2024)

Figura 3 - Defensa Metálica



Fonte: Portal do Trânsito (2024)

#### 2.2.1.3 Sinalização

A sinalização horizontal, apresentada na Figura 4, desempenha papel essencial na organização e orientação do tráfego, especialmente em acessos e interseções. Marcas viárias como faixas de bordo, canalizações, linhas de retenção e setas direcionais devem ser aplicadas com tintas retrorrefletivas de alta durabilidade, garantindo visibilidade em condições diurnas e noturnas. Conforme o Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume IV: Sinalização Horizontal (DENATRAN, 2010), a seleção de materiais e o padrão de aplicação devem considerar a intensidade de tráfego e as condições climáticas locais, assegurando eficácia e longevidade da sinalização.

De forma complementar, a sinalização vertical, ilustrada na Figura 5, deve ser posicionada estratégicamente e com antecedência adequada, de modo a informar os condutores sobre condições de tráfego, limites de velocidade, proibições de manobra e riscos iminentes. Segundo a Resolução nº 180/2005 do CONTRAN e o Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume I: Sinalização Vertical de Regulamentação (DENATRAN, 2007), as placas de sinalização devem obedecer a padrões nacionais de dimensões, cores e simbologia, garantindo uniformidade, legibilidade e compreensão imediata pelos usuários da via.

Figura 4 - Sinalização Horizontal



Fonte: Action Engenharia (2025)

Figura 5 - Sinalização Vertical



Fonte: Ensitran Sinalizações (2025)

### 2.3 Tipos de acessos

A modernização das diretrizes aplicáveis ao planejamento e implantação de acessos rodoviários acompanha a evolução normativa do setor. O *Manual de Projeto de Acessos de Áreas Lindeiras a Rodovias Federais* (DNIT, 2024) destaca que a definição de critérios técnicos para localização, dimensionamento e operação dos acessos busca promover maior segurança viária e contribuir para a eficiência do transporte.

O Essa publicação representa um marco nesse processo, trazendo uma abordagem mais quantitativa, objetiva e alinhada às melhores práticas internacionais de engenharia de tráfego.

Com a atualização, os critérios de regularização tornaram-se mais rigorosos e padronizados, proporcionando maior previsibilidade e segurança para motoristas e pedestres.

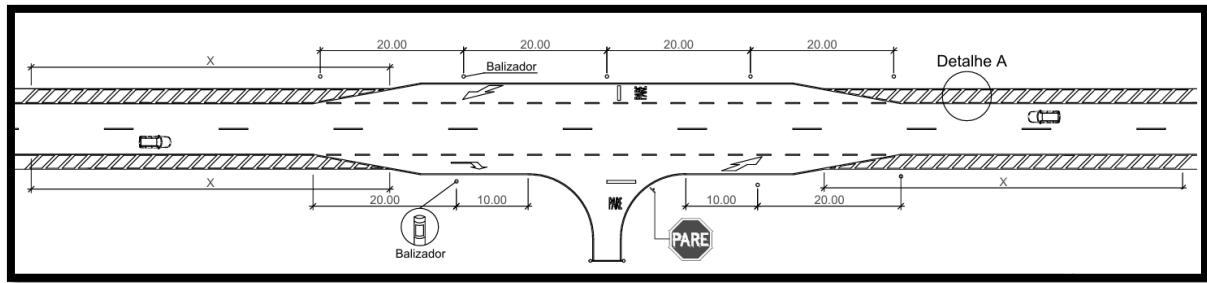
Entre as principais inovações do manual destaca-se a reorganização da tipificação dos acessos, agora categorizados em seis grupos distintos, identificados pelas letras A, B, C, D, E e F, com critérios claros e normatizados que consideram:

- A Volume Diário Gerado (VDG), que representa o número total de viagens de entrada e saída no acesso;
- O veículo crítico, que leva em consideração o tipo predominante de veículo que utilizará o acesso, considerando dimensões, peso e características de manobra.

As definições para cada tipo de acesso do Manual de Projeto de Acessos de Áreas Lindeiras a Rodovias Federais, publicado em 2024 (DNIT, 2024), são as seguintes:

- Tipo A: Acessos destinados a baixo volume de tráfego, voltados principalmente para veículos de passeio e utilitários leves, que demandam soluções de engenharia simplificadas. Um exemplo desse tipo de acesso, correspondente à Solução 1, está apresentado na Figura 6.

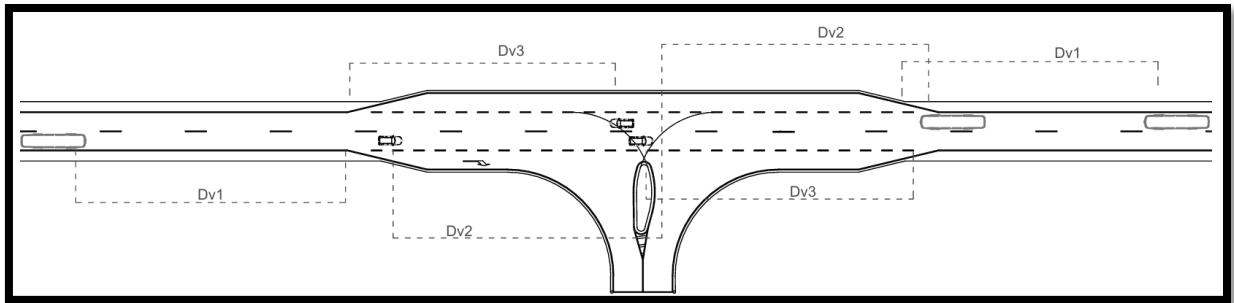
Figura 6 – Solução 1 - Acesso Tipo A – Faixa de Mudança de Velocidade Nível 1 – Pista Simples



Fonte: Manual de Projeto de Acessos de Áreas Lindeiras a Rodovias Federais (DNIT, 2024)

- Tipo B: Acessos destinados a tráfego moderado, atendendo veículos de passeio, utilitários e caminhões de pequeno porte, exigindo geometria mais elaborada, podendo incluir faixas curtas de aceleração ou desaceleração. Um exemplo desse tipo, correspondente à Solução 6, está indicado na Figura 7.

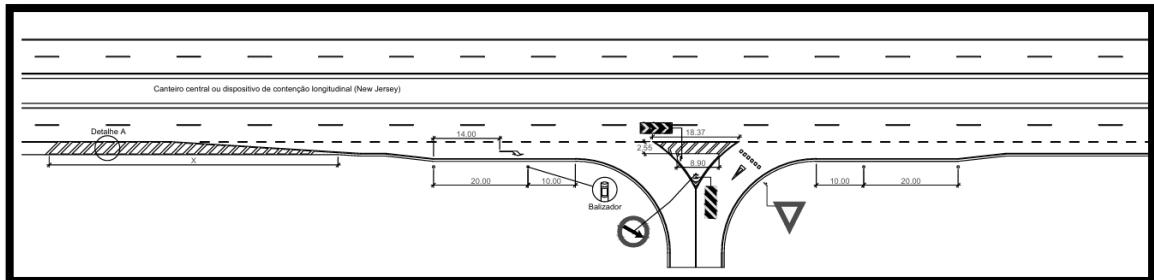
Figura 7 - Solução 5 - Acesso Tipo B - Faixa de Mudança de Velocidade Nível 2 – Pista Simples



Fonte: Manual de Projeto de Acessos de Áreas Lindeiras a Rodovias Federais (DNIT, 2024)

- Tipo C: Acessos de tráfego intenso, utilizados por caminhões, ônibus e veículos articulados, que demandam projetos geométricos completos, com faixas de aceleração e desaceleração dimensionadas e raios de curva compatíveis com veículos pesados. Um exemplo desse tipo, correspondente à Solução 10, está apresentado na Figura 8.

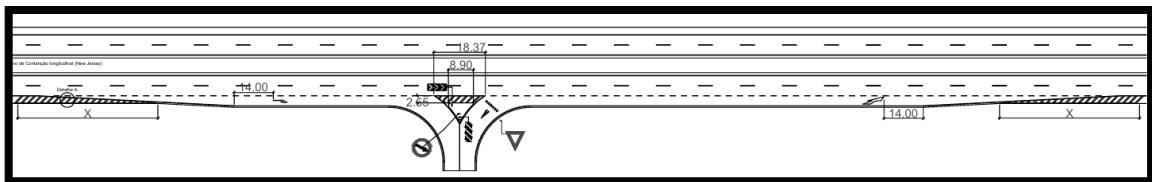
Figura 8 - Solução 10 - Acesso Tipo C - Faixa de Mudança de Velocidade Nível 3 – Pista Dupla



Fonte: Manual de Projeto de Acessos de Áreas Lindeiras a Rodovias Federais (DNIT, 2024)

- Tipo D: Acessos destinados a veículos de grande porte, como semirreboques, bitrens e rodotrens, normalmente vinculados a indústrias, áreas logísticas e terminais de carga. Exigem projeto detalhado com áreas de manobra amplas, geometria robusta e compatibilidade com o tráfego de passagem. Um exemplo desse tipo, correspondente à Solução 13, está apresentado na Figura 9.

Figura 9 - Solução 13 - Acesso Tipo D - Faixa de Mudança de Velocidade Nível 4 – Pista Dupla



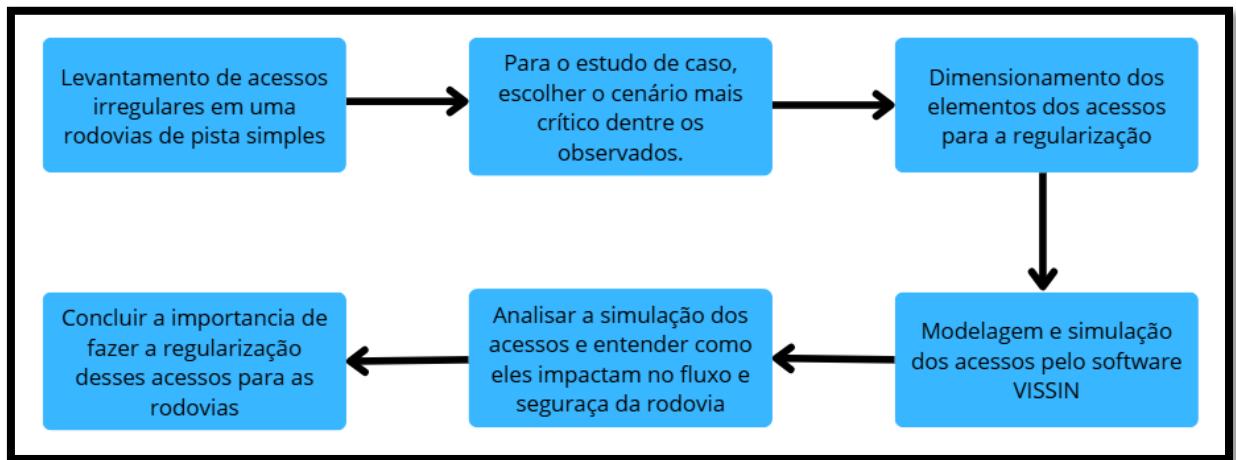
Fonte: Manual de Projeto de Acessos de Áreas Lindeiras a Rodovias Federais (DNIT, 2024)

- Tipo E: Corresponde a interseções em nível com alto volume de tráfego pesado ou conexões entre rodovias e vias locais estratégicas. Não possui modelo padronizado no manual, pois cada caso requer projeto específico, considerando estudos de tráfego detalhados, análise de segurança viária e, muitas vezes, dispositivos de canalização ou rotatórias alongadas.
- Tipo F: Refere-se a interseções especiais, como conexões com pátios ferroviários, portos secos ou acessos industriais complexos. Assim como o tipo E, não há modelo pré-definido, uma vez que esses casos envolvem condições singulares de tráfego e operação, exigindo projetos individualizados com aprovação específica do DNIT ou DER competente.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste trabalho, foi elaborado um procedimento metodológico estruturado, voltado especificamente para a regularização de um acesso de características industriais em rodovias de pista simples. O método para estudo de caso organiza-se em etapas sequenciais, que vão desde o levantamento de dados em campo até a simulação computacional por microssimulação, técnica que permite representar individualmente veículos, interações e manobras, possibilitando avaliar com maior precisão os efeitos de cada solução proposta sobre o fluxo viário e a segurança operacional. O Fluxograma apresentado na Figura 10 ilustra, de forma visual, a sequência lógica das atividades realizadas.

Figura 10 – Fluxograma Etapas Metodológicas



Fonte: Autora (2025)

O Fluxograma representado na Figura 10 apresenta as Etapas Metodológicas utilizadas no desenvolvimento do trabalho, com foco na avaliação e regularização de acessos irregulares à indústria em rodovias de pista simples, localizadas no estado de Minas Gerais. As etapas são:

- a. Levantamento de Acessos Existentes: Inicialmente, foi realizado um levantamento qualitativo, utilizando imagens do Google Earth, de acessos localizados em uma rodovia de pista simples no estado de Minas Gerais. Esse levantamento permitiu avaliar as condições de segurança associadas a cada ponto analisado.
- b. Seleção de um Caso Representativo: A partir do levantamento realizado foi selecionado para estudo de caso um ponto específico que representa de forma crítica a problemática dos acessos irregulares voltados a uma atividade industrial. A escolha desse local considerou critérios como o volume de tráfego gerado, o tipo de uso da área lindreira e as condições de segurança viária observadas.
- c. Dimensionamento dos Elementos para Regularização: Para os acessos selecionados foi realizado o dimensionamento dos elementos necessários para a sua regularização, seguindo os parâmetros estabelecidos nos manuais técnicos e considerando o volume de viagens geradas por dia (VGD) e o tipo de veículo crítico.
- d. Modelagem e Simulação no Software: Com os dados de dimensionamento, procedeu-se à modelagem dos acessos utilizando o software PTV VISSIM 2024. Essa etapa permitiu simular o comportamento do tráfego nos acessos na condição regular propostos, avaliando seu impacto no fluxo da rodovia.

e. Análise dos Resultados das Simulações: Os resultados das simulações foram analisados para compreender o impacto dos acessos regularizados no fluxo de veículos e na segurança da rodovia. Essa análise comparativa buscou identificar melhorias em relação à situação atual.

f. Conclusão sobre a Importância da Regularização: Com base na análise dos dados, elaborou-se a conclusão sobre a importância da regularização dos acessos para a melhoria da operação e da segurança viária.

O objetivo central da microssimulação de tráfego é reproduzir com alto nível de detalhamento o comportamento dinâmico de veículos e motoristas em diferentes tipos de via, considerando as interações espaço-temporais entre os usuários do sistema. Segundo Ben-Akiva e Lerman (1985), por meio da modelagem de movimentos como aceleração, desaceleração, mudanças de faixa, ultrapassagens e aceitação de brechas, é possível prever padrões de fluxo e avaliar medidas para a melhoria da mobilidade e da segurança.

Uma das principais vantagens da microssimulação é a possibilidade de realizar testes e análises em ambiente virtual, eliminando riscos associados a ensaios em campo e permitindo a reprodução de cenários extremos que seriam inviáveis ou perigosos no mundo real (Witte, 2015). Além disso, o ambiente controlado da simulação possibilita isolar variáveis e compreender de forma mais precisa o impacto de fatores específicos sobre o tráfego (Fernandes e Beltrão, 2020).

Esse interesse pela aplicação da microssimulação em estudos de segurança viária já acontece a um tempo, em 2003, por exemplo, a *Federal Highway Administration (FHWA)* conduziu um estudo pioneiro para avaliar a capacidade de simuladores de tráfego em gerar indicadores *proxy* de segurança, com foco em interseções rodoviárias. Foram analisados nove microssimuladores, com destaque para o software VISSIM, que demonstrou elevado desempenho na representação detalhada das interações veiculares e na previsão de potenciais conflitos (FHWA, 2003).

#### **4. ESTUDO DE CASO**

Como estudo de caso foram analisados dois acessos irregulares em um trecho de rodovia de pista simples, conforme ilustrado na Figura 11. O primeiro acesso é uma entrada não autorizada que dá acesso à área urbana de um município com aproximadamente 16 mil habitantes, presumivelmente implantada de forma informal pelos próprios moradores, utilizando uma rua sem saída que termina na margem da rodovia. O segundo acesso, por sua

vez, serve como entrada principal de um frigorífico, sendo utilizado predominantemente por veículos de carga pesada, como caminhões de transporte de gado e mercadorias.

A escolha desse caso específico se justifica não apenas por representar uma situação frequente em rodovias de pista simples, o caracteriza como um ponto potencialmente crítico sob a ótica da segurança viária, uma vez que envolve dois acessos posicionados diretamente opostos entre si. Essa configuração potencializa os riscos de conflitos veiculares e a ocorrência de sinistros, sobretudo em cenários de tráfego intenso ou com predominância de veículos pesados.

Figura 11 - Acessos 1 e 2: Estudo de Caso



Fonte: Google Earth (2025)

O acesso à cidade é utilizado por uma diversidade de veículos, desde automóveis de passeio até veículos comerciais leves. Já o acesso ao frigorífico concentra um fluxo predominante de veículos de grande porte, cuja operação exige maior área para manobras de entrada e saída, além de tempos de aceleração e desaceleração superiores aos dos veículos leves. As características de utilização foram consideradas de forma qualitativa, tomando-se como referência o tipo de empreendimento atendido e o perfil esperado de tráfego associado a cada acesso.

A situação de risco é agravada pelo fato de que os acessos estão localizados diretamente opostos um ao outro, sem qualquer separação física ou dispositivo que ordene o fluxo veicular, como barreiras de concreto do tipo "New Jersey", canteiro central ou sinalização específica. A ausência desses elementos aumenta significativamente a probabilidade de colisões transversais, principalmente em cenários de tráfego intenso ou em horários de maior movimento de carga e descarga no frigorífico.

Além disso, ambos os acessos não possuem infraestrutura adequada, inexistindo faixas de aceleração ou desaceleração, pavimentação adequada nas áreas de entrada e saída e sinalização vertical e horizontal, comprometendo a previsibilidade e segurança das manobras realizadas pelos condutores. Observa-se também a ausência de dispositivos de drenagem, o que favorece o acúmulo de água em períodos chuvosos, aumentando o risco de aquaplanagem, deterioração precoce do pavimento e comprometimento adicional da segurança viária.

#### **4.1 Proposta de Solução**

Com base na análise técnica e nas diretrizes normativas, as soluções pensadas para o caso dos dois acessos irregulares é:

- Fechamento do acesso clandestino à cidade [Acesso 2], uma vez que o município já possui um acesso regularizado que atende às necessidades de mobilidade;
- O acesso ao frigorífico [Acesso 1], apresentado na Figura 11, poderá ser mantido ou realocado, desde que seja regularizado formalmente e receba intervenções de adequação operacional, incluindo faixas de aceleração e desaceleração, pavimentação compatível com o tráfego de veículos pesados e sinalização horizontal e vertical completa, de forma a assegurar segurança viária e fluidez no tráfego da rodovia.

#### **4.2 Tipificação e elaboração do Projeto de Acesso**

Na etapa inicial da elaboração do projeto funcional do acesso é fundamental realizar a correta tipificação do acesso através das informações obtidas pelo Manual de Projeto de Acessos de Áreas Lindeiras a Rodovias Federais (DNIT, 2024).

Considerando que o acesso em estudo atende a um frigorífico cuja operação envolve predominantemente veículos comerciais pesados, é necessário estimar, de forma hipotética, a demanda de tráfego gerada. Com base em dados publicados pelo Jornal do Comércio (2024), a empresa realiza uma média de 500 abates diários.

Supondo que o veículo predominante que faz uso ao acesso seja uma carreta boiadeira de dois andares e que transporte cerca de 50 bovinos por viagem, estimam-se aproximadamente 10 viagens/dia apenas para o deslocamento de animais vivos até o frigorífico (Jornal do Comércio, 2024). Após o abate, considerando rendimento médio de carcaça de 55% e peso médio adotado de 500 kg/animal — dentro do intervalo típico 450 a 600 kg para animais de corte —, a produção diária de carne atinge cerca de 137.500 kg (ABIEC, 2024). Admitindo que um caminhão frigorífico médio transporte aproximadamente 6.000 kg/viagem — premissa compatível com capacidades usuais de caminhões 2 eixos e com os limites de PBTC/dimensões da Resolução CONTRAN nº 882/2021, são necessárias cerca de 23 viagens/dia para o escoamento da carne processada, de modo que os fluxos operacionais diretamente ligados à carga somam aproximadamente 33 viagens/dia, contando a entrada e saída dos veículos vazios, serão 66 viagens/dia.

Figura 12 – Carreta Boiadeira de dois andares



Fonte: Carrocerias Boiadeiro (2025)

Para fins de enquadramento e dimensionamento preliminar do acesso em regularização, adota-se um VDG < 100 viagens/dia, coerente com a natureza estritamente operacional do ponto (entrada de boiadeiros, saída de caminhões frigoríficos e, de forma controlada, fretados corporativos), enquanto o tráfego administrativo de funcionários/visitantes é segregado para portaria distinta conectada à via municipal. Essa diretriz, formalizada em um Plano Operacional do Acesso (POA) — com controle de portaria, sinalização interna (“Cargas/Expedição” vs. “Administrativo/Funcionários”), agendamento de docas, consolidação de cargas,

escalonamento de turnos e monitoramento contínuo de VDG/VHP — mantém a demanda abaixo do limiar de 100 viagens/dia, condição compatível com a regularização sem necessidade de interseção, desde que observadas as exigências de segurança e o veículo de projeto aplicável (DNIT, 2024). Esse valor é inferior a 100 viagens diárias e, portanto, com base no tipo de veículo envolvido e no volume gerado, o acesso proposto enquadra-se na Categoria Tipo “D”, definida como Acesso Regular para Veículos Comerciais Pesados (SR/CO+RE), conforme apresentado na Tabela 3.

Importa esclarecer que o veículo considerado no dimensionamento não é um conjunto com semirreboque (SR); contudo, dadas suas dimensões, PBTC/lotação e a operação típica de carroceria boiadeira de dois pavimentos, ele também não se enquadra como veículo comercial leve para transporte de animais. Assim, para fins de tipificação do acesso, mantém-se o enquadramento como Veículo Comercial Pesado, preservando a classificação Tipo “D” — Acesso Regular para Veículos Comerciais Pesados, nos termos do DNIT (2024) conforme ilustrado na Tabela 3.

Tabela 3 - Tipificação dos Acessos

<b>Tipo</b>	<b>Viagens Geradas por dia - VGD <sup>(1)</sup></b>	<b>Veículo Crítico</b>
A	VGD ≤ 16	Acesso de uso exclusivo de Veículos de Passeio (VP) <sup>(2)</sup>
B	VGD ≤ 40	Acesso de uso exclusivo de Veículos de Passeio (VP) <sup>(2)</sup>
C	VGD ≤ 100	Acesso regular para Veículos Comerciais Leves (CO/O) <sup>(3)</sup>
D	VGD ≤ 100	Acesso regular para Veículos Comerciais Pesados (SR/CO+RE) <sup>(4) (5)</sup>
E	100 < VGD < 200 <sup>(6)</sup>	-
F	VGD ≥ 200 <sup>(7) (8) (9)</sup>	-

<sup>(1)</sup> VGD: Viagens geradas por dia pelo acesso – número total de viagens geradas no acesso (soma das viagens que entram e saem do acesso por dia).

<sup>(2)</sup> VP: Veículo de passeio – representa os veículos leves, física e operacionalmente assimiláveis ao automóvel, incluindo minivans, vans, utilitários, pick-ups e similares.

<sup>(3)</sup> CO/O: Caminhão e ônibus – “CO” representa os veículos comerciais rígidos, não articulados, de menores dimensões, abrangem os caminhões e ônibus convencionais, de dois eixos e quatro a seis rodas e “O” representa os veículos comerciais rígidos, não articulados, destinados ao transporte coletivo de passageiros, incluindo ônibus.

<sup>(4)</sup> SR: Semirreboque – representa os veículos comerciais rígidos, articulados, que se apoiam na sua unidade tratora ou é a ela ligado por meio de articulação.

<sup>(5)</sup> CO + RE: (Caminhão ou ônibus) + Reboque – “RE” representa os veículos denominados Reboque, destinados a serem engatados atrás de um veículo automotor.

<sup>(6)</sup> Acessos tipificados como tipo “E” deverão desenvolver projeto de engenharia específico conforme diretrizes preconizadas na Publicação IPR 718 - Manual de Projeto de Interseções ou, se autorizado pelo DNIT, utilizar as soluções-tipo sugeridas para os acessos de tipo “D”.

<sup>(7)</sup> Acessos classificados como tipo “F” deverão desenvolver projeto de engenharia específico conforme diretrizes preconizadas na Publicação IPR 718 - Manual de Projeto de Interseções.

<sup>(8)</sup> Postos de Revenda de Combustíveis (PRC), independente do VGD, são classificados como tipo “F”.

<sup>(9)</sup> Acessos cujo veículo crítico sejam veículos destinados ao transporte de cargas indivisíveis e excedentes em peso ou dimensões são classificados como “F”, independente do VGD.

Fonte: Manual de Acesso de Propriedades Marginais a Rodovias Federais (DNIT, 2024)

#### 4.3 Distância mínima entre acessos

A identificação da tipologia específica do acesso como Tipo D permite avaliar e estabelecer a distância mínima recomendada entre acessos consecutivos. A Tabela 4 indica que esse valor deve variar entre 400 e 500 metros de distância, a depender das características dos acessos adjacentes.

Tabela 4 - Distância entre acessos, interseções e retornos

Localização	Tipo de rodovia	Tipo do acesso analisado	Tipo dos acessos próximos (antecessor e/ou sucessor) <sup>(2)</sup>		
			A e B	C e D	E e F, Interseções e retornos
Rural <sup>(1)</sup>	Pista simples	A e B	350	400	450
		C e D	400	450	500
		E	450	500	500
	Pista dupla	A e B	300	350	400
		C e D	350	400	450
		E	400	450	500
Urbano <sup>(1)</sup>	Pista simples	A e B	250	300	350
		C e D	300	350	400
		E	350	400	450
	Pista dupla	A e B	200	250	300
		C e D	250	300	350
		E	300	350	400

<sup>(1)</sup> Caso não exista normatização expressa, ficará a cargo do projetista apresentar características que definam a localização do acesso.  
<sup>(2)</sup> O acesso analisado deverá, necessariamente, atender à distância mínima do acesso sucessor e à distância mínima do acesso antecessor, sendo cada uma dessas distâncias independentes entre si.

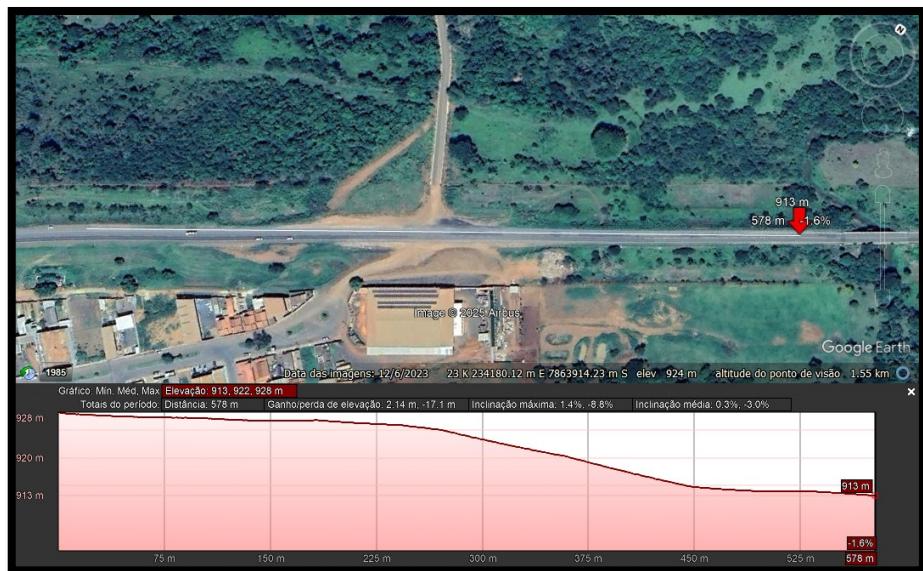
Fonte: Manual de Acesso de Propriedades Marginais a Rodovias Federais (2024)

Além disso, existem outras diretrizes importantes que devem ser observadas quanto ao distanciamento mínimo entre acessos em rodovias de pista simples. Quando dois acessos estiverem localizados em lados opostos e houver barreiras rígidas de concreto do tipo "New Jersey" ou similares, a distância mínima entre acessos opostos pode ser nula (0 metros), desde que exista um adequado controle de fluxo. No caso analisado, onde não há separação física, a distância mínima entre eles deve ser de 500 metros (DNIT, 2024).

#### 4.4 Influência da Altitude

Durante a análise topográfica, realizada através do Google Earth, do trecho em estudo, identificou-se uma variação altimétrica de aproximadamente 15 m, com cotas entre 928 m e 913 m ao longo de uma extensão de 578 m como é possível ver na Figura 13. Esse desnível resulta em um greide médio da ordem de 2,6%, valor que, embora esteja dentro de limites aceitáveis para rodovias rurais de pista simples, influencia diretamente no desempenho operacional do tráfego.

Figura 13 – Altimetria do terreno



Fonte: Google Earth (2025)

$$i = \frac{\Delta H}{L} \times 100 = \frac{928 - 913}{578} \times 100 = 2,59\% \quad (1)$$

Onde:

- $\Delta H$  = Variação de altitude (m)
- $L$  = Extensão do trecho (m)
- $i$  = Greide em porcentagem (%)

Nos trechos em acente, veículos pesados apresentam redução acentuada de velocidade, impactando a fluidez do tráfego principal e ampliando o risco de interferências com os fluxos de passagem. Já nos segmentos em declive, observa-se tendência de aceleração, o que pode reduzir os tempos de reação dos condutores e aumentar a severidade potencial de colisões.

A variação altimétrica também repercute na distância de visibilidade disponível, pois em rampas descendentes a visibilidade longitudinal tende a ser reduzida em função do ângulo do greide, exigindo ajustes nos valores mínimos estabelecidos em norma. O Manual de Projeto de Acessos de Áreas Lindeiras a Rodovias Federais (DNIT, 2024) prevê fatores de correção específicos para esses casos, conforme já discutido no item 4.5, reforçando a necessidade de considerar o relevo como condicionante fundamental para o dimensionamento seguro dos acessos.

Dessa forma, a análise do perfil longitudinal evidencia que, ainda que a variação altimétrica seja moderada, seus efeitos sobre a operação viária são significativos, sobretudo em contextos com tráfego intenso de veículos comerciais pesados. Assim, a integração entre os critérios geométricos e as condições topográficas locais constitui requisito indispensável para assegurar a segurança operacional do acesso.

#### **4.5 Distância de Visibilidade**

A determinação da distância de visibilidade longitudinal em acessos rodoviários é imprescindível para assegurar que os condutores consigam reconhecer o ponto de entrada com antecedência suficiente, permitindo reduções de velocidade, mudanças de faixa e conversões com segurança. No caso específico do estudo de caso analisado, onde corresponde a um acesso Tipo D — acesso regular destinado a veículos comerciais pesados — localizado em trecho ondulado de rodovia federal Classe I, adota-se a velocidade de projeto de 80 km/h conforme indicado na Tabela 5.

Tabela 5 - Velocidade de Projeto para novos traçados, em função da classe de projeto e relevo

Classe de projeto	Velocidade de projeto (km/h)		
	Relevo		
	Plano	Ondulado	Montanhoso
Classe 0	120	100	80
Classe I	100	80	60
Classe II	100	70	50
Classe III	80	60	40
Classe IV	80-60	60-40	40-30

Fonte: Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais<sup>(1)</sup>

Fonte: Normas para o Projeto das Estradas de Rodagem (DER, 1999)

De acordo com os dados apresentados na Tabela 6, a distância de visibilidade mínima (DV) para manobras de decisão em acessos convencionais, à velocidade de 80 km/h, é de 230 m. Caso o acesso receba com frequência veículos especiais — por exemplo, combinações de carga com peso ou dimensões fora do padrão — recomenda-se adotar o valor de 315 m, previsto para situações de maior porte veicular (DNIT, 2024).

Tabela 6 - Distância mínima de visibilidade para tomada de decisão

<b>Velocidade diretriz da rodovia (km/h)</b>	50	60	70	80	90	100	110	120
<b>Distância mínima de visibilidade (m)</b>	145	170	200	230	270	315	330	360

Fonte: Manual de Acesso de Propriedades Marginais a Rodovias Federais (2024)

Quando o traçado apresenta greide longitudinal pronunciado, a Distância de Visibilidade (DV) deve ser ajustada por meio de fatores de correção fornecidos na Tabela 4 do Manual de Projeto Geométrico (Tabela 7). No caso em estudo, o greide real calculado foi de aproximadamente 2,6%. Para rampas descendentes nessa condição, aplica-se o fator de correção  $k = 1,0$ , resultando em:

Tabela 7 - Ajuste na distância de visibilidade

Greide da aproximação (%)	Velocidade diretriz da via de aproximação (km/h)										
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
- 6	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
- 5	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2
- 4	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
- 3 a + 3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
+ 4	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
+ 5	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
+ 6	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9

Fonte: Manual de Acesso de Propriedades Marginais a Rodovias Federais (2024)

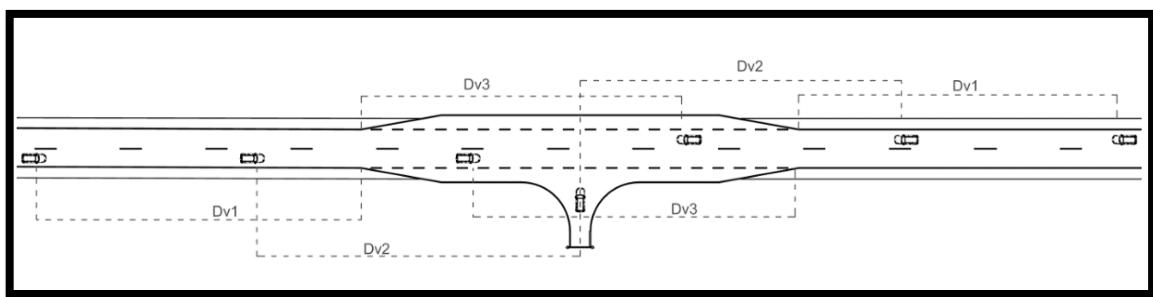
$$DV_{ajustada} = 230 \text{ m} \times 1,0 = 230 \text{ m} \quad (2)$$

Caso se utilizem os valores de veículos especiais, obtém-se:

$$DV_{ajustada\ (veíc.\ esp.)} = 315\ m \times 1,0 \approx 315\ m \quad (3)$$

A visibilidade deve ser verificada nos três pontos críticos do acesso — divergência (Dv<sub>1</sub>), cruzamento (Dv<sub>2</sub>) e convergência (Dv<sub>3</sub>) — sempre a partir do ponto de decisão no eixo da pista (DNIT, 2024), conforme a Figura 14 - Distância de Visibilidade (Figura 1 do Manual).

Figura 14 – Distâncias de Visibilidade



Fonte: Manual de Projeto de Acessos de Áreas Lindeiras a Rodovias Federais (DNIT, 2024)

Quando a DV disponível for inferior aos valores ajustados, devem-se prever intervenções como:

- a) reperfilamento do greide (corte de cristas ou complementação de aterros);
- b) remoção ou afastamento de barreiras visuais (vegetação, elementos de drenagem, sinalização);
- c) implantação de sinalização de advertência reforçada, caso modificações geométricas sejam inviáveis a curto prazo.

Dessa forma, garante-se que a segurança operacional e a fluidez do tráfego nos acessos rodoviários sejam mantidas, mesmo em condições topográficas desfavoráveis, atendendo às exigências das normas técnicas em vigor.

#### 4.6 Raios mínimos de curvatura horizontal

Conforme a Tabela 8, que apresenta os raios mínimos nos bordos da pista compatíveis com as trajetórias dos veículos críticos definidos, as condições de conversão são classificadas em A, B e C, de acordo com o grau de facilidade e segurança da manobra. A Condição A é restrita,

adequada apenas para automóveis, exigindo que veículos pesados invadam faixas adjacentes para concluir o giro. A Condição B é intermediária, permitindo que caminhões rígidos realizem a conversão com maior segurança, embora semirreboques ainda encontrem dificuldade. Já a Condição C é a mais confortável e recomendada, possibilitando que semirreboques e combinações de veículos de carga executem o giro sem invadir faixas vizinhas, garantindo maior segurança operacional ao tráfego misto. Entende-se por conversão de 90° o giro entre ramos ortogonais (eixos formando ângulo aproximado de 90°), típico de acessos que se conectam perpendicularmente à rodovia principal; nessa situação, o traçado do bordo interno deve acomodar a trajetória do veículo crítico sem invasão de faixas adjacentes. Para essas conversões a 90°, recomenda-se o uso de curvas compostas de três centros; para semirreboques (SR), adota-se a configuração 55–20–55, sendo 20 m o raio interno mínimo, o que garante a manobra sem invasão de faixas e caracteriza a Condição C.

Tabela 8 – Condições mínimas de projeto para pistas de conversão

Ângulo de conversão	Classificação de projeto	Curva composta de três centros		Largura da pista (m)	Área aproximada da ilha (m <sup>2</sup> )
		Raios (m)	Afastamento (m)		
75°	A	45 - 23 - 45	1,0	4,2	5,5
	B	45 - 23 - 45	1,5	5,4	5,0
	C	55 - 28 - 55	1,0	6,0	5,0
90°	A	45 - 15 - 45	1,0	4,2	5,0
	B	45 - 15 - 45	1,5	5,4	7,5
	C	55 - 20 - 55	2,0	6,0	11,5
105°	A	36 - 12 - 36	0,6	4,5	6,5
	B	30 - 11 - 38	1,5	6,6	5,0
	C	55 - 14 - 55	2,4	9,0	5,5
120°	A	30 - 9 - 30	0,8	4,8	11,0
	B	30 - 9 - 30	1,5	7,2	8,5
	C	55 - 12 - 55	2,5	10,2	20,0
135°	A	30 - 9 - 30	0,8	4,8	43,0
	B	30 - 9 - 30	1,5	7,8	35,0
	C	48 - 11 - 48	2,7	10,5	60,0
150°	A	30 - 9 - 30	0,8	4,8	130,0
	B	30 - 9 - 30	2,0	9,0	110,0
	C	48 - 11 - 48	2,1	11,4	160,0

Fonte: Manual de Acesso de Propriedades Marginais a Rodovias Federais (2024)

#### 4.7 Dimensões das Faixas de Mudança de Velocidade

As dimensões das faixas de aceleração e desaceleração são estabelecidas em função da classificação do acesso e do veículo crítico de projeto. Para acessos classificados no Nível 04, geralmente aplicável a acessos do tipo "D", os comprimentos das faixas devem ser definidos conforme a Tabela 9 e a Tabela 10.

Tabela 9 - Comprimento das faixas de mudança de velocidade – faixa de desaceleração  
(Nível 3 e 4)

Velocidade diretriz (km/h)	Taper (m)	Comprimento da faixa de desaceleração, inclusive taper (m)							
		Velocidade de segurança da curva de saída (km/h)							
		0	20	30	40	50	60	70	80
40	40	60	50	40	-	-	-	-	-
50	45	75	70	60	45	-	-	-	-
60	55	95	90	80	65	55	-	-	-
70	60	110	105	95	85	70	60	-	-
80	70	130	125	115	100	90	80	70	-
90	80	145	140	135	120	110	100	90	80
100	85	170	165	155	145	135	120	100	85
110	90	180	180	170	160	150	140	120	105
120	100	200	195	185	175	170	155	140	120

NOTA 1: O comprimento mínimo da faixa de desaceleração será sempre o do taper.

Fonte: Manual de Acesso de Propriedades Marginais a Rodovias Federais (2024)

Tabela 10 - Comprimento das faixas de mudança de velocidade – faixa de aceleração  
(Nível 3 e 4)

Velocidade diretriz (km/h)	Taper (m)	Comprimento da faixa de aceleração, inclusive taper (m)							
		Velocidade de segurança da curva de entrada (km/h)							
		0	20	30	40	50	60	70	80
40	40	60	50	40	-	-	-	-	-
50	45	90	70	60	45	-	-	-	-
60	55	130	110	100	70	55	-	-	-
70	60	180	150	140	120	90	60	-	-
80	70	230	210	200	180	140	100	70	-
90	80	280	250	240	220	190	140	100	80
100	85	340	310	290	280	240	200	170	110
110	90	390	360	350	320	290	250	200	160
120	100	430	400	390	360	330	290	240	200

NOTA 1: O comprimento mínimo da faixa de aceleração será sempre o do taper.

Fonte: Manual de Acesso de Propriedades Marginais a Rodovias Federais (2024)

Para a extração dos dados das tabelas 9 e 10, foi necessário, primeiramente, determinar a velocidade de segurança de entrada e saída. Essa velocidade representa o valor seguro com

que um veículo pode realizar o contorno de uma curva, considerando fatores como o coeficiente de atrito entre o pneu e o pavimento, a superelevação da via e o raio da curva. Ressalta-se que a velocidade de curva não necessariamente corresponde à velocidade de projeto, uma vez que seu objetivo é garantir a segurança em situações específicas, como mudanças de trajetória em interseções, retornos ou acessos.

A equação estabelecida no Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais (DNER, 1999) que determina a velocidade segura ( $V$ ) para uma curva horizontal simples é dada por:

$$V = \sqrt{127 \cdot R \cdot (e + f)} \quad (4)$$

Onde:

- $V$ : velocidade de projeto (km/h)
- $R$ : raio mínimo da curva (m)
- $e$ : superelevação (adimensional) — usualmente variando entre 6% e 8% para rodovias rurais, conforme DNER (1999)
- $f$ : coeficiente de atrito transversal (Tabela 11)

Tabela 11 - Valores máximos de coeficientes de atrito transversal

Velocidade diretriz (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Coeficiente de atrito transversal $f_{max}$	0,2	0,18	0,16	0,15	0,15	0,14	0,14	0,13	0,12	0,11

Fonte: Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais (DNER, 1999)

### Parâmetros adotados:

- Velocidade de projeto:  $V=80$  km/h
- Superelevação:  $e =0,08$  (8%) limite máximo recomendado pelo (DNER, 1999)
- Coeficiente de atrito transversal:  $f =0,14$  - obtido da Tabela 11 (DNER, 1999)
- Raio:  $R=20$  metros.

Substituindo na equação:

$$V = \sqrt{127 \cdot 20 \cdot (0,08 + 0,14)} = \sqrt{558,8} \approx 23,64 \text{ km/h} \quad (5)$$

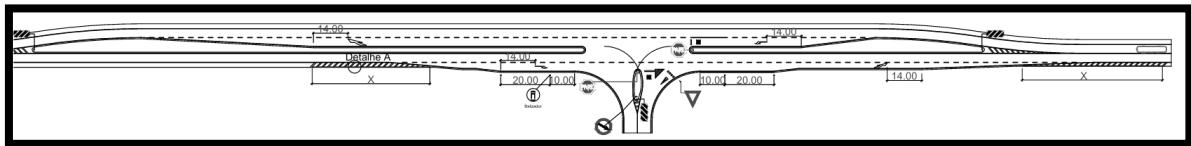
Com base na velocidade de entrada e saída estimada para a curva, adotam-se os seguintes comprimentos mínimos para garantir segurança nas manobras:

- **Faixa de aceleração:** 205 m (conforme Tabela 10)
- **Faixa de desaceleração:** 120 m (conforme Tabela 9)

#### 4.8 Geometria dos Acessos Tipos D

O acesso tipo D é indicado para empreendimentos com baixo volume de tráfego, limitado a até 100 veículos por hora. Trata-se de um acesso com geometria simplificada, normalmente sem faixas de aceleração e desaceleração, sendo a entrada e saída realizadas diretamente na pista da rodovia. No entanto, quando o acesso prevê manobras de conversão à esquerda ou a necessidade de maior segurança operacional, soluções mais completas podem ser adotadas.

Figura 15 - Solução 11 - Acesso Tipo D



Fonte: Manual de Projeto de Acessos de Áreas Lindeiras a Rodovias Federais (2024)

Para o caso analisado, optou-se pela Solução 11, indicada na Figura 15, que representa um arranjo mais robusto dentro do tipo D, adotando o nível 4 de flexibilização. Nessa configuração, são previstas faixas de aceleração e desaceleração com comprimentos variáveis, conforme a velocidade diretriz da rodovia.

As principais características geométricas e operacionais da Solução 11 são:

- Faixas de aceleração e desaceleração dimensionadas conforme a velocidade da rodovia;
- Ilha canalizadora central no eixo do acesso, com a função de orientar o movimento dos veículos;
- Geometria projetada com base nos veículos críticos SR ou CO+RE, conforme o uso esperado do acesso;

- Faixa de espera central para conversão à esquerda, com largura de 3,60 m, acompanhando a pista da rodovia;
- Canteiro separador com largura de 1,80 m e afastamentos laterais de 0,50 m da sinalização horizontal, totalizando 6,40 m na seção central (valores mínimos: faixa de 3,00 m e canteiro de 0,60 m em áreas restritas);
- Abertura no canteiro central com largura de 43,2 m, permitindo o giro seguro do veículo crítico SR (consultar Tabela 11 para outros casos);
- Comprimento de faixa de armazenamento de 15 m, adequado a volumes de conversão de até 15 veículos por hora;
- Sinalização vertical e horizontal completa, composta por:
  - Duas placas de “PARE”;
  - Uma placa de “Dê a preferência”;
  - Uma placa de “Sentido Obrigatório”;
  - Três placas do tipo “MP-1”;
  - Marcação horizontal de parada para conversão à esquerda e para entrada à direita com prioridade;
  - Marcação de área não utilizável no acostamento;
  - Marcação de orientação de movimentos laterais dos veículos;

#### **4.9 Aplicação da ferramenta de microssimulação de tráfego VISSIM no Estudo de Caso**

No presente estudo, o *software* PTV VISSIM 2024 foi utilizado para simular o cenário atual dos acessos irregulares em um trecho de rodovia que atende à cidade. O objetivo inicial foi analisar o impacto dessa configuração, considerada crítica sob a ótica da segurança viária, uma vez que acessos opostos podem ocasionar conflitos diretos entre os fluxos veiculares que ingressam e saem da pista de rolamento.

O projeto foi iniciado no *software* com a criação de um novo arquivo, nomeado “Acessos\_Irregulares”. Em seguida, procedeu-se à modelagem da rodovia principal por meio da ferramenta Links, com a inserção de um segmento retilíneo de faixa única com 3,0 m de largura e comportamento de tráfego configurado como livre (*Free*). Para representar o fluxo bidirecional, criou-se um segundo *link* em sentido oposto, com as mesmas características. O traçado foi desenhado exatamente na posição do acesso atualmente existente, uma vez que a

interface do programa se apoia no Google Earth, o que permite reproduzir fielmente a implantação e o entorno do local.

Os dois acessos irregulares foram modelados com a ferramenta *Links*, conforme indicado na Tabela 12, posicionando-se perpendicularmente à rodovia, diretamente um em frente ao outro onde atualmente está localizado o acesso. Ambos os acessos foram configurados com 3,0 metros de largura e sem faixas de aceleração ou desaceleração. Essa ausência de elementos de transição reflete a situação real dos acessos irregulares. Um dos acessos foi direcionado para uma área urbana e o outro para o frigorífico. As conexões entre os acessos e a rodovia foram realizadas por meio de conectores simples.

Tabela 12 - *Links* acessos irregulares

Nº	Nome	Tipo de Comportamento da Via	Tipo de Exibição	Nível	Nº de Faixas
1	BR – Faixa Direita	Rodovia (seleção livre de faixa)	Via cinza	Base	1
2	BR – Faixa Esquerda	Rodovia (seleção livre de faixa)	Via cinza	Base	1
3	Entrada da Cidade	Urbana (motorizada)	Via cinza	Base	1
4	Saída da Cidade	Urbana (motorizada)	Via cinza	Base	1
5	Saída do Frigorífico	Urbana (motorizada)	Via cinza	Base	1
6	Entrada do Frigorífico	Urbana (motorizada)	Via cinza	Base	1
10001	Conektor do Frigorífico	Urbana (motorizada)	Via cinza	Base	1
10002	Conektor da Rotatória	Urbana (motorizada)	Via cinza	Base	1
10003	Conektor da Rotatória	Urbana (motorizada)	Via cinza	Base	1
10004	Conektor da Rotatória	Rodovia (seleção livre de faixa)	Via cinza	Base	1

Fonte: VISSIM (2025)

A velocidade operacional dos veículos que realizam manobras de entrada ou saída pelos acessos foi ajustada para 15 km/h nos trechos correspondentes, de modo a representar a desaceleração observada nessas situações. Embora o cálculo preliminar tenha indicado 23 km/h, esse valor pressupõe condições ideais de traçado, o que não se verifica no local; por critério conservador, adotou-se 15 km/h. Já os veículos que permanecem trafegando pela rodovia principal mantiveram a velocidade de 80 km/h, conforme a condição operacional típica da via. Nenhum dispositivo de sinalização foi inserido, mantendo-se a condição de ausência de controle viário nos acessos, característica comum a situações irregulares.

Para estimar os volumes de tráfego na rodovia, foi utilizado o portal oficial do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2025), uma plataforma vinculada ao Plano Nacional de Contagem de Tráfego (PNCT), que disponibiliza gratuitamente informações sobre o volume de veículos nas rodovias federais, por meio de postos de contagem automática instalados em diversos pontos do país. Esses ponto fornece dados contínuos de volume veicular, registrados hora a hora, abrangendo o período de 2021 a 2024.

Foi escolhido um dos marcadores disponíveis no sistema aleatoriamente. A partir dele, foi utilizada a planilha referente ao ano de 2024, de modo a assegurar maior compatibilidade com a realidade atual. Para a amostragem, selecionou-se o mês de dezembro e, dentro desse conjunto de dados, identificou-se o horário de maior fluxo de veículos: às 9h do dia 21 de dezembro de 2024. Nesse intervalo, o volume observado foi de 685 veículos/h, distribuídos em 236 veículos no sentido crescente e 449 no sentido decrescente da rodovia, conforme apresentado na Tabela 13.

O valor correspondente à hora-pico foi, então, adotado como parâmetro de entrada no *software VISSIM*, buscando representar a condição de tráfego mais crítica e, portanto, mais realista para o modelo simulado.

Tabela 13 - Fluxo de veículos por hora PICO

Data	Hora	Sentido	(A) Ônibus/ Caminhão de 2 eixos	(B) Ônibus/ Caminhão de 3 eixos	(C) Caminhão de 4 eixos	(D) Caminhão de 5 eixos	(E) Caminhão de 6 eixos	(F) Caminhão de 7 eixos	(G) Caminhão de 8 eixos	(H) Caminhão de 9 eixos	(I) Passeio	(J) Motocicleta	(L) Indefinido	Total p/ sentido	Total
21/12/2024	9	C	16	7	7	3	15	6	0	5	173	3	1	236	
21/12/2024	9	D	12	14	6	5	15	9	0	13	365	3	7	449	685

Fonte: Autora (2025)

Para o dimensionamento do acesso ao frigorífico, foi considerado um Volume Diário de Entrada e Saída de Veículos (Viagem Gerada por Dia - VDG) inferior a 100 veículos por dia, o que permite a adoção de um acesso tipo D, conforme as diretrizes do Manual do DNIT (2024). Considerando que o frigorífico opere apenas em horário comercial (8 horas por dia), obteve-se uma média de 12,5 veículos por hora. Para fins de projeto, esse valor foi arredondado para 13 veículos por hora, mantendo-se dentro do limite permitido para esse tipo de acesso.

E por fim para o fluxo de veículos da cidade foi feito um cálculo aproximado do volume diário de entrada e saída da cidade. Conforme já foi mencionado anteriormente, a cidade em questão possui aproximadamente 16.000 habitantes. Para fins de planejamento viário e dimensionamento de acessos, é possível utilizar como referência uma taxa média de 0,4 viagens por habitante por dia, valor conservador indicado no Manual de Planejamento de Transportes Urbanos, elaborado pelo Grupo Executivo de Integração da Política de Transportes (GEIPOT), vinculado ao Ministério dos Transportes (GEIPOT, 1978).

Por se tratar de um acesso urbano, deve ser considerado como uma via destinada a todos os tipos de veículos, garantindo a mobilidade tanto de veículos leves quanto pesados. No entanto, por se tratar da entrada secundária de uma cidade, é natural que se trate de um acesso mais movimentado do que o acesso analisado anteriormente, mas menos movimentado que o acesso principal à cidade.

Segundo esse manual, municípios de pequeno porte (até 20 mil habitantes) apresentam, em média, entre 0,4 e 1,0 viagens diárias por habitante, dependendo do porte urbano, oferta de transporte público e características socioeconômicas (GEIPOT, 1978). A adoção do valor de 0,4 reflete uma abordagem cautelosa, adequada à realidade de cidades com baixa densidade populacional e menor complexidade de mobilidade.

Com base no coeficiente de geração de viagens de 0,4 viagens por habitante/dia, estima-se que a cidade registre um Viagem Diária Gerada (VDG) de aproximadamente 6.400 movimentações diárias. Desse total, cerca de 3.200 veículos realizam entradas e 3.200 realizam saídas diariamente, incluindo veículos leves, motocicletas, veículos comerciais leves, transporte público e veículos de carga, o que caracteriza o fluxo médio diário associado ao município.

Considerando uma distribuição uniforme ao longo das 24 horas do dia, estima-se uma média de aproximadamente 266 veículos por hora.

Para a inserção dos volumes de tráfego no programa, foi adotado o valor total para as duas faixas da rodovia, conforme apresentado na Tabela 14, considerando-se a distribuição proporcional a uma hora de operação. Embora o simulador utilize intervalos de 600 segundos, esse procedimento permitiu tornar o cenário mais congestionado, proporcionando dados que evidenciam de forma mais clara as deficiências de tráfego que se pretende analisar.

Tabela 14 - Volume de Tráfego – Acesso Irregular

Ligações	Volume (0-MÁX)	Composição de Veículos (0-MÁX)
BR – Faixa Direita	236	Carro, VCL, VCP (80 km/h)
BR – Faixa Esquerda	449	Carro, VCL, VCP (80 km/h)
Saída do Frigorífico	10	VCL, VCP (15 km/h)
Saída da Cidade	266	Carro, VCL, VCP (15 km/h)

Fonte: VISSIM (2025)

As rotas dos veículos foram definidas utilizando o recurso *Vehicle Routes*, estabelecendo diferentes possibilidades de trajeto conforme foi exemplificado na Figura 17. Durante a simulação cada veículo pode optar por acessar a via secundária ou seguir em frente.

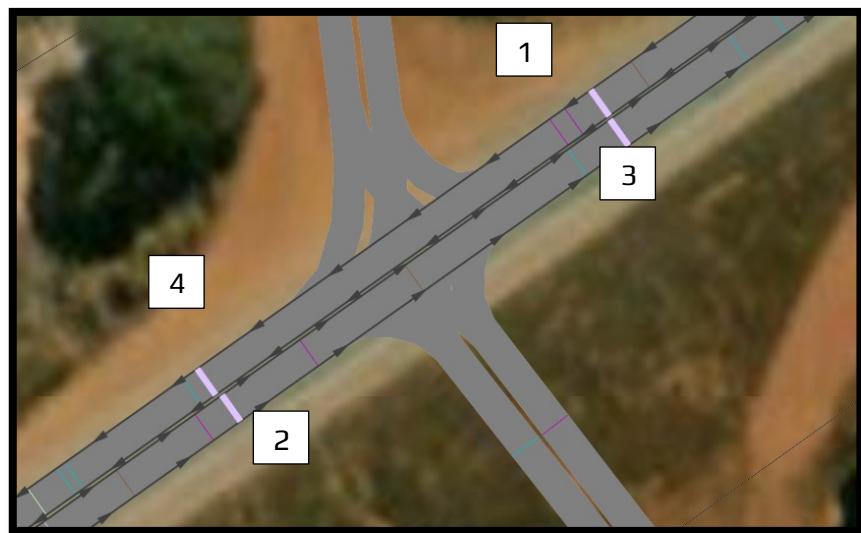
Figura 16 – Definição das rotas dos veículos por meio da ferramenta *Vehicle Routes*



Fonte: VISSIM (2025)

Um dos parâmetros medidos durante a simulação foi o tamanho das filas, a partir de marcos posicionados em locais estratégicos conforme ilustrado na Figura 18. Esses marcos foram posicionados em pontos estratégicos de entrada e saída de veículos, permitindo identificar com clareza os locais de maior impacto na fluidez do tráfego e a formação de filas associada à presença dos acessos.

Figura 17 – Posição dos contadores de filas *Queue Counter*



Fonte: VISSIM (2025)

Os resultados obtidos por meio do *Queue Counter* (Contador de Filas), ferramenta utilizada para medir e registrar o comportamento das filas de veículos, durante a simulação

estão apresentados na Tabela 15. Os parâmetros extraídos foram: *QLen* (*Queue Length*), que representa o comprimento médio da fila em metros durante o intervalo de tempo analisado; *QLenMax* (*Queue Maximum*), que indica o maior comprimento de fila em metros registrado no período; e *QStops* (*Queue Stops*), que corresponde ao número de paradas realizadas pelos veículos naquele ponto de medição, refletindo a interrupção do fluxo causada pelo acesso, conforme é demonstrado na Tabela 15.

Tabela 15 – Resultados marcadores de filas do acesso irregular

Número	Ligaçāo	Comprimento da Fila Atual (m)	Paradas Atuais (nº)	Comprimento Máx. da Fila (m)
1	BR - VIA ESQUERDA	0	0	0
2	BR - VIA DIREITA	1,64	9	56,21
3	BR - VIA DIREITA	0,95	1	65,87
4	BR - VIA ESQUERDA	0	0	0

Fonte: VISSIM (2025)

Observou-se que os pontos de formação de fila ocorreram do lado do acesso à cidade; contudo, na realidade, esse tipo de congestionamento não ocorre nesse local. É provável que esse efeito tenha sido causado apenas pelo aumento proposital do tráfego adotado no cenário para evidenciar as deficiências da rodovia.

Além da análise da formação de filas também foi examinada a variação da velocidade média dos veículos, a fim de mensurar o impacto do acesso irregular sobre a fluidez do tráfego. Para esse monitoramento, foram posicionados pontos de coleta de dados (*Data Collection Points*) em trechos imediatamente antes e depois do ponto de acesso, contemplando os dois sentidos da rodovia.

Figura 18 – Marcadores de velocidade média do acesso irregular



Fonte: VISSIM (2025)

Na Tabela 16 é apresenta a velocidade média, tanto harmônica quanto aritmética, de todos os veículos que passaram pelo trecho analisado durante a simulação. Para a análise dos resultados, foi considerada a média harmônica, por ser mais adequada para representar velocidades médias em situações em que a distância percorrida é constante entre os veículos.

Essa escolha se justifica porque a média aritmética tende a superestimar o valor real da velocidade média quando existem variações significativas entre veículos mais lentos e mais rápidos. Já a média harmônica dá maior peso às velocidades mais baixas, refletindo com maior fidelidade o tempo efetivo gasto pelos veículos no percurso. Em termos de engenharia de tráfego, a média harmônica corresponde à chamada velocidade média espacial, sendo recomendada para análises de fluxo em rodovias, pois considera o impacto dos veículos lentos sobre o desempenho do tráfego como um todo (TRB, 2010).

Tabela 16 – Resultados marcadores de velocidade média do acesso irregular

Intervalo de Tempo (s)	Medição de Coleta de Dados	Velocidade Média Aritmética (km/h)	Velocidade Média Harmônica (km/h)
100- 300	Faixa Esquerda	42,64	40,86
100- 300	Faixa Direita	44,25	43,68
300- 500	Faixa Esquerda	42,56	41,75
300- 500	Faixa Direita	44,67	44,22
500- 600	Faixa Esquerda	47,95	47,44
500- 600	Faixa Direita	46,30	46,29

Fonte: VISSIM (2025)

Nesta tabela, observa-se que a velocidade média harmônica registrada está significativamente abaixo da velocidade de projeto da via, indicando redução na fluidez do tráfego nos trechos analisados.

Outra análise realizada correspondeu ao tempo de viagem obtido pelo VISSIM, que representa o intervalo necessário para que os veículos percorram o trecho delimitado entre duas seções da via. Essa ferramenta fornece parâmetros como o *Travel Time (TravTm)*, que indica o tempo de deslocamento, o *Distance Travelled (DistTrav)*, correspondente à distância efetivamente percorrida, e o *Number of Vehicles (Vehs)*, que contabiliza os veículos que cruzam a seção final de contagem. Os resultados obtidos estão evidenciados na Tabela 17.

Tabela 17 – Resultados tempo de viagem médio do acesso irregular

Intervalo de Tempo (s)	Quantidade de Veículos	Tempo Médio de Viagem (s)	Distância Percorrida (m)
100- 300	23	74,4	550
100- 300	14	25,7	550
300- 500	16	48,5	550
300- 500	12	25,3	550
500- 600	10	60,4	550
500- 600	6	23,9	550

Fonte: VISSIM (2025)

Foi possível observar uma grande variação entre os tempos, indicando que o tráfego não fluiu de maneira uniforme ao longo dos trechos analisados.

Para fins de comparação, também foi analisado o mesmo trecho da rodovia em um cenário sem acessos, mostrado na Figura 20, de forma a obter os mesmos indicadores de desempenho do tráfego e permitir a avaliação direta dos impactos gerados pelos acessos

irregulares. Os resultados dessa simulação estão apresentados na Tabelas 18 e na Tabela 19. O único parâmetro não tabulado foi a formação de filas, uma vez que, em condições normais de operação da via, não se espera a ocorrência de retenções significativas que justifiquem o registro desse dado.

Figura 19 - Cenário sem acessos



Fonte: VISSIM (2025)

Tabela 18 - Resultados marcadores de velocidade média do trecho sem acessos

Intervalo de Tempo (s)	Medição de Coleta de Dados	Velocidade Média Aritmética (km/h)	Velocidade Média Harmônica (km/h)
100- 300	Faixa Esquerda	85,77	85,45
100- 300	Faixa Direita	84,63	84,30
300- 500	Faixa Esquerda	84,87	84,47
300- 500	Faixa Direita	84,67	84,25
500- 600	Faixa Esquerda	82,92	82,76
500- 600	Faixa Direita	84,26	83,95

Fonte: VISSIM (2025)

Tabela 19 - Resultados tempo de viagem médio do trecho sem acessos

Intervalo de Tempo (s)	Quantidade de Veículos	Tempo Médio de Viagem (s)	Distância Percorrida (m)
100- 300	44	21,4	550
100- 300	44	21,1	550
300- 500	51	21,4	550
300- 500	42	21,3	550
500- 600	27	21,6	550
500- 600	19	21,8	550

Fonte: VISSIM (2025)

#### 4.10 Simulação e Análise do Projeto Proposto no Software VISSIM

Dando continuidade ao estudo e considerando o entendimento prévio do funcionamento da simulação, aplica-se, nesta etapa, a mesma metodologia à concepção proposta para a readequação dos acessos, conforme descrito anteriormente. O objetivo é validar os efeitos das modificações projetadas sobre o comportamento do tráfego e compará-los aos resultados obtidos no cenário anterior. Para isso, foi criado um terceiro arquivo e foram considerados os dados dos elementos geométricos calculados anteriormente. Com base nesses parâmetros, foi desenvolvido no VISSIM, utilizando a ferramenta *Links*, um traçado que busca representar, de forma fiel e coerente, a Solução 11 – Acesso Tipo D com Faixa de Mudança de Velocidade Nível 4, para pista simples, conforme diretrizes estabelecidas no *Manual de Projeto de Acessos de Áreas Lindeiras a Rodovias Federais – DNIT, 2024* (Figura 20), conforme ilustrado na Figura 21.

Figura 21 - Acesso Regular Frigorífico



Fonte: VISSIM (2025)

Após a definição do traçado foram replicados os mesmos procedimentos adotados na simulação anterior. Inicialmente, foram inseridos os volumes de veículos e as velocidades correspondentes a cada trecho, mantendo-se os valores utilizados anteriormente, de modo a possibilitar uma comparação coerente entre os cenários, conforme mostrado na Tabela 20. As rotas também foram configuradas conforme os trajetos previstos para os veículos no novo arranjo geométrico, como é exemplificado na Figura 22.

Tabela 20 - Volume de tráfego acesso regular

Número	Ligaçāo	Volume (0-MÁX)	Composição de Veículos (0-MÁX)
1	Saída do Frigorífico	10	VCL, VCP (23 km/h)
2	BR – Faixa Esquerda	449	Carro, VCL, VCP (80 km/h)
3	BR – Faixa Direita	236	Carro, VCL, VCP (80 km/h)

Fonte: VISSIN (2025)

Figura 22 – Rota veículos acesso regular



Fonte: VISSIM (2025)

Por fim — etapa não contemplada na simulação anterior, uma vez que o cenário irregular modelado inicialmente não dispunha de sinalização — foram inseridas placas de “Pare” e de “Dê a Preferência” em conformidade com o *Manual de Projeto de Acessos de Áreas Lindeiras a Rodovias Federais* (DNIT, 2024) (Figura 23).

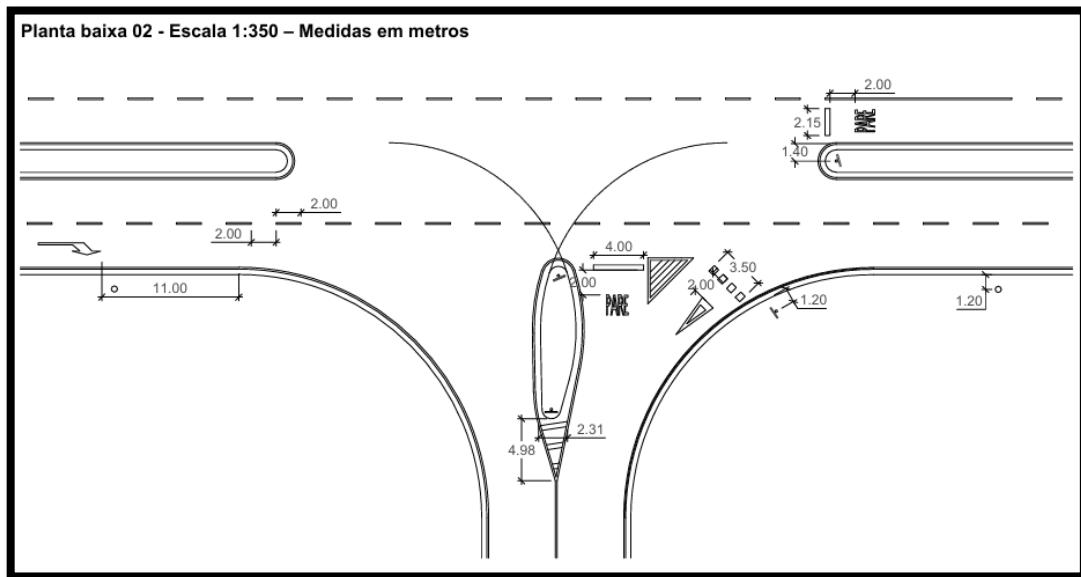
Adicionalmente, ressalta-se a relevância da sinalização horizontal, ainda que não tenha sido contemplada na simulação computacional. Em conformidade com o Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume IV (CONTRAN, 2019), a demarcação viária deveria prever a implantação de faixas de retenção contínuas, com largura mínima de 0,30 m, executadas em pintura branca refletiva, posicionadas imediatamente antes das placas de regulamentação vertical. Complementarmente, recomenda-se a utilização de linhas de canalização e setas direcionais na cor branca para disciplinar os movimentos de entrada e saída no acesso, bem como a aplicação de faixas de bordo e de eixo (contínuas ou seccionadas, em branco e amarelo, conforme o sentido e a função), com vistas a reforçar a orientação visual dos condutores.

Em trechos classificados como de maior criticidade operacional, como no caso de acessos, recomenda-se a adoção de dispositivos auxiliares de segurança, como tachas refletivas (popularmente conhecidas como “olhos de gato”), nas cores branca e amarela, obedecendo ao espaçamento regulamentar (variando entre 6 m e 12 m, de acordo com a velocidade operacional da via). Tais dispositivos proporcionam incremento significativo na visibilidade em condições

noturnas e adversas de luminosidade, favorecendo a percepção antecipada da geometria do trecho e das condições de circulação (CONTRAN, 2019).

Cumpre destacar que, embora não implementadas no modelo de simulação, essas medidas de sinalização horizontal apresentam caráter indispensável à segurança viária, sobretudo pela função de complementar e reforçar a sinalização vertical. As faixas de retenção em pintura branca, em particular, atuam como elemento visual de advertência ao condutor, assegurando maior efetividade na exigência de parada obrigatória ou cedência de passagem.

Figura 23 – Sinalização Vertical e Horizontal - Solução 11



Fonte: Manual de Projeto de Acessos de Áreas Lindeiras a Rodovias Federais (2024)

Também foi definido as prioridades de tráfego por meio das áreas de conflito, pela ferramenta *Conflict Areas*. Ao selecionar essa opção, o *software* realça automaticamente os pontos de conflito; em seguida, basta indicar quais deles terão prioridade. Esse procedimento foi aplicado no início e no término do acesso, em ambos os sentidos, conforme ilustrado na Figura 24 e na Figura 25.

Figura 24 – Áreas de conflito



Fonte: VISSIM (2025)

Figura 25 – Definição de prioridades de tráfego



Fonte: VISSIM 2025

Por fim, incorporaram-se ao modelo as ferramentas de contagem de filas (*Queue Counter*), conforme mostrado na Figura 26, de coleta de velocidade média (*Data Collection Points*) e de tempo de viagem dos veículos (*Vehicle Travel Time*), de modo a reproduzir a metodologia aplicada ao cenário de acesso irregular e avaliar o impacto do novo arranjo geométrico sobre a rodovia. A simulação foi executada pelo mesmo período e evidenciou maior fluidez no sistema. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 21, na Tabela 22 e na Tabela 23.

Figura 26 - Marcadores de filas



Fonte: VISSIM (2025)

Tabela 21 - Resultados marcadores de filas do acesso regular

Ligaçāo	Comprimento da Fila Atual (m)	Paradas Atuais (nº)	Comprimento Māx. da Fila (m)
BR - VIA ESQUERDA	0	0	0
BR - VIA DIREITA	0	0	0
BR - VIA DIREITA	0	0	0
BR - VIA ESQUERDA	0	0	0

Fonte: VISSIM (2025)

A simulaçāo foi executada diversas vezes, porrm os resultados permaneceram constantes, apresentando valores zerados. Ainda que o volume de veículos demandando o acesso tenha sido ampliado, nāo foram observadas alteraçāes nos indicadores analisados. Esses resultados indicam que, na configuraçāo avaliada do acesso regularizado [Acesso 2], nāo hā ocorrência de formação de filas.

Tabela 22 - Resultados marcadores de velocidade média do acesso regular

Intervalo de Tempo (s)	Medição de Coleta de Dados	Velocidade Média Aritmética (km/h)	Velocidade Média Harmônica (km/h)
100- 300	Faixa Esquerda	84,46	83,97
100- 300	Faixa Direita	85,77	85,50
300- 500	Faixa Esquerda	82,41	81,62
300- 500	Faixa Direita	83,29	82,67
500- 600	Faixa Esquerda	81,63	81,14
500- 600	Faixa Direita	82,53	82,11

Fonte: VISSIM (2025)

Tabela 23 - Resultados tempo de viagem médio do acesso regular

Intervalo de Tempo	Quantidade de Veículos	Tempo Médio de Viagem (s)	Distância Percorrida (m)
100- 300	12	21,2	550
100- 300	23	22,2	550
300- 500	20	20,7	550
300- 500	27	23,8	550
500- 600	7	21,2	550
500- 600	14	23,8	550

Fonte: VISSIM (2025)

## 5. ANÁLISE DE RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Análise de Dados

Após a análise de todos os dados obtidos nas simulações, constatou-se que os valores de velocidade e de tempo do percurso dos modelos sem acesso e com o acesso regularizado apresentam grande semelhança entre si, diferenciando-se de forma expressiva do modelo com acesso irregular. A comparação entre os cenários permite identificar claramente os efeitos da regularização do acesso. Observa-se que a velocidade harmônica praticamente dobrou ao passar do acesso irregular (44,04 km/h) para o acesso regular (82,84 km/h), com um aumento de aproximadamente 88,2%, enquanto a diferença entre o acesso regular e o cenário sem acesso (84,20 km/h) foi de apenas 1,6%, praticamente nula. Já a diferença entre o acesso irregular e a situação sem acesso foi de 91,2%, evidenciando o impacto expressivo do acesso irregular no desempenho da via.

Os tempos médios de percurso reforçam essas conclusões. Na situação com acesso irregular, os veículos levaram, em média, 43 s para cruzar o trecho analisado de 550 m; na situação com acesso regular, o tempo caiu para 22,1 s; e, na situação sem acesso, foi de 21,4 s. Isso mostra que a presença do acesso irregular praticamente dobrou o tempo necessário para percorrer o trecho — cerca de 101% acima do cenário sem acesso —, enquanto o acesso regular praticamente eliminou esse impacto, ficando apenas cerca de 3,3% acima do cenário sem acesso (ou aproximadamente 94,6% abaixo do tempo do cenário irregular).

Por fim, o contador de filas demonstrou que apenas na situação com acesso irregular houve retenções significativas, com formação máxima de fila de 65,87 metros na pista direita e 56,21 metros na pista esquerda. Nos cenários com acesso regular e sem acesso, não foram registradas filas.

## 5.2 Análise Visual

A Tabela 24 consolida os valores médios obtidos nas simulações, permitindo uma comparação direta entre os cenários analisados.

Tabela 24 – Comparativo resultados obtidos

Indicador	Sem acesso	Acesso irregular	Acesso regular
Velocidade harmônica (km/h)	84,2	44,04	82,8
Tempo médio de percurso (s)	21,4	43	22,1
Comprimento de fila (m)	0	65,9 (dir.) / 56,2 (esq.)	0,0

Fonte: VISSIM (2025)

Durante a simulação dos acessos irregulares, observou-se que a proximidade e o alinhamento frontal entre os acessos geraram conflitos diretos nas manobras de entrada e saída, sobretudo em pista simples. Embora o *software* de simulação não registre explicitamente colisões, observaram-se, em alguns momentos, sobreposições visuais entre veículos na animação. Tais ocorrências decorrem de limitações gráficas do modelo; entretanto, se fossem contabilizadas como eventos de choque, indicariam múltiplos conflitos nas conversões à esquerda.

Também se verificou a formação de filas e retenções na faixa de rolamento principal, especialmente quando veículos pesados acessavam ou deixavam os empreendimentos lindeiros. Na ausência de faixas de aceleração e desaceleração, veículos em baixa velocidade impactaram

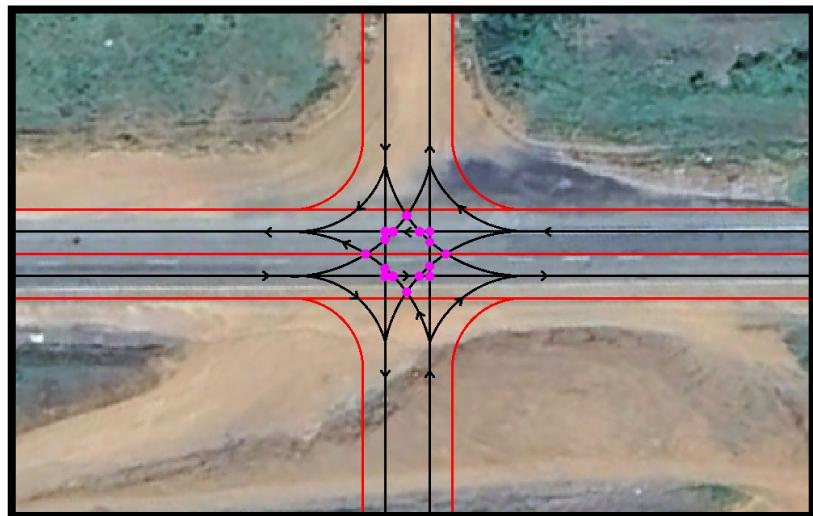
o tráfego de passagem, ocasionando quedas temporárias na velocidade média e aumento do tempo de viagem dos demais usuários.

No cenário regularizado, por sua vez, verificou-se melhora substancial na fluidez do fluxo principal: o escoamento dos veículos que permanecem na rodovia comportou-se, do ponto de vista operacional, como se o acesso não existisse, com interferências desprezíveis na velocidade de percurso e na estabilidade do fluxo.

### 5.3 Análise de Segurança Viária

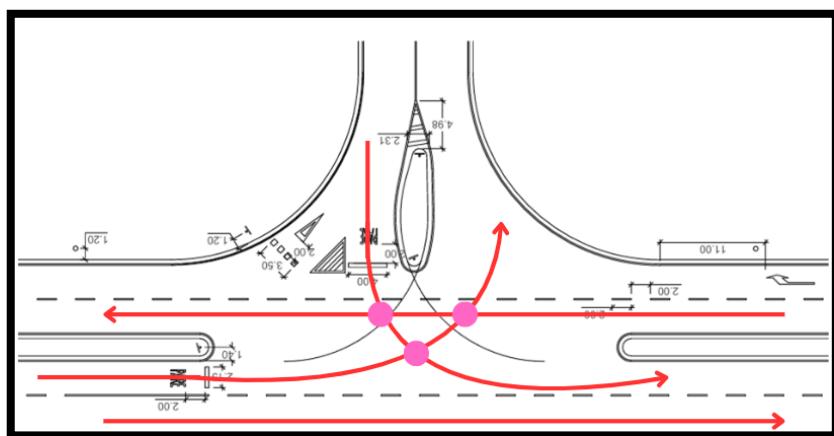
Do ponto de vista da segurança viária como é possível observar nas Figuras a seguir, a situação anterior à regularização do acesso apresenta 16 pontos de conflito, representados pelos pontos em rosa na Figura 27. Já na Figura referente ao acesso regularizado, segue havendo 3 pontos de conflito (Figura 28). Apesar da redução de pontos de conflito em condições adversas de manutenção ou visibilidade — canteiro não roçado, sinalização horizontal desgastada ou ausente, deficiência de sinalização vertical, ou presença de neblina — os conflitos remanescentes permanecem críticos.

Figura 27 – Pontos de conflito no acesso irregular



Fonte: Autora (2025)

Figura 28 – Pontos de conflito no acesso regular



Fonte: Autora (2025)

Além disso, não se recomenda impor sinalização de “PARE” na via principal, pois isso eleva o risco de colisões traseiras — a literatura é explícita: “Uma parada brusca pode produzir uma colisão traseira” (PARSONSON, 1992). A adoção dessa medida exigiria uma reconfiguração geométrica do acesso, de modo que os veículos que necessitem parar e cruzar a rodovia fiquem fisicamente deslocados do eixo do fluxo principal, evitando que a fila de espera interfira diretamente na trajetória dos veículos em movimento. Caso contrário, a parada imposta na via principal cria uma condição crítica de conflito longitudinal, com alta probabilidade de colisão traseira, além de romper a hierarquia viária e contrariar a expectativa do condutor que presume ter prioridade, ampliando a chance de erro operacional. Por essa razão, a implantação de “PARE” na via principal não é recomendada em acessos simples, onde não há espaço para um reposicionamento geométrico seguro dos veículos que cruzam a via. As diretrizes de projeto e gestão de acessos (AASHTO, *Green Book*; DNIT, 2024) indicam que conversões à esquerda em arteriais tendem a gerar atrasos, interferir no fluxo e elevar o risco de colisões, recomendando limitar acessos diretos, utilizar medianas, fechar aberturas e canalizar movimentos.

Embora a regularização do acesso ao frigorífico tenha proporcionado uma melhoria significativa na fluidez do fluxo principal, ainda permanecem vulnerabilidades de segurança quando o acesso envolve conversões de veículos provenientes da faixa oposta, devido ao cruzamento de trajetórias em ambiente de alta velocidade e à necessidade de que o condutor aceite brechas de passagem. Para mitigar esses riscos, recomenda-se a supressão da faixa central de espera, a proibição das conversões mediante sinalização horizontal dupla amarela e contínua, e a instalação de balizadores para evitar conversões proibidas, conforme ilustrado na Figura 30.

O movimento deve ser redirecionado para a interseção existente que dá acesso à cidade, devidamente canalizada e sinalizada (ex.: “Retorno a 500 m”, Figura 31). Devem ser priorizados trechos com distância de visibilidade de decisão adequada, localizados em tangente ou curva de grande raio, com superelevação e drenagem compatíveis.

Como reforço, recomenda-se implantar dispositivos de barreira para coibir manobras indevidas, adotando abordagem escalonada e proporcional ao risco: iniciar com balizadores (*flexposts*) em sequência contínua — como ilustrado na Figura 30 —, de baixo impacto e rápida implantação no canteiro central. Integrar essas medidas à sinalização horizontal e vertical e aos *tapers* de aproximação, garantindo legibilidade e previsibilidade ao usuário.

Figura 29 – Modelo ideal de acesso



Fonte: VISSIN (2025)

Figura 30: Balizadores evitando conversão a esquerda em acesso



Fonte: Correio Trespontano (2025)

Figura 31: Sinalização de retorno a 500 metros



Fonte: Foto Arena LTDA (2016)

## 6. CONCLUSÕES

Este Trabalho alcançou seu objetivo principal ao analisar o impacto do acesso irregular em rodovia de pista simples e, por meio de simulação, propor um modelo de regularização técnica e eficaz.

As análises desenvolvidas ao longo do estudo, baseadas na microssimulação de tráfego, indicam que o arranjo geométrico proposto (acesso regularizado) promoveu ganhos consistentes na operação da rodovia. No que tange à fluidez, o cenário regularizado demonstrou redução das filas e uma aproximação do tempo médio de percurso ao comportamento ideal da via principal. Do ponto de vista da segurança viária, houve uma redução significativa dos pontos de conflito, o que evidencia menor exposição a interações críticas após a intervenção.

Esses resultados corroboram a premissa fundamental de que o rearranjo geométrico e funcional do acesso — com clara definição de prioridades, segregação de movimentos e sinalização legível — é capaz de restabelecer a hierarquia operacional do trecho. À luz dos critérios de Inspeções de Segurança Viária (focados em visibilidade, geometria das faixas auxiliares e delineamento), conclui-se que o acesso regular do Tipo D proposto no Item 5.3 é a solução mais adequada para o caso analisado, por reduzir a exposição a conflitos, preservar a prioridade da via principal e manter o desempenho operacional simulado.

## **7. RECOMENDAÇÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Importa ressaltar, contudo, que fluidez não é sinônimo de segurança. O ambiente rodoviário permanece sensível a fatores humanos e ambientais: condições de fadiga ou influência de álcool podem aumentar a probabilidade de erro do condutor. Além disso, a deficiência de manutenção (roçada de canteiro, retrorrefletância e integridade da sinalização, limpeza do pavimento) e fatores de visibilidade (chuva, neblina) podem agravar riscos, assim como variações na composição do tráfego (maior participação de veículos pesados).

Nesse contexto, é pertinente introduzir o conceito de rodovias que perdoam (*forgiving roads*) — isto é, arranjos de projeto e operação tolerantes ao erro humano, capazes de reduzir as consequências de decisões inadequadas ou condições desfavoráveis. Aplicado ao caso estudado, isso implica: eliminar conversões diretas à esquerda no ponto crítico; canalizar movimentos e clarificar prioridades; assegurar zonas de recuperação e margens livres de obstáculos sempre que possível; e reforçar delineamento/sinalização para apoiar a percepção e o tempo de reação do usuário, especialmente em condições adversas.

Dessa perspectiva, não é recomendável padronizar soluções de maneira indiscriminada. A escolha do arranjo geométrico deve ser avaliada caso a caso, especialmente em curvas e em terreno montanhoso, onde se impõe a verificação rigorosa das distâncias de visibilidade (parada de atrito). A leitura local do relevo e do traçado influencia diretamente a localização de retornos, o posicionamento de tapers e a necessidade de canalização física para coibir manobras indevidas.

Como implicação prática e recomendação para trabalhos futuros, sugere-se que a implementação de qualquer solução de regularização seja acompanhada de um plano de monitoramento pós-obra, contemplando:

- (a) Verificação periódica das condições de sinalização (horizontal/vertical) e do estado de manutenção;
- (b) Medições amostrais de velocidade operacional e formação de filas nas horas críticas para validar o modelo de simulação;
- (c) Realização de Inspeções de Segurança Viária em marcos temporais (por exemplo, 6 e 12 meses após a intervenção), de modo a ajustar medidas operacionais, reforçar dispositivos de canalização quando necessário e consolidar os ganhos obtidos.

Em contextos com elevada participação de veículos pesados, recomenda-se atenção específica à capacidade de armazenamento de manobras indiretas (retornos) e à legibilidade das rotas alternativas para minimizar decisões tardias.

## **8. REFERÊNCIAS BILIOGRAFICAS**

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15486: Sistemas de contenção viária – Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

ACTION ENGENHARIA. Portfólio de sinalização horizontal. Belo Horizonte, 2025. Disponível em: <<http://www.actionengenharia.com.br>>. Acesso em: 10 set. 2025.

AASHTO – AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. A Policy on Geometric Design of Highways and Streets. 6. ed. Washington, D.C.: AASHTO, 2011.

AASHTO – AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. A Policy on Geometric Design of Highways and Streets. 7. ed. Washington, D.C.: AASHTO, 2018.

AUSTROADS. Guide to Road Design – Part 3: Geometric Design. Sydney: Austroads, 2016.

BEN-AKIVA, M.; LERMAN, S. Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand. Cambridge: MIT Press, 1985.

CTB. Código de Trânsito Brasileiro. Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 1997.

BRASIL. Código de Trânsito Brasileiro. Atualizado até a Lei nº 13.281/2016 e Resoluções do CONTRAN até 2019. Brasília: DENATRAN, 2019.

CONTRAN – CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO. Resolução nº 180, de 06 de setembro de 2005. Estabelece padrões de sinalização vertical de regulamentação. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 2005.

CORREIO BRAZILIENSE. Retornos improvisados respondem por 20% das mortes no trânsito. Brasília, 27 jan. 2014. Disponível em: <<https://www.correobraziliense.com.br>>. Acesso em: 11 set. 2025.

DER/MG – DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DE MINAS GERAIS. Normas para o Projeto das Estradas de Rodagem. Belo Horizonte: DER/MG, 1999.

DER/MG – DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DE MINAS GERAIS. RT.04.16.d: Autorização de acessos à faixa de domínio. Belo Horizonte: DER/MG, 2022.

DER/SP – DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DE SÃO PAULO. Projeto padrão de plataforma para ponto de ônibus. São Paulo: DER/SP, 2024.

DENATRAN – DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO. Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume I: Sinalização Vertical de Regulamentação. Brasília: DENATRAN, 2007.

DENATRAN – DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO. Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume IV: Sinalização Horizontal. Brasília: DENATRAN, 2010.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. Manual de Acesso de Propriedades Marginais a Rodovias Federais. Rio de Janeiro: IPR/DNIT, 2006.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais. Rio de Janeiro: IPR/DNIT, 2010.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. Manual de Projeto de Acessos de Áreas Lindeiras a Rodovias Federais. 2. ed. Rio de Janeiro: IPR/DNIT, 2024.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. Plano Nacional de Contagem de Tráfego (PNCT). Brasília, 2025. Disponível em: <<https://www.dnit.gov.br>>. Acesso em: 11 set. 2025.

ENGE BLOC. Barreira de concreto tipo New Jersey. São Paulo, 2024. Disponível em: <<http://www.engebloc.com.br>>. Acesso em: 10 set. 2025.

ENSITRAN SINALIZAÇÕES. Portfólio de sinalização vertical. São Paulo, 2025. Disponível em: <<http://www.ensitran.com.br>>. Acesso em: 10 set. 2025.

ESTADO DE MINAS. Acesso de alto risco a cada 7,3 km na BR-381. Belo Horizonte, 12 jan. 2024. Disponível em: <<https://www.em.com.br>>. Acesso em: 11 set. 2025.

FHWA – FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION. Surrogate Safety Measures from Traffic Simulation Models. Washington, D.C.: FHWA, 2003.

FERNANDES, J.; BELTRÃO, R. Aplicações da microssimulação no planejamento de transportes. Revista Transportes, v. 28, n. 2, p. 45-63, 2020.

GATTIS, J. L. et al. Traffic Engineering Handbook. 6. ed. Washington, D.C.: ITE, 2010.

GEIPOT – GRUPO EXECUTIVO DE INTEGRAÇÃO DA POLÍTICA DE TRANSPORTES. Manual de Planejamento de Transportes Urbanos. Brasília: Ministério dos Transportes, 1978.

GOOGLE EARTH. Imagens de satélite. Mountain View, CA: Google, 2025. Disponível em: <<https://earth.google.com>>. Acesso em: 11 set. 2025.

JORNAL DO COMÉRCIO. Abate diário em frigoríficos. Porto Alegre, 2024. Disponível em: <<https://www.jornaldocomercio.com>>. Acesso em: 11 set. 2025.

NEW JERSEY DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. Roadway Design Manual. Trenton: NJDOT, 2015.

PIMENTA, C.; OLIVEIRA, R. Projeto Geométrico de Estradas. Belo Horizonte: UFMG, 2004.

PORTAL DO TRÂNSITO. Defesa metálica e dispositivos de contenção viária. Curitiba, 2024. Disponível em: <<https://www.portaldotransito.com.br>>. Acesso em: 10 set. 2025.

RIBEIRO, R. L. Orientações e revisões no desenvolvimento do TCC. Uberlândia: UFU, 2025.

TRB – TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. Highway Capacity Manual. Washington, D.C.: TRB, 2010.

TRB – TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. Access Management Manual. Washington, D.C.: TRB, 2005.

PTV VISSIM. Software de Microssimulação de Tráfego. PTV Group. Karlsruhe, 2024. Disponível em: <<https://www.ptvgroup.com>>. Acesso em: 11 set. 2025.

WITTE, A. Traffic Simulation Models and Safety Surrogates. *Journal of Transportation Safety*, v. 12, n. 3, p. 223-239, 2015.