



Luiz Oswaldo Norris Aranha Filho

Adequação Normativa de Via Local na Região do Arco Metropolitano do Rio de Janeiro.

Trabalho de Conclusão de Curso

**Trabalho apresentado como requisito parcial à conclusão do curso de Engenharia
Civil na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil**

Orientador: Antonio Krishnamurti Beleño de Oliveira

Coorientadora: Carmen Dias Castro

Rio de Janeiro

Junho de 2025



AGRADECIMENTOS

Expresso minha sincera gratidão a Deus, pela força e amparo divinos que me sustentaram em cada desafio, e a mim mesmo, pela perseverança e determinação em superar as dificuldades até a concretização deste objetivo.

Agradeço profundamente aos meus pais, Vasti Ferreira e Luiz Oswaldo Aranha, pelo amor, apoio e dedicação incansáveis, que tornaram possível a realização dos meus sonhos, além de me acolherem num lar repleto de amor, lealdade e incentivo. Sou eternamente grato aos meus avós, Manoel e Irene Ferreira, pelo amor infinito, pelos ensinamentos e pelo abraço acolhedor que sempre me deram forças para seguir em frente, sendo verdadeiros exemplos de vida.

Agradeço também à minha namorada, Natalia Dias, que esteve ao meu lado durante esta etapa tão importante da minha formação acadêmica, me inspirando e motivando diariamente a ser uma versão melhor de mim mesmo.

Agradeço imensamente ao meu orientador Antonio Krishnamurti e à minha coorientadora Carmen Dias, por suas aulas exemplares, com didática e uma forma única de apresentar diferentes visões sobre o mundo da engenharia e suas aplicações. Obrigado pelo companheirismo, pela paciência e pelo bom coração com que me acompanharam durante esta jornada.

Aos meus amigos de longa data, bem como aos que conquistei durante a vida acadêmica e estágios, agradeço a amizade, apoio e parceria, que tornaram essa trajetória mais leve e significativa, contribuindo para meu crescimento pessoal e profissional.

Por fim, agradeço a todo o corpo docente do curso de Engenharia Civil PUC-Rio, cuja dedicação e excelência no ensino foram fundamentais para minha formação. Cada professor, com sua paixão e conhecimento, estimulou meu pensamento crítico, ética e desenvolvimento técnico, proporcionando uma base sólida que levarei para toda a minha carreira.



RESUMO

O transporte rodoviário é a principal modalidade para deslocamento de cargas e pessoas no Brasil e a qualidade da malha viária é determinante para o desenvolvimento socioeconômico do país. Um projeto geométrico bem elaborado deve ser bem criterioso e estar sempre em conformidade com normas técnicas nacionais e internacionais, como as do DNIT e DER-SP, e da AASHTO, garantindo segurança, conforto e sustentabilidade. No atual cenário de rápida urbanização e crescimento populacional do município de Nova Iguaçu, região integrante da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, a via local que conecta os bairros de Carlos Sampaio e Santa Rita é composta majoritariamente por leito natural de terra e geometria inadequada. Diante desse contexto, o presente trabalho de adequação normativa foi desenvolvido com o objetivo de revisar os aspectos geométricos do traçado existente, promovendo melhorias que garantam a mobilidade sustentável, a inclusão social e o fortalecimento do desenvolvimento regional, além de servir como base para futuros projetos complementares. A metodologia aplicada contou com pesquisa bibliográfica acerca do tema proposto, visando seu embasamento técnico e utilizando softwares da área da engenharia civil como Autocad Civil 3D e Infra Works, visando desenvolver e aprimorar o estudo e a elaboração de projetos da engenharia de infraestrutura viária. Conclui-se que a adequação normativa da via analisada representa uma intervenção estratégica para a melhoria da infraestrutura viária em Nova Iguaçu, alinhando-se às demandas atuais de mobilidade, segurança e sustentabilidade. A aplicação rigorosa das normas técnicas, aliada ao uso de ferramentas avançadas de engenharia, assegura a qualidade e a viabilidade do projeto, contribuindo para o desenvolvimento socioeconômico regional e estabelecendo uma base sólida para futuras melhorias na malha viária local.

Palavras-chave: Geométrico; DNIT, Infraestrutura; viário.



ABSTRACT

Road transportation is the primary mode for the movement of loads and people in Brazil, and the quality of the road network is crucial for the country's socioeconomic development. A well-designed geometric project must be meticulously developed and always comply with national and international technical standards, such as those established by DNIT, DER-SP, and AASHTO, ensuring safety, comfort, and sustainability. In the current context of rapid urbanization and population growth in the municipality of Nova Iguaçu, part of the Rio de Janeiro Metropolitan Region, the local road connecting the neighborhoods of Carlos Sampaio and Santa Rita is predominantly composed of natural earth pavement with inadequate geometry. Given this scenario, the present geometric requalification project was developed with the objective of reviewing the geometric aspects of the existing alignment, promoting improvements that guarantee sustainable mobility, social inclusion, and the strengthening of regional development, as well as serving as a basis for future complementary projects. The applied methodology involved bibliographic research on the proposed theme to provide a solid technical basis and the use of civil engineering software such as AutoCAD Civil 3D and Infra Works to develop and enhance the study and design of road infrastructure engineering projects. It is concluded that the geometric requalification of the analyzed road represents a strategic intervention for improving the road infrastructure in Nova Iguaçu, aligning with current demands for mobility, safety, and sustainability. The rigorous application of technical standards, combined with the use of advanced engineering tools, ensures the quality and feasibility of the project, contributing to regional socioeconomic development and establishing a solid foundation for future improvements in the local road network.

Keywords: Geometric; DNIT; Infrastructure; road.



SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	Motivação.....	18
1.2	Objetivo.....	19
1.2.1	Objetivo Geral	19
1.2.2	Objetivos Específicos	19
1.3	Escopo do Trabalho	20
2	REFERENCIAL TEÓRICO E NORMATIVO	20
2.1	Projeto Geométrico	21
2.1.1	Glossário.....	22
2.1.2	Normas Técnicas Aplicáveis	25
2.1.3	Fase Preliminar	30
2.1.4	Diretrizes e Aspectos de Projeto.....	37
2.1.5	Elementos e Parâmetros de Projeto Geométrico	53
3	METODOLOGIA	87
3.1	Contextualização/Localização Geográfica	90
3.2	Sistemas de Referência	90
3.3	Estudos Preliminares	91
3.3.1	Topografia	91



3.3.2	Socioeconômico	91
3.3.3	Tráfego.....	92
3.4	Análise do Traçado e Condições da via existente.....	93
3.5	Caracterização Geométrica da via projetada.....	94
3.5.1	Classificação da via	95
3.5.2	Determinação da Velocidade Diretriz	98
3.5.3	Determinação do Veículo de Projeto.....	100
3.5.4	Alinhamento Horizontal	101
3.5.5	Alinhamento Vertical	104
3.5.6	Seção Tipo	105
3.5.7	Análise das Interferências Físicas de Projeto	108
3.5.8	Projeto em Planta-Perfil	109
3.5.9	Projeto em planta da Seção Tipo	110
4	RESULTADOS.....	111
4.1	Definição do Objetivo do Trabalho	112
4.2	Contextualização/ Localização Geográfica	112
4.3	Levantamento Topográfico Preliminar.....	117
4.4	Estudo socioeconômico	120
4.5	Estudo de Tráfego	122
4.6	Análise do traçado e condições da via existente	123



4.7 Classificação Funcional	129
4.8 Classificação Técnica	130
4.9 Definição de Velocidade de Projeto e Veículo de Projeto.....	133
4.10 Definição do Traçado Projetado	135
4.11 Caracterização Geométrica	136
4.12 Definição da Seção Tipo.....	143
4.13 Premissas Técnicas de Projeto	145
4.14 Modelagem da Via Local Projetada	145
4.15 Análise de Interferências Físicas de Projeto	151
4.16 Planta–Perfil e Seção–Tipo do Traçado Projetado	153
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	155
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	161



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diretrizes de uma estrada (PONTES FILHO, 1995)	31
Figura 2: Representação do conceito de impacto ambiental (SIMONETTI,2010)	33
Figura 3: Fluxograma de Tráfego em UCP (Manual de Estudos de Tráfego DNIT,2006)	34
Figura 4: Mapa de solos do Rio de Janeiro (Repositório Institucional de Geociências) 35	
Figura 5: Mapa bacias hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro (Conselho Estadual de Recursos Hídricos).....	36
Figura 6: Mapa Interativo da Topografia da região do Arco Metropolitano (Autoria Própria).....	37
Figura 7: Relação entre os Níveis de Mobilidade e de Acessibilidade nas diferentes Classes de Rodovias (DER-SP).....	40
Figura 8: Hierarquia de movimentos (DER-SP)	41
Figura 9: - Malha de rodovias Federais e Estaduais que atravessam o Estado do Rio de Janeiro (DNIT)	43
Figura 10: Mapa Rodoviário do Rio de Janeiro (DER-RJ)	43
Figura 11: Gabarito de Giro de Veículos Leves - VP (DER-SP, DNIT).....	58
Figura 12: Gabarito de Giro de Caminhões e Ônibus Convencionais - CO (DER-SP, DNIT)	59
Figura 13: Gabarito de Giro de Caminhões e Ônibus Longos - O (DER-SP, DNIT)	60
Figura 14: Gabarito de Giro de Semirreboques - SR (DER-SP, DNIT).....	61
Figura 15: Gabarito de Giro de Reboques - RE (DER-SP, DNIT).....	62



Figura 16: Taxa de Ocorrência de Acidentes em Função da Visibilidade (DER-SP, Highway Design and traffic safety engineering handbook)	66
Figura 17: Curvas de concordância horizontal (Pontes).....	71
Figura 18: Curva Circular Simples (Formulário de Estradas, IME).....	72
Figura 19: Curva Circular com Transição (Formulário de Estradas, IME).....	72
Figura 20: Ilustração da diferença entre curva circular simples e com transição (Guia da Engenharia).....	73
Figura 21: Tipos de curvas verticais (DER-SP)	77
Figura 22: Vértices de Curvas dos Alinhamentos Horizontal e Vertical coincidentes (DER-SP).....	81
Figura 23: Seção Tipo de uma via (Autoria Própria)	82
Figura 24: Dimensionamento de elementos de uma seção de via (Prefeitura Rio de Janeiro)	82
Figura 25: Fluxograma de Etapas de elaboração do Trabalho (Autoria própria).....	88
Figura 26: Diretrizes de uma estrada (Pontes Filho, 1998).....	101
Figura 27: Representação de Alinhamento Reto Horizontal do ponto A ao ponto B sem ângulos agudos (Autoria Própria).....	102
Figura 28: Delimitação Município de Nova Iguaçu (Prefeitura Nova Iguaçu).....	113
Figura 29: Contextualização da área (Autoria Própria).....	114
Figura 30: Trecho existente da via Urbana (Autoria Própria).....	115
Figura 31: Início da via local existente (Autoria Própria).....	115



Figura 32: Metade da via local existente (Autoria Própria)	116
Figura 33: Final da via local existente (Autoria Própria)	116
Figura 34: Configuração do Georreferenciamento no Civil 3D (autoria Própria)	117
Figura 35: Superfície criada a partir das curvas de nível da região (Autoria Própria) .	118
Figura 36: Modelagem do Terreno pelo Civil 3D (Autoria Própria)	118
Figura 37: Traçado Existente (Autoria Própria)	119
Figura 38: Labels dos PI's secos e Estaqueamento definido (Autoria Própria).....	119
Figura 39: Diretriz Geral e Pontos do traçado existente com georreferenciamento desligado (autoria Própria)	120
Figura 40: PI's Secos do Trecho do Alinhamento Existente (Autoria Própria).....	124
Figura 41: Perfil Longitudinal Traçado Existente/Terreno (Autoria Própria).....	126
Figura 42: Trecho inicial (Autoria Própria).....	126
Figura 43: Largura estimada da via existente do trecho inicial (Autoria Própria)	127
Figura 44: Trecho final (Autoria Própria)	127
Figura 45: Largura estimada da via existente do trecho final (Autoria Própria).....	128
Figura 46: Perfil Longitudinal via existente com inclinação do relevo 1/2 (Autoria Própria)	131
Figura 47: Perfil Longitudinal via existente com inclinação do relevo 2/2 (Autoria Própria)	131
Figura 48: Inclinação do relevo no qual a via local se situa (Autoria Própria).....	131
Figura 49: Representação Veículo de Passeio e seus movimentos (DNIT)	134



Figura 50: Retas Tangentes para a elaboração do traçado projetado (Autoria Própria)	135
Figura 51: Comparação entre Alinhamentos e retas tangentes do traçado (Autoria Própria)	136
Figura 52: Exemplo de Curva Circular Simples com R=100m no Traçado projetado (Autoria Própria)	137
Figura 53: Greide Projetado com representação de cortes e aterros (Autoria Própria)	140
Figura 54: Greide com hachuras de Corte/Aterro 3/3 (Autoria Própria).....	141
Figura 55: Greide com hachuras de Corte/Aterro 2/3 (Autoria Própria).....	141
Figura 56: Greide com hachuras de Corte/Aterro 1/3 (Autoria Própria).....	141
Figura 57: Seção Tipo via projetada (Autoria Própria)	144
Figura 58: Assembly e Subassemblies configurados para modelagem de corredores (Autoria Própria)	146
Figura 59: Corredor Modelado a partir do eixo de alinhamento projetado (Autoria Própria).....	147
Figura 60: Representação 3D da via projetada 1/2 (Autoria Própria)	148
Figura 61: Representação 3D da via projetada 2/2 (Autoria Própria)	148
Figura 62: Modelagem do Terreno com a Via Projetada 1/3 (Autoria Própria)	149
Figura 63: Modelagem do Terreno com a Via Projetada 2/3 (Autoria Própria)	149
Figura 64: Modelagem do Terreno com a Via Projetada 3/3 (Autoria Própria)	150
Figura 65: Manchas de Elevação - Corte e Aterro (Autoria Própria).....	150
Figura 66: Desapropriação devido à proximidade da via projetada (Autoria Própria)	152



Figura 67: Desapropriação devido à proximidade com a via projetada (Autoria Própria)	152
Figura 68: Delimitação das pranchas para visualização da planta-perfil (Autoria Própria)	154
Figura 69: Layout A0 Planta-Perfil (Autoria Própria).....	155



ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1: Classificação Funcional do Sistema Rodoviário do Brasil (DNIT, DNER) .	42
Quadro 2: Definição Nível de Serviço (DNIT-HCM).....	48
Quadro 3: Relação entre classificação funcional, tipo de relevo e nível de serviço (DNIT, DNER, AASHTO, Traffic Engineering Handbook)	49
Quadro 4: Características das Classes de Projeto (DNER, DER-SP).....	51
Quadro 5: Relação Geral entre as Classes Funcionais e as Classes de Projeto (DER-SP)	52
Quadro 6: Velocidade de Projeto (DER-SP, DNER)	54
Quadro 7: Relação entre velocidades médias de operação e velocidades de projeto (AASHTO, DER-SP)	55
Quadro 8: Principais Dimensões Básicas dos Veículos de Projeto, em metros (DNIT, DNER).....	63
Quadro 9: Principais Dimensões básicas dos veículos de projeto, em metros (DNIT)..	65
Quadro 10: Valores de Raios Acima dos Quais é dispensável o Uso das Curvas de Transição (DER-SP, DNIT, DNER, AASHTO)	70
Quadro 11: Declividades Máximas para Rodovias Rurais (DER-SP)	78
Quadro 12: Declividades Máximas para Vias Expressas Rurais ou Urbanas (A Policy on Geometric Design of Highways and Streets)	79
Quadro 13: Declividades Máximas para Vias Arteriais Urbanas (A Policy on Geometric Design of Highways and Streets)	79



Quadro 14: Declividades Máximas para Vias Coletoras Urbanas (A Policy on Geometric Design of Highways and Streets)	79
Quadro 15: Declividades Máximas para Vias Locais (A Policy on Geometric Design of Highways and Streets)	80
Quadro 16: Largura das Faixas de Rolamento em tangentes horizontais (DER-SP, DNER).....	84
Quadro 17: Largura do Acostamento em metros (DNER, DER-SP)	85
Quadro 18: Taludes de Terra (DNIT).....	86
Quadro 19: Checklist Projeto Geométrico Conceitual (Autoria Própria).....	89
Quadro 20: Características Básicas da Via Urbana (Prefeitura do Rio de Janeiro)	100
Quadro 21: Características Básicas do Projeto Geométrico do Sistema Arterial Principal (DNIT).....	106
Quadro 22: Características Básicas do Projeto Geométrico do Sistema de Vias Coletoras (DNIT).....	107
Quadro 23: Características Básicas do Projeto Geométrico do Sistema de Vias Locais (DNIT).....	107
Quadro 24: Checklist Projeto Geométrico Conceitual (Autoria Própria).....	111
Quadro 25: População Total Bairro Carlos Sampaio (CENSO, 2010).....	121
Quadro 26: Dados do Bairro Carlos Sampaio (CityFacts, 2015)	121
Quadro 27: População Total Bairro Santa Rita (CENSO, 2010)	122
Quadro 28: Curvas Horizontais Circulares 1/3 (Autoria Própria).....	139
Quadro 29: Curvas Horizontais Circulares 2/3 (Autoria Própria).....	139



Quadro 30: Curvas Horizontais Circulares 3/3 (Autoria Própria).....	140
Quadro 31: Componentes do Perfil Longitudinal (Autoria Própria).....	142
Quadro 32: Premissas Técnicas do presente trabalho (Autoria Própria).....	145
Quadro 33: Tabela de Elevações - Corte e Aterro (Autoria Própria)	151



1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento sustentável das cidades está diretamente relacionado a um planejamento que priorize a integração da infraestrutura viária, a conexão acessível e funcional entre bairros e centros econômicos, sem depender de vias expressas, garantindo, assim, a mobilidade sustentável e promovendo a inclusão social (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2016). Dessa forma, um projeto bem estruturado deve integrar diversas áreas de conhecimento para garantir a funcionalidade, segurança e qualidade de vida para os cidadãos.

O transporte rodoviário no Brasil representa a principal modalidade para o deslocamento de cargas e pessoas, participando ativamente no desenvolvimento socioeconômico e sendo o principal vetor logístico do país.

De acordo com a pesquisa realizada pela Confederação Nacional de Transportes – CNT (2024), a malha rodoviária brasileira abrange mais de 1,5 milhão de quilômetros, dos quais 111.853 km foram analisados, revelando que apenas 34,8% dessa extensão apresentam geometria da via classificada como ótima ou boa. Essa condição pode acarretar a necessidade de realizar viagens mais longas ou deslocamentos por vias cuja velocidade, conforto e sinalização são significativamente inferiores aos padrões encontrados nas rodovias geometricamente adequadas.

De acordo com a própria CNT (2024), esses fatores destacam a necessidade de investimento em projetos de readequação da geometria das vias, visando otimizar a capacidade de tráfego e mitigar o risco de ocorrência de sinistros.

Para a engenharia civil, o projeto geométrico destaca-se como a etapa inicial para o desenvolvimento de qualquer intervenção viária. Segundo o Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas (DNIT,2010), define-se projeto geométrico como o conjunto dos elementos necessários e suficientes para definição da forma geométrica de uma via.



Um projeto geométrico bem elaborado assegura não apenas a fluidez do trânsito e a segurança dos usuários, mas, também, a integração harmoniosa da via ao ambiente urbano, especialmente em regiões com relevo acidentado, como ocorre no Rio de Janeiro.

De acordo com a pesquisa elaborada pela CNT (2024), durante a elaboração de um projeto rodoviário, os princípios de segurança e conforto do usuário são aspectos fundamentais a serem considerados.

Neste trabalho foi considerado o estudo de adequação geométrica de uma via que é definida como uma ligação entre os bairros de Carlos Sampaio e Santa Rita, ambos situados no município de Nova Iguaçu – RJ, no entorno da BR-493 (Arco Metropolitano). A via passou por uma análise autoral e, apesar de sua relevância estratégica para a mobilidade e a integração regional, possui cerca de 4,3 km de extensão e é composta em sua maioria por leito natural de terra, sem haver uma infraestrutura eficiente e geometria adequada, o que compromete a segurança, o conforto e a fluidez do trânsito. Essas deficiências resultam em dificuldades de acesso, aumento do tempo de deslocamento, riscos de acidentes e restrições à circulação.

Cabe ressaltar que, no município de Nova Iguaçu, localizado na Baixada Fluminense e parte integrante da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, o crescimento populacional acelerado e a expansão urbana têm imposto desafios significativos à mobilidade e à infraestrutura local. (SILVA,2022). O município conta com aproximadamente 843,046 mil habitantes distribuídos em uma área urbana de cerca de 520 ,851km² (IBGE, 2023).

Assim, a urgente reavaliação da geometria viária local tornou-se um fator decisivo para a escolha do tema e desenvolvimento do presente trabalho. A adequação normativa da via permitirá não apenas a melhoria das condições de tráfego e acessibilidade, mas, também, a valorização do entorno urbano, o incentivo à integração modal e o fortalecimento do desenvolvimento socioeconômico regional.



1.1 Motivação

O rápido crescimento urbano e as disparidades na mobilidade entre as regiões metropolitanas do estado do Rio de Janeiro evidenciam a urgência por soluções viárias que favoreçam a integração, a acessibilidade e o desenvolvimento sustentável. A região do Arco Metropolitano, concebida inicialmente para desafogar o tráfego de longa distância e fomentar a economia local, apresenta áreas com grande potencial de conexão urbana não explorados, especialmente no que se refere às vias de interligação.

Tal local apresenta múltiplas oportunidades para estudos em engenharia civil, especialmente no que se refere à análise do traçado e à adaptação geométrica da via existente, visando a melhoria da segurança, funcionalidade e eficiência do sistema viário.

Diante deste contexto, surge como motivação para o autor propor uma abordagem que englobasse não somente o traçado de uma estrada, mas ainda uma análise técnica aprofundada. A escolha desse tema foi baseada no desafio de aplicar os conhecimentos adquiridos durante a formação em engenharia civil, aliados às experiências de estágio visando contribuir para uma solução de uma demanda real da sociedade.

Melhorar a mobilidade urbana com infraestrutura eficiente, segura e compatível com as condições geográficas, sociais e ambientais de qualquer região deve ser do interesse de um profissional exemplar e dedicado. Assim, a revisão dos aspectos geométricos visa garantir a viabilidade técnica do projeto e contribuir com a durabilidade, funcionalidade e sustentabilidade da solução proposta.

Neste sentido, o desenvolvimento deste trabalho representa uma oportunidade de aprofundamento técnico e desenvolvimento de competências práticas essenciais à atuação profissional do engenheiro civil, com foco na elaboração de projetos de infraestrutura viária que conciliem engenharia, planejamento urbano e compromisso socioambiental. A realização deste trabalho de graduação constitui não apenas uma etapa acadêmica, mas também um passo significativo em direção ao exercício responsável e contributivo da engenharia civil.



1.2 Objetivo

Esta seção apresenta os Objetivos Gerais e Específicos do presente trabalho de conclusão de curso.

1.2.1 Objetivo Geral

O principal objetivo é apresentar o projeto conceitual de adequação normativa de uma via de interligação urbana no município de Nova Iguaçu – RJ, considerando a definição de um traçado da estrada de terra Carlos Sampaio, com seus respectivos aspectos geométricos revisados.

1.2.2 Objetivos Específicos

A seguir serão apresentados os objetivos específicos necessários para alcance do Objetivo Geral do trabalho.

- Análise do traçado atual da via existente;
- Elaboração do traçado projetado e caracterização geométrica da via de acordo com as normas vigentes para garantir segurança, conforto e eficiência no tráfego, de acordo com as normas técnicas do DNIT, Caderno de instruções municipais próximos relevantes (prefeitura do Rio de Janeiro), DNER, DER-SP e AASHTO;
- Aplicar conhecimentos teóricos e práticos adquiridos durante a graduação em engenharia civil, consolidando competências essenciais para a elaboração de projetos viários urbanos;
- Elaboração e Apresentação de Planta-Perfil do Traçado Projetado;
- Elaboração da seção tipo da via;



1.3 Escopo do Trabalho

No Capítulo 1, além da Introdução apresentada, tem-se a Motivação e Objetivo Geral e os Específicos.

O Capítulo 2 exibe um Referencial Teórico e Normativo acerca dos temas abordados neste trabalho final: Aspectos, elementos e conceitos do projeto geométrico.

O Capítulo 3 expõe a Metodologia adotada para a elaboração do projeto geométrico conceitual de infraestrutura da via coletora urbana na região do arco metropolitano, em Nova Iguaçu, avaliando seus aspectos geométricos.

O Capítulo 4 demonstra os resultados encontrados ao longo do estudo deste presente trabalho.

O Capítulo 5 descreve as considerações finais acerca do tema.

Por fim, o capítulo 6 apresenta as Referências Bibliográficas utilizadas para a construção do trabalho final.

2 REFERENCIAL TEÓRICO E NORMATIVO

Neste Capítulo será apresentado ao leitor o Referencial Teórico e Normativo que fundamenta o desenvolvimento de projetos de infraestrutura viária na malha brasileira a nível de projeto conceitual, abordando os principais conceitos, terminologias, normas técnicas e procedimentos aplicado ao projeto geométrico de vias urbanas.

Serão abordados conceitos como classificação funcional das vias, elementos geométricos básicos, além das terminologias técnicas que norteiam o planejamento e a execução de projetos geométricos.

O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) é uma Autarquia Federal relacionada ao Ministério dos Transportes, criada pela lei nº 10.233, de 5 de junho de 2001. A legislação reestruturou o sistema de transportes rodoviário, aquaviário e



ferroviário do Brasil, extinguindo o antigo Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER).

O Capítulo explora o conceito de projeto, destacando a contextualização, importância e abordagem da geometria de uma via para a operação segura e eficiente do sistema viário e a sua viabilidade. As principais normas técnicas que orientam a elaboração de projetos de infraestrutura viária, no Brasil e no mundo, foram utilizadas como base, com destaque para documentos técnicos do Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes (DNIT), do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER), do Departamento de Estradas de Rodagem de São Paulo (DER-SP), a publicação AASHTO e o caderno de instrução para elaboração de projetos geométricos da Prefeitura do Rio de Janeiro, que estabelecem critérios para a elaboração, análise e aprovação de projetos viários.

Dessa forma, o Referencial Teórico e Normativo apresentado oferece suporte técnico e teórico para a elaboração de um projeto geométrico viário a nível conceitual, seguro e alinhado às necessidades de desenvolvimento urbano sustentável em Nova Iguaçu - RJ.

2.1 Projeto Geométrico

Historicamente, o conceito de rodovia estava associado à ligação viária entre duas cidades, conectando-se às vias pavimentadas do sistema viário local. No entanto, o processo de urbanização ocorrido nas últimas décadas frequentemente se desenvolveu ao longo do sistema viário, contribuindo para a descaracterização dos limites urbanos (DNIT,2010).

Inicialmente, o termo “rodovia” se relacionava com a ligação viária entre duas áreas. Com a expansão dos centros urbanos, surgiu a necessidade de interligar as demais áreas desenvolvidas, desde as pequenas até os grandes centros. Nesse contexto, as conexões entre os trechos urbanos arteriais até as grandes rodovias tornaram-se essenciais para o desenvolvimento regional e para a integração eficiente da malha viária. Com base nas diretrizes do DNIT, torna-se fundamental o desenvolvimento de um conjunto estruturado



de conceitos, métodos, normas e critérios técnicos que viabilizem a implantação de vias urbanas de alto padrão, considerando as especificidades e particularidades do ambiente urbano para garantir segurança, funcionalidade e sustentabilidade.

O projeto geométrico consiste na integração de estudos, análises e definições técnicas que determinam a configuração de uma via buscando a segurança, conforto, eficiência e sustentabilidade para seus usuários e para o meio ambiente. Visa estabelecer condições ideais para a circulação de veículos e pedestres de acordo com a características do terreno, volume e tráfego previsto, restrições ambientais e urbanísticas, bem como aspectos econômicos e sociais da região no qual a via será implementada. O projeto deve estar integrado com as demais disciplinas envolvidas na elaboração da infraestrutura viária, sendo a base para o planejamento e construção de vias seguras, eficientes e sustentáveis.

“Projeto geométrico é o conjunto dos elementos necessários e suficientes para definição da forma geométrica de uma via pública, incluindo seus elementos: pista de rolamento, calçadas, baias e ciclovias”. (Caderno de Instruções para elaboração, apresentação e aprovação de projetos geométricos viários urbanos, 2016).

2.1.1 Glossário

De acordo com o Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas do DNIT, algumas expressões empregadas em projetos viários ainda carecem de definições padronizadas e precisas. Outros manuais técnicos também abordam esta mesma carência e destacam como principal objetivo a uniformização da terminologia empregada na área, assim, são fornecidos alguns conceitos gerais, relativos ao projeto dos diversos elementos. Sendo assim, cabe destacar que, a terminologia utilizada em projetos viários frequentemente apresenta termos que não possuem definições padronizadas ou consolidadas.

Neste sentido, para facilitar a compreensão do leitor sobre os dados técnicos a serem apresentados ao longo deste projeto, serão introduzidas definições básicas dos principais elementos e conceitos envolvidos em um projeto geométrico em nível conceitual com



base nas normas e principais manuais e instrução de serviços, garantindo sua consistência na aplicação metodológica.

Ressalta-se que não se trata de um glossário geral, mas de uma compilação estratégica que orienta a interpretação de termos críticos para o desenvolvimento do projeto.

- **Acostamento** – área adjacente à pista de rolamento, destinada a parada ou estacionamento provisório de veículos, podendo ser utilizada para emergências.
- **Alinhamento horizontal** – projeção do eixo no plano horizontal, possibilitando a sua definição geométrica e determinando o traçado em planta.
- **Alinhamento vertical** – greide da rodovia, com suas características altimétricas, resultando no traçado em perfil.
- **Bordo da pista** – limite lateral da pista de rolamento. As pistas podem conter bordo interno e externo em caso de mão dupla.
- **Capacidade** – “número máximo de veículos que poderá passar por um determinado trecho de uma faixa ou pista durante um período determinado, sob as condições reais predominantes na via e no tráfego”. (DNIT,2010).
- **Canteiro central** – espaço entre os bordos internos de pistas de rolamento com o objetivo de separá-las.
- **Desapropriação** – perda da propriedade particular sofrida em favor do poder público mediante indenização.
- **Datum** – superfície de nível que serve como referência para as altitudes.
- **Demanda** – número de usuários que utilizam os serviços da via de trânsito e sua medida é em veículos/hora
- **Distância de visibilidade** – “extensão ao longo da via, visível ao motorista”. (DNIT,2010).
- **Eixo** – linha de referência que determina o traçado em planta da via, servindo como base para a localização e definição dos elementos planialtimétricos do projeto.
- **Faixa de domínio** – área que delimita a infraestrutura rodoviária, incluindo suas instalações.
- **Faixa de segurança** – “faixa longitudinal da pista, destinada a reduzir a sensação de confinamento provocada por dispositivos muito próximos à sua borda e que constituem obstáculos ou depressões aparentes para os condutores dos veículos (barreiras rígidas, sarjetas, meios-fios elevados etc.). Também tem a função de aumentar a segurança na travessia de pontes, viadutos e trechos contínuos sem acostamento” (DNIT,2010).



- **Fluxo** – número de veículos que cruzam uma determinada seção de uma via dentro de um intervalo de tempo.
- **Greide** – perfil do eixo de uma via, complementado com os elementos que o definem. É a inclinação vertical do eixo da estrada ajustado por uma curva de concordância vertical.
- **Malha urbana** – estrutura física e espacial de uma cidade que abrange vias e outros elementos que compõe o ambiente urbano.
- **Manobra** – movimento a ser executado pelo condutor para alterar a posição do veículo com relação a via no qual ele se movimenta.
- **Meio-fio** – “construção longitudinal em degrau, disposta na borda da pista de rolamento, acostamento ou faixa de segurança, com o objetivo de delimitar fisicamente a pista, proteger o trânsito de pedestres, conduzir águas pluviais, conter o pavimento, delimitar áreas não pavimentadas e, especialmente, realçar para o motorista, mediante um obstáculo intencional ao deslocamento transversal do veículo, as trajetórias possíveis. Também é denominado guia” (DNIT,2010).
- **Nível de serviço** – “medida da qualidade das condições de operação de uma corrente de tráfego, baseada nos valores da velocidade e dos tempos de viagem, na liberdade de manobra, e nas condições de conforto e segurança” (DNIT, 2010).
- **Passeio** - parte da via destinada ao uso de pedestres, incluindo as calçadas.
- **Perfil** – linha que representa, de forma, contínua a situação altimétrica de um alinhamento sobre uma superfície. É criada a partir do alinhamento.
- **Pista com caimento simples** – pista com declividade transversal em um único sentido entre as bordas.
- **Pista com caimento duplo** – pista no qual a sua seção tem declividade transversal em dois sentidos, possuindo uma crista no ponto geométrico de maior cota.
- **Pista de rolamento** – parte da via projetada para deslocamento dos veículos.
- **Projeto geométrico** – “conjunto dos elementos necessários e suficientes para definição da forma geométrica de uma via” (DNIT,2010).
- **Ramo de entrada** – ramo de acesso do tráfego a uma via.
- **Ramo de saída** – ramo de saída do tráfego de uma via.
- **Rampa** – declividade do greide da pista. Podendo ter seu percentual dado em positivo ou negativo.
- **Retorno** – dispositivo de uma rodovia, que permite veículos realizarem um movimento de inversão total de sentido da direção original.
- **Seção transversal tipo** – seção transversal constante em trechos contínuos de vias de tráfego.
- **Talude** – É a face do corpo estradal que se estende além da borda da plataforma.



- **Veículo de projeto** – veículo teórico a ser escolhido para condicionar as características da via.
- **Velocidade de projeto** – velocidade de um trecho viário a ser percorrido com segurança, quando o veículo estiver submetido apenas às limitações impostas pelas características geométricas.
- **Volume Médio Diário (VMD)** – número médio de veículos que percorre uma seção ou trecho de uma rodovia, por dia, durante certo período.

2.1.2 Normas Técnicas Aplicáveis

Após compreender os elementos de um projeto geométrico considerados pertinentes pelo autor, é essencial aprofundar a compreensão das normas técnicas aplicáveis. Essa abordagem assegura que o projeto seja desenvolvido em conformidade com a regulamentação vigente, garantindo qualidade, segurança e validade técnica ao longo de todas as suas etapas. É válido reforçar que, a medida em que as etapas de projeto forem desenvolvidas, consultar as normas é extremamente fundamental de modo a manter o alinhamento com as boas práticas desde a concepção até a execução final.

Essas normas são elaboradas e/ou publicadas por órgãos oficiais como o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), Departamentos de Estradas de Rodagem dos Estados do Rio de Janeiro e de São Paulo (DER-RJ e DER-SP), Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER), e órgãos Municipais e/ou Estaduais relevantes para o trecho estudado, ou até mesmo publicações renomadas e validadas internacionalmente como o “A Policy on Geometric Design of Highways and Streets da American Association of State Highway and Transportation Officials” (AASHTO), servindo como referência obrigatória para projetos rodoviários e urbanos para qualquer região.

As normas técnicas, identificadas por suas respectivas codificações e títulos oficiais, fornecem diretrizes abrangentes que orientam todas as etapas do projeto, desde os estudos preliminares até o dimensionamento e detalhamento do traçado, bem como dos elementos geométricos essenciais para garantir segurança, funcionalidade e conformidade técnica da via. Atender as normas é assegurar a qualidade e a eficiência do projeto, respeitando



às exigências legais e atendendo as melhores práticas da engenharia civil. Para a elaboração de um projeto geométrico no estado do Rio de Janeiro deve-se consultar as seguintes normas técnicas:

- IPR 740 - Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas

Tem como objetivo reunir a informação necessária para a elaboração dos projetos geométricos de travessias urbanas por rodovias federais, de acordo com as normas em vigor no País (DNIT,2010). O manual define parâmetros do projeto geométrico e a integração da via projetada com o sistema viário local, considerando volumes de tráfego, tipos de veículos, velocidades diretrizes e segurança viária.

- Manual de Projeto de Interseções - DNIT

Tem como objetivo principal estabelecer conceitos, critérios, métodos de análise e instruções específicas para o projeto geométrico de interseções em rodovias brasileiras. O manual visa uniformizar o tratamento dos elementos geométricos das interseções, adotando as técnicas mais avançadas da engenharia viária, e consolidar as informações necessárias para a execução de projetos que atendam às demandas de segurança, eficiência e funcionalidade do tráfego.

- Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais – DNER

O documento reúne toda a informação necessária para que o projeto geométrico de uma rodovia rural seja executado de acordo com as normas em vigor no país e apresenta sugestões e orientações técnicas preliminares sobre aspectos não abrangidos por essas normas (DNER,1999). Apesar do DNER ter sido extinto e o documento não possuir atualização recente, continua presente como base consolidada para muitas normas



técnicas vigentes. O Manual define classes técnicas de rodovias e veículos de projeto para orientar o dimensionamento conforme volume e tipo de tráfego e enfatiza a importância de estudos preliminares, levantamento topográfico e análise geotécnica para subsidiar o projeto, buscando equilíbrio técnico, econômico e ambiental.

- IPR 726 - Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários

O IPR 726 do DNIT estabelece os procedimentos e escopos necessários para o desenvolvimento de estudos preliminares, projetos básicos e executivos de rodovias. O manual orienta a análise técnica, ambiental e econômica, abrangendo diagnóstico do trecho, alternativas de traçado, drenagem, pavimentação, obras de arte e estabilidade de taludes. Destaca a importância da integração interdisciplinar e da conformidade com normas vigentes, além de prever critérios para apresentação e aprovação dos projetos.

- Caderno de Instruções para Elaboração, Apresentação e Aprovação de Projetos Geométricos Viários Urbanos da Prefeitura do Rio de Janeiro

Sua aplicação assegura conformidade com normas técnicas e legais, padroniza processos e garante segurança e funcionalidade das obras. Em municípios sem manual próprio, como Nova Iguaçu, o caderno serve como referência técnica regional reconhecida, conferindo rigor e respaldo aos projetos.

- Instrução de Projeto do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo (DER-SP)

Tem como objetivo estabelecer os procedimentos, critérios e padrões técnicos a serem adotados na elaboração de projetos geométricos a âmbito nacional e de sua jurisdição. Esse documento normativo abrange desde estudos preliminares de traçado e projetos



funcionais até projetos executivos para implantação, recuperação ou duplicação de rodovias. A IP-DE-F00/001 define parâmetros essenciais para o dimensionamento geométrico, como velocidades de projeto, alinhamentos horizontais e verticais, seções transversais, raios mínimos, superelevação, superlargura e demais elementos que garantem a segurança, conforto e eficiência operacional das vias.

- Nota Técnica de Projeto do DER-SP

Apresenta recomendações, considerações e orientações adicionais que complementam a instrução principal, fornecendo subsídios técnicos para a aplicação prática dos critérios estabelecidos na IP-DE-F00/001. Essa nota técnica aborda aspectos específicos do projeto geométrico, detalhando procedimentos para análise e dimensionamento, além de esclarecer dúvidas comuns e indicar boas práticas para a elaboração dos projetos.

Para a elaboração do projeto de adequação normativa de um traçado é de extrema importância fundamentar-se em um referencial teórico normativo completo, que norteie as decisões técnicas e assegure a conformidade com as melhores práticas da engenharia viária. Esse referencial é composto por um conjunto de normas, diretrizes e manuais técnicos reconhecidos nacionalmente, citados anteriormente nas Normas Técnicas Aplicáveis.

- A Policy on Geometric Design of Highways and Streets da American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)

A publicação estabelece as diretrizes técnicas fundamentais para o desenvolvimento de projetos geométricos de rodovias e vias urbanas nos Estados Unidos e serve como referência internacional para projetos em diversos países. O manual apresenta critérios detalhados para o dimensionamento de elementos como velocidade de projeto, raios mínimos de curva, superelevação, largura de faixas, acostamentos, visibilidade,



alinhamento horizontal e vertical, além de orientações específicas para vias locais, coletoras e arteriais, tanto em ambientes urbanos quanto rurais

Embora as normas técnicas do DNIT, DNER, DER-SP, AASHTO e outros órgãos sejam originalmente elaboradas para o desenvolvimento de projetos rodoviários, elas constituem uma base fundamental e amplamente aplicável para qualquer componente da malha viária, incluindo ruas, avenidas e vias locais, servindo como referências técnicas e metodológicas para estudos e pesquisas que visam a elaboração, revisão e adequação de projetos em diferentes contextos urbanos e rurais.

Esses documentos estabelecem os parâmetros técnicos essenciais para o dimensionamento e detalhamento dos elementos geométricos. A padronização proporcionada por esse referencial normativo serve como base para garantir a segurança, conforto, funcionalidade e sustentabilidade da via, bem como para facilitar a análise, aprovação e execução das obras.

Com embasamento técnico e teórico, o desenvolvimento deste trabalho ditou um projeto geométrico com uma sequência estruturada e lógica, iniciando pela fase preliminar e avançando pelas etapas subsequentes, que contemplam a análise, detalhamento e consolidação do traçado e seus elementos constituintes. Essa estruturação assegura que o projeto seja elaborado com rigor técnico, alinhado às normas vigentes e apto a atender aos requisitos funcionais e operacionais da via.



2.1.3 Fase Preliminar

“A Fase Preliminar caracteriza-se pelos levantamentos de dados e realização de estudos específicos com a finalidade do estabelecimento do Projeto Básico para implantação e pavimentação da rodovia” (DNIT, 2006).

Essa fase visa garantir a viabilidade técnica, econômica e social do projeto final, consistindo na coleta e compilação de dados que permitem o pleno conhecimento do terreno e das condições locais.

É uma fase de diagnóstico e de recomendações baseadas nas conclusões dos estudos desenvolvidos na fase preliminar, mediante a apresentação das alternativas selecionadas e estudadas e da montagem do plano de trabalho para a fase seguinte, de Projeto Básico (DNIT, 2006).

Os principais estudos preliminares considerados neste trabalho serão apresentados de forma técnica e clara, visando garantir o embasamento técnico necessário para a adequação normativa da via urbana estudada.

Estudo de Traçado

Ao compreender os elementos e normas técnicas relacionadas ao projeto geométrico, inicia-se o estudo de traçado que é a base de um projeto e planejamento de infraestrutura viária. Nesse estudo, deverão ser identificadas as possíveis alternativas de traçado a serem consideradas no estudo, segundo o DNIT (2006). O objetivo é analisar detalhadamente o terreno, as condições topográficas e os parâmetros técnicos para assim delimitar os locais mais adequados para a passagem de uma via, que ofereçam uma combinação ideal de eficiência, segurança, conforto e custo, dentro das especificações e limitações técnicas, operacionais, ambientais e orçamentárias existentes.

Segundo o Manual de Projeto Geométrico de Rodovias do DNIT, o objetivo principal dos estudos de traçado é a delimitação dos locais convenientes para a passagem da rodovia



ou via urbana, a partir da obtenção de informações básicas a respeito da morfologia da região e a caracterização geométrica desses locais para o desenvolvimento do projeto.

Segundo o DNIT (2018), a elaboração de projetos viários deve contemplar três elementos considerados essenciais: fluidez, segurança e conforto, garantindo assim a eficiência operacional e a qualidade da infraestrutura para todos os usuários.

“A estrada é um ente tridimensional que deve se ajustar de forma harmônica à topografia da região. De modo geral, o projeto deve alterar a topografia, se possível, sem agredi-la” (PIMENTA; OLIVEIRA, 2004).

A diretriz de um traçado é um itinerário compreendendo uma ampla faixa de terreno da qual se presume que possa ser lançado o traçado da rodovia ou via urbana, conforme pode ser analisado na Figura 1. No final do estudo de traçado, são apresentadas as opções analisadas, com suas respectivas vantagens e desvantagens. Com base nessa análise, é selecionado o traçado mais adequado, que servirá como eixo para o desenvolvimento do projeto funcional.

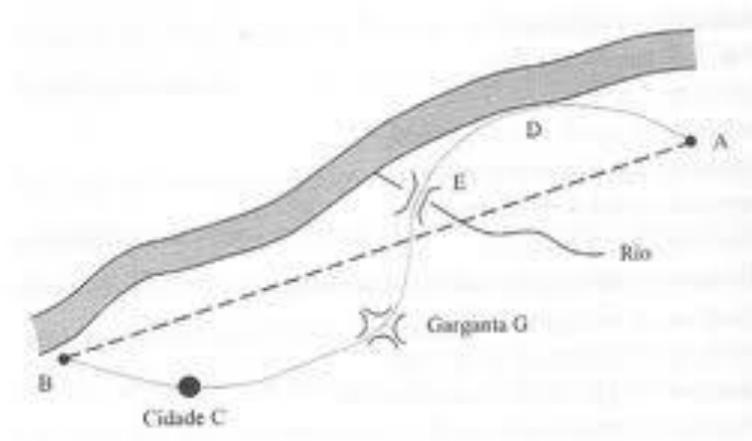


Figura 1: Diretrizes de uma estrada (PONTES FILHO, 1995)



Estudos Ambientais

O estudo ambiental para a implementação de uma via visa garantir a sustentabilidade e minimizar os impactos negativos ao meio ambiente e às comunidades locais. Conforme as Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários do DNIT, os estudos ambientais devem caracterizar detalhadamente a situação ambiental da área de influência do empreendimento, abrangendo aspectos físicos, bióticos e antrópicos. Essa caracterização inicial é para estabelecer uma linha de base que servirá como referência para a avaliação dos impactos ambientais decorrentes da construção, operação e eventuais passivos ambientais da via.

“No Diagnóstico Ambiental serão levantados e analisados, à nível preliminar os possíveis impactos ambientais advindos das obras a serem realizadas na rodovia” (DNIT,2006).

Para definir o conceito de impacto ambiental, a Figura 2 apresentada a seguir ilustra de forma clara e objetiva que o impacto ambiental pode ser entendido como a alteração ou variação significativa de um ou mais parâmetros ambientais, tais como qualidade do ar, da água, do solo, biodiversidade, entre outros, resultante direta ou indireta das atividades e intervenções humanas no meio ambiente. Essa variação pode ocasionar efeitos positivos ou negativos, temporários ou permanentes, que influenciam o equilíbrio ecológico, sendo, portanto, que a sua avaliação seja criteriosa quanto a planejamento e execução de projetos de engenharia.

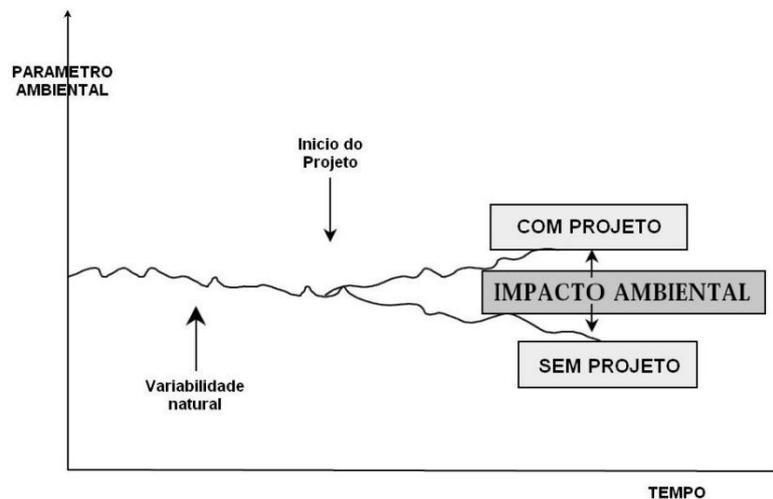


Figura 2: Representação do conceito de impacto ambiental (SIMONETTI,2010)

Estudo de Tráfego

“O objetivo do estudo de tráfego é obter, através de métodos sistemáticos de coleta, dados relativos aos cinco elementos fundamentais do tráfego (motorista, pedestre, veículo, via e meio ambiente) e seu inter-relacionamento”, segundo o Manual de Estudos de Tráfego do DNIT (2006). Esse estudo consiste na análise e interpretação de dados relacionados ao fluxo de veículos, pedestres e outras formas de transporte em uma determinada via, garantindo a compreensão detalhada do fluxo veicular, suas características e projeções futuras, embasando decisões técnicas e estratégicas para o projeto.

“Os Estudos de Tráfego devem ser realizados com o objetivo de servir de insumos para as análises da Viabilidade Técnico-Econômica do Empreendimento” (DNIT,2006).

Conforme estabelecido no Manual de Estudos de Tráfego do DNIT (IPR 723), “o tráfego deve basear-se em dados consistentes e metodologias padronizadas, evitando decisões técnicas fundamentadas em estimativas subjetivas ou insuficientes”. A coleta de dados é



necessária para a compreensão do cenário atual e principalmente para a projeção das demandas futuras da via, conforme exemplificado na Figura 3.

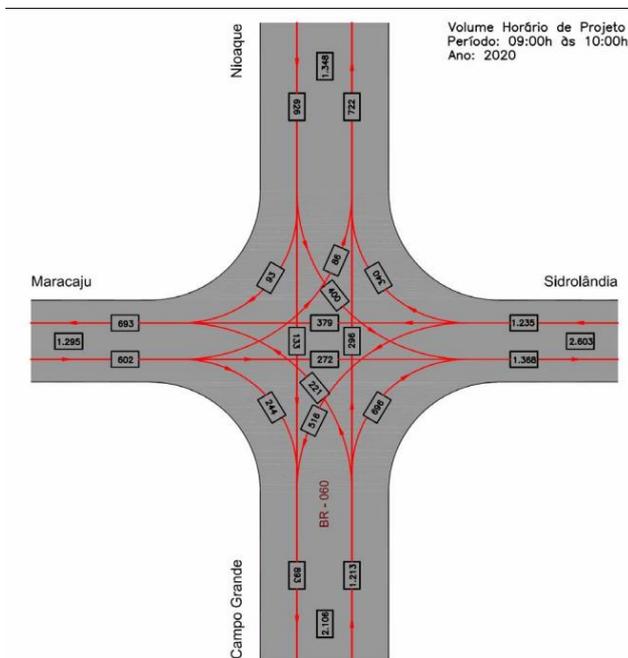


Figura 3: Fluxograma de Tráfego em UCP (Manual de Estudos de Tráfego DNIT,2006)

Estudos Socioeconômico

Os estudos socioeconômicos permitem compreender o contexto regional e os impactos que a implantação ou melhoria de uma via pode gerar para a sociedade e a economia local. Conforme as diretrizes do DNIT, esses estudos devem englobar um conjunto de atividades para alcançar os objetivos dos estudos de viabilidade e projeto. Tais atividades podem ser descritas como o zoneamento de tráfego, análise regional abrangendo aspectos climáticos, características do solo, perfil populacional, frota de veículos, atividades econômicas predominantes entre outras.



Este estudo deve estar integrado ao projeto geométrico pois as características do traçado influenciam diretamente no comportamento hidrológico da via. A coordenação entre os estudos hidrológicos e o projeto geométrico assegura que as soluções adotadas sejam eficientes e compatíveis com as condições locais, evitando problemas como acúmulo de água, infiltrações prejudiciais e danos estruturais.



Figura 5: Mapa bacias hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro (Conselho Estadual de Recursos Hídricos)

Estudo Topográfico

O estudo topográfico é o levantamento detalhado do local onde a via será construída. Isso envolve a coleta de dados sobre as características do terreno, como elevações, indicado na Figura 6, curvas de nível, rios, vegetação, obstáculos naturais, entre outros.

A topografia fornece os dados para a definição do traçado, definindo as características geométricas e as soluções técnicas a serem adotadas. Segundo as diretrizes básicas para elaboração de estudos e projetos rodoviários (IPR-726,2006), os estudos topográficos nesta Fase Preliminar objetivam a obtenção de modelos topográficos digitais do terreno, necessários para a identificação das alternativas de traçado.



Figura 6: Mapa Interativo da Topografia da região do Arco Metropolitano (Autoria Própria)

2.1.4 Diretrizes e Aspectos de Projeto

No âmbito do projeto geométrico é necessária a definição das diretrizes técnicas da via e o estabelecimento de uma série de critérios a serem adotados, para permitir, ainda nesta fase, o desenvolvimento de alternativas de traçado viáveis do ponto de vista de geometria (IP-DE-F00/001; DER-SP,2005).

Reconhecimento de uma Via Urbana

O reconhecimento de uma via se faz necessário para o processo de escolha do traçado geométrico dela, pois permite a coleta de informações detalhadas sobre as condições do terreno, características ambientais, uso do solo e aspectos socioeconômicos da região. Segundo o Guia de Análise de Projetos Rodoviários do DNIT, essa fase é de grande importância para garantir que o projeto geométrico seja adequado às particularidades locais, promovendo a segurança e a eficiência do tráfego.

O principal objetivo do reconhecimento é realizar o levantamento e a análise dos dados da região necessários para definir os possíveis trajetos que a estrada poderá seguir. A topografia local pode determinar a passagem da via por pontos específicos, que influenciam o traçado geral, auxiliando na determinação da diretriz geral da estrada, que



corresponde aos locais obrigatórios e a diretriz parcial, que consiste nas retas que conectam dois pontos obrigatórios intermediários.

Classificação Funcional das Vias Urbanas

Ao analisar um projeto de infraestrutura viária, o foco é a definição preliminar dos principais elementos que caracterizam a geometria da via. Embora o projeto seja a nível conceitual, a definição destes elementos deve ser baseada em normas técnicas e em uma análise das condições locais, assegurando que as soluções propostas sejam viáveis e seguras. O primeiro passo de um projeto é a identificação da função da futura via (DNIT,2010).

Após a assimilação dos conceitos e o conhecimento das normas técnicas aplicáveis ao projeto geométrico, procede-se à classificação funcional e à definição da hierarquia das vias urbanas. Essa classificação organiza as vias conforme a função que desempenham na malha urbana, promovendo a otimização da circulação de pessoas e mercadorias, a acessibilidade aos diversos destinos e a harmonização com o uso e ocupação do solo.

Após a assimilação dos conceitos e o conhecimento das normas técnicas aplicáveis ao projeto geométrico, procede-se à classificação funcional e à definição da hierarquia das vias urbanas. Essa classificação organiza as vias conforme a função que desempenham na malha urbana, promovendo a otimização da circulação de pessoas e mercadorias, a acessibilidade aos diversos destinos e a harmonização com o uso e ocupação do solo.

Segundo o Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas, a classificação de vias representa o passo inicial do processo de planejamento, já que visa estabelecer uma hierarquia de vias para atendimento dos deslocamentos dentro da área urbana.

“A classificação funcional é o processo pelo qual as vias são agrupadas hierarquicamente em subsistemas, conforme o tipo de serviço que oferecem e a função que exercem” (DNIT,2010).



Esta classificação se baseia na relação entre dois aspectos importantes que são a mobilidade e acessibilidade.

“Mobilidade é o grau de facilidade para deslocar-se. Acessibilidade é o grau de facilidade que oferece uma via para conectar a origem de uma viagem com seu destino” (DNIT,2010).

Assim, ao classificar uma via, considera-se o equilíbrio entre proporcionar deslocamentos eficientes e garantir acesso adequado aos destinos.

Segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), a classificação funcional define a natureza deste processo de canalização, determinando a função que deve exercer determinada via no escoamento do tráfego.

De acordo com o Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas (DNIT), o Departamento de Estradas de Rodagem de São Paulo (DER-SP), entre outros órgãos responsáveis, o sistema de classificação funcional mais utilizado atualmente para fins de planejamento é dividido em 3 sistemas básicos:

- Sistema Arterial;
- Sistema Coletor;
- Sistema Local;

A Figura 7 a seguir apresenta de forma esquemática as inter-relações entre os níveis de mobilidade e acessibilidade correspondentes às distintas classes funcionais.

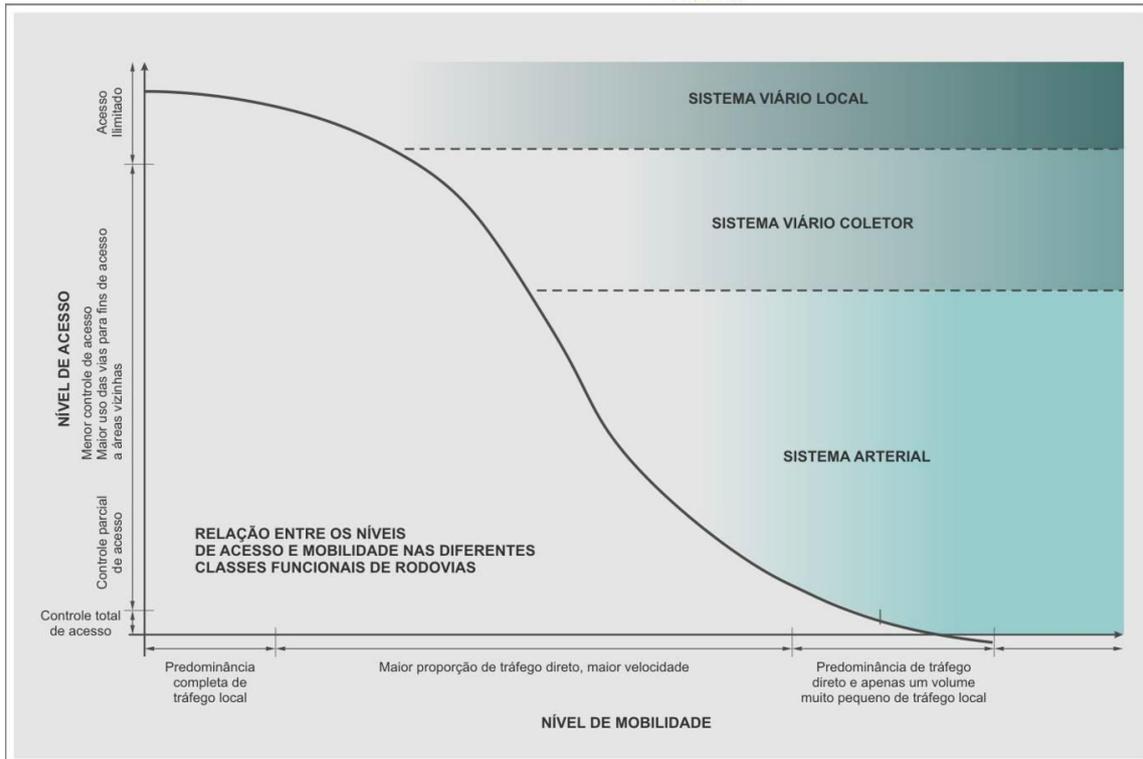


Figura 7: Relação entre os Níveis de Mobilidade e de Acessibilidade nas diferentes Classes de Rodovias (DER-SP)

A escolha dessas categorias de classificação é baseada em sistemas e métodos adotados tanto no Brasil quanto internacionalmente, apoiando-se especialmente nos conceitos e diretrizes estabelecidos por importantes publicações técnicas, como as normas do DNER, as diretrizes estabelecidas pelo DNIT (antigo DNER), pelo DER-SP e o a publicação do American Association of Highway and Transportation Officials (AASHTO).

Sendo assim, a classificação funcional praticada hoje em dia reflete um consenso técnico consolidado que orienta o planejamento e o projeto das vias urbanas de acordo com a sua hierarquia, conforme pode ser exemplificado na Figura 8.

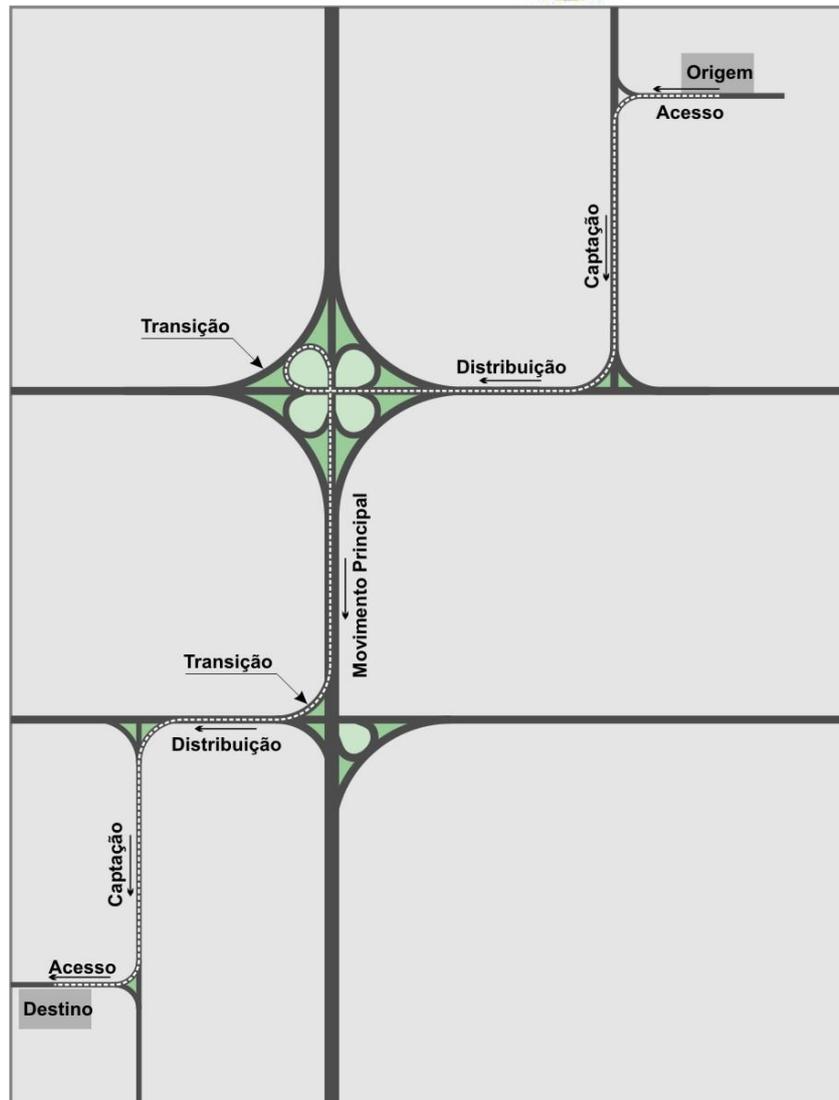


Figura 8: Hierarquia de movimentos (DER-SP)

O sistema de classificação pode atender bem e conciliar os métodos existentes, mas também há de se prever as suas diferenças na utilização dele tanto para áreas urbanas quanto para áreas rurais. A classificação funcional das vias em áreas urbanas e rurais apresenta diferenças importantes, apesar de manter uma hierarquia semelhante.



O Quadro 1 apresenta uma comparação entre os sistemas funcionais utilizados para rodovias em áreas rurais e aqueles aplicados em áreas urbanas, destacando as diferenças nas características e finalidades de cada sistema.

Quadro 1: Classificação Funcional do Sistema Rodoviário do Brasil (DNIT, DNER)

Áreas Urbanas	Áreas Rurais
<p>Arterial</p> <p>Sistema Arterial Principal</p> <p>Sistema Arterial Secundário</p>	<p>Arterial</p> <p>Sistema Arterial Principal</p> <p>Sistema Arterial Primário</p> <p>Sistema Arterial Secundário</p>
<p>Coletor</p> <p>Sistema Coletor</p>	<p>Coletor</p> <p>Sistema Coletor Primário</p> <p>Sistema Coletor Secundário</p>
<p>Local</p> <p>Sistema Local</p>	<p>Local</p> <p>Sistema Local</p>

Nas áreas urbanas, há uma maior quantidade de vias arteriais principais e secundárias, refletindo a maior densidade e complexidade da malha viária. Já nas áreas rurais, predominam as vias coletoras e suas subdivisões, que desempenham a função de conectar localidades menores.

No contexto rural, conforme o Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais (DNER,1999), a distinção entre arteriais principais e primárias baseia-se no volume médio diário de tráfego (VMD) e no porte das cidades interligadas. Em áreas urbanas, idealmente, o sistema arterial principal seria formado por vias expressas; contudo, a realidade brasileira mostra que uma cidade como o Rio de Janeiro ainda depende de vias arteriais convencionais para garantir a continuidade do tráfego, já que as vias expressas existentes não formam um sistema completo, conforme indicado a seguir na Figura 9 e Figura 10.



Figura 9: - Malha de rodovias Federais e Estaduais que atravessam o Estado do Rio de Janeiro (DNIT)

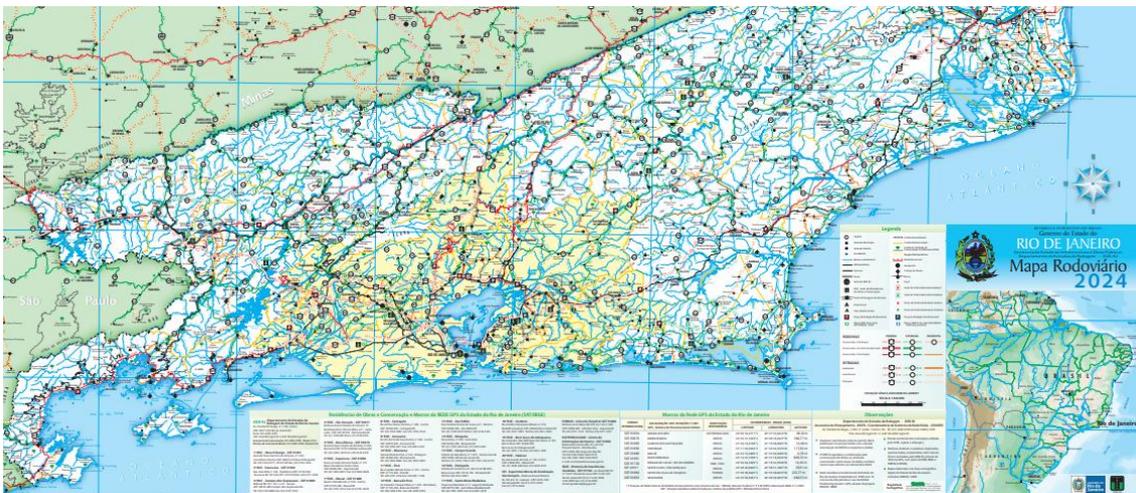


Figura 10: Mapa Rodoviário do Rio de Janeiro (DER-RJ)

Segundo o Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas do DNIT, “o Sistema Arterial Principal serve os principais centros de atividade das áreas urbanas, os corredores de maior volume de tráfego e as viagens mais longas, além de transportar grande parte do tráfego urbano”.



Assim, a classificação funcional urbana deve considerar as vias expressas primárias, secundárias e as arteriais primárias como componentes integrados do sistema arterial principal, e não como sistemas separados. De forma semelhante, as coletoras primárias e secundárias são agrupadas em um único sistema, refletindo a complexidade e a necessidade de integração do sistema viário urbano.

Utilizando como base a atual classificação utilizada pelo DNIT, pode-se considerar que os sistemas das vias hierárquicas estão subdivididos da seguinte forma:

- Sistema Arterial: “dividido em principal e secundário, no qual o primeiro é utilizado para viagens internacionais e inter-regionais, enquanto o segundo para viagens interestaduais e viagens não servidas por sistema de nível superior” (DER-SP,2006). Segundo o DNIT e a AASHTO, essas rodovias são projetadas para viagens internacionais e inter-regionais, com padrões geométricos e operacionais que garantem segurança e eficiência. Conecta cidades com população de 10.000 a 150.000 ou mais habitantes.
- Sistema Coletor: “atende o tráfego intermunicipal e centros geradores de tráfego de menor vulto não servido pelo sistema arterial” (DER-SP,2006). De acordo com o DNIT, a via coletora capta o tráfego das vias locais das áreas residenciais e o conduz ao Sistema Arterial. Conecta cidades com população de 2.000 a 5.000 ou mais habitantes.
- O Sistema Local: “compreende todas as vias não incluídas em sistemas hierarquicamente superiores e sua função é permitir o acesso das propriedades que lhe são adjacentes aos sistemas de ordem superior” (DNIT). Segundo o DER-SP, este sistema é composto por rodovias de pequena extensão que proporcionam acesso ao tráfego intramunicipal de áreas rurais e de pequenas localidades às rodovias de nível superior.



Classificação Técnica das Vias Urbanas

A partir da função definida, considera-se o nível de serviço adequado, levando em conta o volume e o tipo de tráfego esperado, que serve de base para a determinação da velocidade de projeto e para a definição das características geométricas apropriadas. Embora a análise das funções a serem desempenhadas pelas vias e a sua consequente classificação funcional sejam de extrema importância, a elaboração de projetos de engenharia ainda exige definições mais precisas do ponto de vista técnico (DER-SP).

Para fins de projeto, os trechos pertencentes a malha viária brasileira são agrupados em 5 classes numeradas de 0 a IV, seguindo a mesma nomenclatura adotada pelo extinto DNER. Quanto maior a numeração, menor o padrão operacional exigido, resultando em menores requisitos para a via em questão.

A partir dos estudos realizados sob a ótica funcional das rodovias é possível entender que cada trecho da malha urbana possui suas características definidas a serem atendidas. Os principais critérios a serem considerados neste estudo são a posição hierárquica, o Volume Médio Diário de Tráfego (VMD), nível de serviço e o relevo da região em que a via se localiza.

De acordo com o Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas do DNIT, “define-se Volume de Tráfego como o número de veículos que passam por uma seção de uma via, ou de uma determinada faixa, durante uma unidade de tempo”. É expresso normalmente em veículos/dia ou veículos/hora. O tráfego, cujo atendimento constitui a principal finalidade da via, é um dos elementos fundamentais a considerar (DER-SP).

A demanda de tráfego é caracterizada pelo Volume Médio Diário (VMD). Esse indicador é calculado dividindo-se o total de veículos registrados em um determinado período (superior a um dia e inferior a um ano) pelo número de dias desse intervalo (DNIT, 2010).

O VMD é determinado com grande precisão quando há disponibilidade de contagens contínuas de tráfego. No entanto, na ausência desses dados, o VMD pode ser estimado



utilizando fatores de ajuste que consideram variações sazonais, mensais, diárias e horárias relativas ao momento em que os levantamentos foram feitos, segundo o DNIT.

O Manual de Projeto Geométrico do DNER classifica as rodovias em diferentes categorias técnicas, definidas principalmente com base no volume médio diário de veículos (VMD), além de aspectos funcionais e configurações de relevos.

Não é usual estabelecer um critério rígido e preciso para efetuar a classificação do relevo do terreno (DER-SP). É comumente adequado realizar um enquadramento do tipo de relevo e seus impactos na construção de uma via, buscando condições de visibilidade positivas para os condutores ao utilizarem a via no futuro. Esse enquadramento é indicado tanto pela AASHTO em A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, quanto pelo DNIT.

Quanto ao relevo de uma região, podemos adotar nacionalmente 3 categorias, podendo ser caracterizada da seguinte forma:

- Plano: região que apresente relevo suave, boa visibilidade para os usuários e permite a elaboração de um projeto a baixo custo quanto ao movimento de terra. Condição em que as distâncias de visibilidade, resultantes das restrições horizontais e verticais, são em geral longas ou podem ser impostas para serem longas sem grandes dificuldades construtivas ou custos relevantes (DER-SP). E, segundo o DNIT, é aquela região que permite a implantação de rodovias com grandes distâncias de visibilidade, sem dificuldades de construção e sem custos elevados.
- Ondulado: região que apresenta relevo com ondulações no qual será necessário a realização de cortes e aterros consideráveis. Condição em que as variações predominantes do relevo se alternam naturalmente para cima e para baixo do greide da via, onde apenas eventuais declividades íngremes oferecem alguma restrição aos alinhamentos horizontal e vertical normais da via (DER-SP). E, segundo o DNIT, é aquela região no qual as inclinações naturais do terreno exigem frequentes cortes e aterros de dimensões reduzidas para acomodação dos



greides das rodovias, oferecendo restrição a implantação dos alinhamentos horizontais e verticais.

- Montanhoso: região que apresenta relevo com topografia contendo elevações significativas, sendo necessária a realização de cortes e aterros em grande escala, elevando também o custo do projeto. Condição em que as alterações longitudinais e transversais do relevo em relação à via são abruptas, levando inclusive em muitos casos a escavações laterais para a obtenção de visibilidade a fim de que se obtenham alinhamentos horizontais e verticais aceitáveis (DER-SP). De acordo com o Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais do DNER, é aquela região onde são abruptas as variações longitudinais e transversais da elevação do terreno em relação à rodovia, onde se faz necessários cortes e aterros para adequação na implantação do alinhamento horizontal e vertical.

Outro fator condicionante para a classificação técnica de uma via é o seu nível de serviço, ou seja, a capacidade e condição que uma via atende eficientemente a um determinado volume de veículos e tipo de tráfego. Indica o conjunto de condições operacionais que ocorrem em uma via, faixa ou interseção, considerando-se os fatores velocidade, tempo de percurso, restrições ou interrupções de trânsito, liberdade de manobra, segurança, conforto, economia e outros (DNIT,2010).

Segundo o Manual de Capacidade Rodoviária (HCM), o nível de serviço é geralmente classificado em seis categorias, de A a F, sendo o nível A o melhor, com condições de tráfego livre e alta velocidade, e o nível F o pior, caracterizando congestionamento e fluxo interrompido. Essa classificação ajuda a identificar a qualidade da operação da rodovia e a necessidade de intervenções para melhorar o desempenho viário. O Quadro 2 a seguir apresenta as definições específicas dos níveis de serviço diferentes.



Quadro 2: Definição Nível de Serviço (DNIT-HCM)

Nível de Serviço	Condições Gerais de Operação
A	Fluxo livre
B	Fluxo razoavelmente livre
C	Fluxo estável
D	Fluxo próximo à instabilidade
E	Fluxo instável (limitado pela capacidade)
F	Fluxo forçado ou com interrupções

O DNER também apresenta uma descrição imponente sobre as características dos níveis de serviços para rodovias, comumente utilizada para embasar decisões técnicas a serem tomadas atualmente:

- Nível de Serviço A: Pequena ou nenhuma restrição a manobra devido à presença de outros veículos e os motoristas podem manter as velocidades que desejarem com pequeno ou nenhum retardamento.
- Nível de Serviço B: Os motoristas começam a sofrer restrições pela ação dos demais veículos, mas ainda têm razoável liberdade de escolha de velocidade e faixa de rolamento.
- Nível de Serviço C: As velocidades e as possibilidades de manobra são mais estreitamente condicionadas.
- Nível de Serviço D: Os motoristas têm pequena liberdade de manobra e dificuldade em manter as velocidades desejadas.
- Nível de Serviço E: É o nível representativo da capacidade da rodovia. Aumentam muito as condições de instabilidade do fluxo.
- Nível de Serviço F: Este nível reflete uma situação de colapso do fluxo. Qualquer restrição encontrada pode resultar em formação de filas de veículos com baixa velocidade, reduzindo os fluxos a valores inferiores à capacidade.

A classificação funcional de uma via e o seu nível de serviço são dois parâmetros que estão muito bem correlacionados. Essa relação fundamenta-se nas descrições dos níveis



de serviço, nos volumes de tráfego associados e nos critérios que estabelecem os graus aceitáveis de congestionamento.

O Quadro 3 , apresentado a seguir, sintetiza a relação entre o tipo de rodovia e o nível de serviço adequado para o projeto.

Quadro 3: Relação entre classificação funcional, tipo de relevo e nível de serviço (DNIT, DNER, AASHTO, Traffic Engineering Handbook)

Tipo de Via	Tipo de Terreno		
	Plano	Ondulado	Montanhoso
Via Expressa	C	C	C-D
Via Arterial	C	C	C-D
Via Coletora	C-D	D	D
Via Local	C-D	D	D

De acordo com as condições, as autoridades rodoviárias devem procurar oferecer o mais alto nível de serviço possível (DNIT).

Além disso, o Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais do DNER, também serve como base para a determinação da classe de projeto de uma infraestrutura viária. Essa definição é utilizada como referência pelo DNIT, DER-SP, entre outros órgãos governamentais. As cinco classes adotadas, de acordo com o DNER, são:

- Classe 0: Via expressa. Representa o mais elevado padrão técnico adotado para rodovias. Caracteriza-se pelo controle total de acessos, pista dupla com separação física entre os sentidos de tráfego e velocidades elevadas de projeto (DNER). Essas vias destinam-se prioritariamente ao tráfego de passagem, minimizando interferências locais para garantir fluidez máxima.
- Classe I: Indicada para rodovias que suportam os maiores volumes de tráfego, excetuando as vias expressas. Essa classe é subdividida em:
 - Classe IA: vias de pista dupla, com características semelhantes às da Classe 0, porém com maior tolerância a interferências causadas por



acessos locais e projetadas para atender elevadas demandas de tráfego, assegurando níveis adequados de serviço.

- Classe IB: vias de pista simples, porém de elevado padrão técnico, destinadas a atender volumes médios diários superiores a 1.400 veículos fora dos horários de pico, segundo o DNER.
- Classe II: De acordo com o Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais do DNER, são vias de pista simples projetadas para volumes médios diários entre 700 e 1.400 veículos, atendendo demandas intermediárias, equilibrando custo e desempenho, sendo comum em ligações regionais de médio porte.
- Classe III: Destinada a vias de pista simples com volumes médios diários entre 300 e 700 veículos, atendendo áreas rurais ou regiões com menor densidade populacional, com padrões geométricos compatíveis a esses fluxos (DNIT, DNER).
- Classe IV: vias de pista simples com características técnicas dimensionadas para o atendimento a custo mínimo ao tráfego previsto no primeiro ano de operação.

O Quadro 4, elaborado pelo Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo (DER-SP), apresenta uma classificação técnica dos níveis de serviço para rodovias, utilizando como base as diretrizes e categorias estabelecidas pelo Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER). Esse quadro expõe critérios para o dimensionamento e avaliação das vias, considerando aspectos como volume de tráfego, capacidade, velocidade de fluxo e níveis aceitáveis de congestionamento, alinhando-se às normas e metodologias vigentes para garantir a eficiência e segurança no planejamento rodoviário.

Já o Quadro 5, exhibe uma relação entre as classes funcionais e as respectivas classes de projeto de um sistema viário.



Quadro 4: Características das Classes de Projeto (DNER, DER-SP)

Classificação Técnica	Características Gerais	Critérios de Enquadramento na Classe de Projeto Considerada
Classe Zero	<ul style="list-style-type: none"> - Pista dupla - Padrão técnico mais elevado - Características de via expressa - Controle total de acesso 	<p>Quando o volume de tráfego no 10º ano após abertura resulta, para uma rodovia de pista simples, em:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Nível de Serviço (NS) inferior ao nível C para relevo plano ou levemente ondulado, o qual corresponde a: <ul style="list-style-type: none"> - VDM > 5500 para região plana com excelentes condições de visibilidade, ou - VDM > 1900 para região levemente ondulada com más condições de visibilidade ▪ NS inferior ao nível D em caso de relevo fortemente ondulado ou montanhoso, o qual corresponde a: <ul style="list-style-type: none"> - VDM > 2600 para relevo fortemente ondulado ou montanhoso com condições excelentes de visibilidade, ou - VDM > 1000 para relevo montanhoso com más condições de visibilidade
Classe I - A	<ul style="list-style-type: none"> - Pista dupla - Controle parcial de acesso 	<p>Caso de rodovia arterial com grande demanda de tráfego, em condições semelhantes às descritas para a Classe Zero, mas que permite maior tolerância no que diz respeito às interferências causadas por acessos mais frequentes.</p> <p>Volumes de tráfego atendidos são da mesma ordem de grandeza da Classe Zero, mas sofrendo alguma redução por interferência mais freqüente de acessos.</p>
Classe I - B	<ul style="list-style-type: none"> - Pista simples de elevado padrão 	<p>Deve atender volume de tráfego no 10º ano após a abertura dentro dos seguintes limites:</p> <p>Limite inferior</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ VDM > 1400 ou VHP > 200, que corresponde a: <ul style="list-style-type: none"> - Nível de Serviço C em relevo montanhoso com excelentes condições de visibilidade - Nível de Serviço B em relevo plano com más condições de visibilidade <p>Limites superiores</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Nível de Serviço C para relevos planos e fortemente ondulados, que corresponde a: <ul style="list-style-type: none"> - VDM < 5500 para relevo plano com excelentes condições de visibilidade - VDM < 1900 para relevo levemente ondulado com más condições de visibilidade ▪ Nível de Serviço D para relevos montanhosos ou fortemente ondulados, que corresponde a: <ul style="list-style-type: none"> - VDM < 2600 para relevo fortemente ondulado com condições excelentes de visibilidade - VDM < 1000 para relevo montanhoso com más condições de visibilidade



Classe II	- Pista simples	<p>Deve atender volume de tráfego no 10º ano após a abertura dentro dos seguintes limites:</p> <p>Limite inferior</p> <ul style="list-style-type: none"> VDM \geq 700 com NS variando de A para o limite entre C ou D conforme condições locais <p>Limite superior</p> <ul style="list-style-type: none"> VDM < 1400 com NS variando entre A e D conforme condições locais
Classe III	- Pista simples	<p>Deve atender volume de tráfego no 10º ano após a abertura dentro dos seguintes limites</p> <p>Limite inferior</p> <ul style="list-style-type: none"> VDM > 300 com NS variando entre A e D conforme condições locais <p>Limite superior</p> <ul style="list-style-type: none"> VDM < 700 com NS variando entre A e D conforme condições locais
Classe IV - A	- Pista simples	<p>Características para atendimento a custo mínimo no ano de abertura. Geralmente não pavimentada e fazendo parte do sistema local. No ano de abertura: 50 < VDM < 200</p>
Classe IV - B	- Pista simples	<p>Características para atendimento a custo mínimo no ano de abertura. Geralmente não pavimentada e fazendo parte do sistema local. No ano de abertura: VDM < 50</p>

Quadro 5: Relação Geral entre as Classes Funcionais e as Classes de Projeto (DER-SP)

Sistema	Classes funcionais	Classes de Projeto
Arterial	Principal	Classes Zero e I
	Primário	Classes I
	Secundário	Classes I e II
Coletor	Primário	Classes II e III
	Secundário	Classes III e IV
Local	Local	Classes III e IV



2.1.5 Elementos e Parâmetros de Projeto Geométrico

Esta seção apresenta os controles e critérios que condicionam as principais características técnicas básicas do projeto geométrico de vias urbanas. É importante frisar que os valores recomendados representam os padrões desejáveis e mínimos aceitáveis, os quais, porém, não devem ser encarados com rigidez absoluta (DNIT,2010).

Velocidade de Projeto/ Velocidade Diretriz

Segundo o Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas do DNIT, a velocidade é um dos fatores de maior importância na escolha de rotas e modo de transporte.

“Velocidade de Projeto é a velocidade selecionada e utilizada para estabelecer determinados parâmetros e características geométricas de uma via” (DER-SP).

Os manuais do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER), atual Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), referem-se frequentemente ao mesmo conceito utilizando o termo “velocidade diretriz”.

Para cumprir os objetivos definidos, essa velocidade não deve ser inferior às velocidades operacionais predominantes, que representam a maior parte do tráfego futuro e podem ser estimadas previamente com base nas características técnicas preliminares adotadas e no relevo do terreno.

O valor a ser adotado deve estar em consonância com o relevo predominante do terreno, o uso e a ocupação do solo ao redor da via, a velocidade operacional estimada para seu percurso e a sua classe funcional. “A velocidade é um dos principais elementos a condicionar o projeto rodoviário” (DNER,1999).

A velocidade diretriz deve estar alinhada com as expectativas dos motoristas em situações semelhantes, garantindo que ela seja percebida como adequada e segura. Vias com classificação funcional mais elevada devem ter velocidades de projeto maiores do que aquelas com classificação inferior, desde que as condições topográficas sejam



semelhantes e os benefícios econômicos decorrentes dessa escolha superem os custos adicionais.

De acordo com o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT), ao fixar a velocidade diretriz, deve-se levar em consideração o comprimento médio das viagens. Quanto maior o comprimento, maior deve ser a velocidade diretriz. No projeto de trechos extensos, recomenda-se adotar uma velocidade diretriz uniforme, exceto quando variações nas condições regionais justificarem ajustes em determinadas seções.

“A introdução de uma velocidade menor não deve ser feita abruptamente, mas deve ser efetuada ao longo de uma distância que seja suficiente para que o motorista possa mudar gradualmente sua velocidade, até chegar à seção em que o menor valor é necessário” (DNIT,2010).

De acordo com o Quadro 6, pode-se determinar a velocidade de um projeto para novos traçados em função da sua classe de projeto e do relevo característico.

Quadro 6: Velocidade de Projeto (DER-SP, DNER)

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

Em alguns casos, independentemente da classificação técnica adotada, a análise da via pode seguir critérios distintos em âmbito municipal ou estadual. É o que ocorre, por exemplo, na Prefeitura do Rio de Janeiro, que estabelece parâmetros específicos para a classificação de suas vias, diferenciando-se dos critérios utilizados pelo DNIT ou pelo DER-SP.



Sempre é bom lembrar que existe uma diferença entre velocidade de projeto/diretriz e velocidade operacional, conforme indicado no Quadro 7 . Enquanto a velocidade de projeto é um parâmetro fixado para orientar o dimensionamento geométrico e estrutural da via, a velocidade operacional reflete o comportamento real do tráfego e as condições efetivas de circulação. Quanto mais próxima a velocidade operacional estiver da velocidade de projeto, maior será a garantia de conforto e segurança proporcionada pela via urbana.

Quadro 7: Relação entre velocidades médias de operação e velocidades de projeto (AASHTO, DER-SP)

Velocidade de Projeto (km/h)	Velocidade Média de Operação (km/h)
20	20
30	30
40	40
50	47
60	55
70	63
80	70
90	77
100	85
110	91
120	98
130	102

De acordo com o The American Association of State Highway Transportation Officials - AASHTO, a velocidade operacional é aquela no qual os condutores operam seus veículos sob condições de fluxo livre, quando não é influenciada pelos demais veículos na via. Em razão de diversos fatores, especialmente as condições de tráfego, os veículos não conseguem manter a velocidade de projeto ao longo de toda a via; por isso, algumas características geométricas podem ser definidas com base na velocidade operacional, e não na velocidade de projeto.

Veículo de Projeto

De acordo com o Departamento de Estradas de Rodagem de São Paulo (DER-SP), é o veículo com peso, dimensões e características operacionais considerado representativo de



determinado grupo da frota circulante, selecionado com vistas a estabelecer parâmetros de controle de projeto para a via. Para a sua definição, é necessário levar em consideração a composição do tráfego previsto para a via urbana.

As características físicas dos veículos e a proporção entre os veículos de vários tipos constituem-se em parâmetros que condicionam diversos aspectos do dimensionamento geométrico e estrutural de uma via (DNIT, 2005). Esses parâmetros são estabelecidos para garantir a segurança, funcionalidade e durabilidade da via.

Segundo o Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas e o Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais, temos que:

- A largura do veículo influencia a largura da pista de rolamento, do acostamento e dos ramos;
- A distância entre eixos influi no cálculo da superlargura das pistas principais e na determinação da largura e dos raios mínimos internos das pistas dos ramos;
- O comprimento do veículo influencia a largura dos canteiros, a extensão de faixas de armazenagem, a capacidade da rodovia e as dimensões de estacionamentos;
- A relação peso bruto total/potência relaciona-se com o valor da rampa máxima admissível e participa na determinação da necessidade de faixa adicional de subida (terceira faixa);
- O peso bruto admissível dos veículos, conjugado com a configuração dos eixos e a posição do centro de gravidade, influi no dimensionamento e configuração do pavimento, de separadores rígidos e defensas;
- A altura admissível para os veículos condiciona o gabarito vertical sob redes aéreas e viadutos, túneis, sinalização vertical e semáforos.

Sendo assim, para o desenvolvimento do projeto, é de extrema importância analisar todos os tipos de veículos, classificando-os em categorias e definindo a representatividade dos diferentes tamanhos dentro de cada uma dessas classes.



“A grande variedade de veículos existentes conduz à escolha, para fins práticos, de tipos representativos, que em dimensões e limitações de manobra, excedam a maioria dos de sua classe” (DNIT,2010). Então, fez-se necessário a definição de veículos de projeto, cujo peso, dimensões e características de operação formaram uma base para estabelecer os controles de um projeto rodoviário.

Dada a pequena diferença entre os veículos produzidos no país e os veículos de projeto americanos nas categorias de veículos e considerando a falta de estudos mais detalhados que possibilitem definir com precisão as dimensões e características dos veículos de projeto adequados às nossas condições, recomenda-se a utilização dos padrões da AASHTO, adaptados com designações mais compatíveis ao nosso idioma.

Inicialmente, conforme o Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais do DNER (1999), eram definidos quatro tipos de veículos de projeto. Posteriormente, o Manual de Projeto de Interseções do DNIT (2005) incorporou um quinto tipo, o veículo comercial com reboque (RE). Atualmente, são adotados cinco tipos básicos de veículos de projeto, selecionados conforme as características predominantes do tráfego:

- VP Representa os veículos leves, física e operacionalmente assimiláveis ao automóvel, incluindo minivans, vans, utilitários, pick-ups e similares;
- CO: Representa os veículos comerciais rígidos, não articulados. Abrangem os caminhões e ônibus convencionais, normalmente de dois eixos e quatro a seis rodas.
- O: Representa os veículos comerciais rígidos de maiores dimensões. Entre estes incluem-se os ônibus urbanos longos, ônibus de longo percurso e de turismo, bem como caminhões longos, frequentemente com três eixos, de maiores dimensões que o veículo CO. Seu comprimento aproxima-se do limite máximo legal admissível para veículos rígidos.
- SR: Representa os veículos comerciais articulados, compostos de uma unidade tratora simples (cavalo mecânico) e um semirreboque. Seu comprimento aproxima-se do limite máximo legal para veículos dessa categoria.



- RE: Representa os veículos comerciais com reboque. É composto de um caminhão trator trucado, um semirreboque e um reboque, e que mais se aproxima do veículo conhecido como bitrem. Seu comprimento é o máximo permitido pela legislação. Estes modelos

A seguir, apresentam-se as Figura 11 a Figura 15, que ilustram os veículos de projeto e os respectivos gabaritos mínimos de giro, conforme o Manual de Projeto de Interseções do DNIT, atualizado pelo Departamento de Estradas de Rodagem de São Paulo (DER-SP).

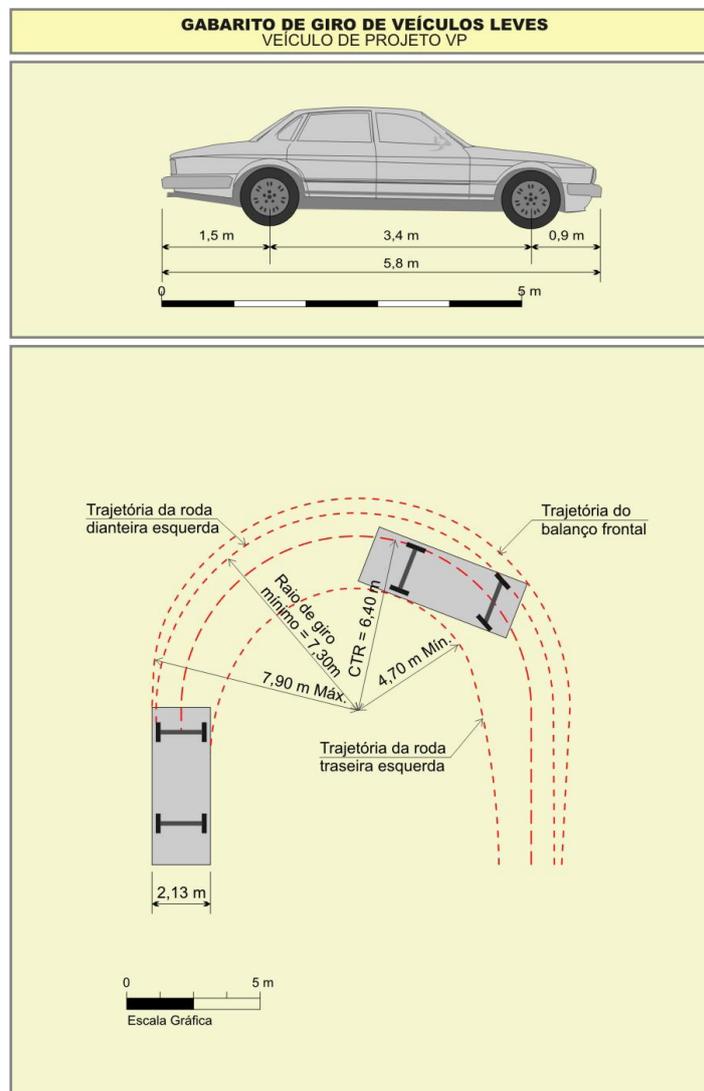


Figura 11: Gabarito de Giro de Veículos Leves - VP (DER-SP, DNIT)

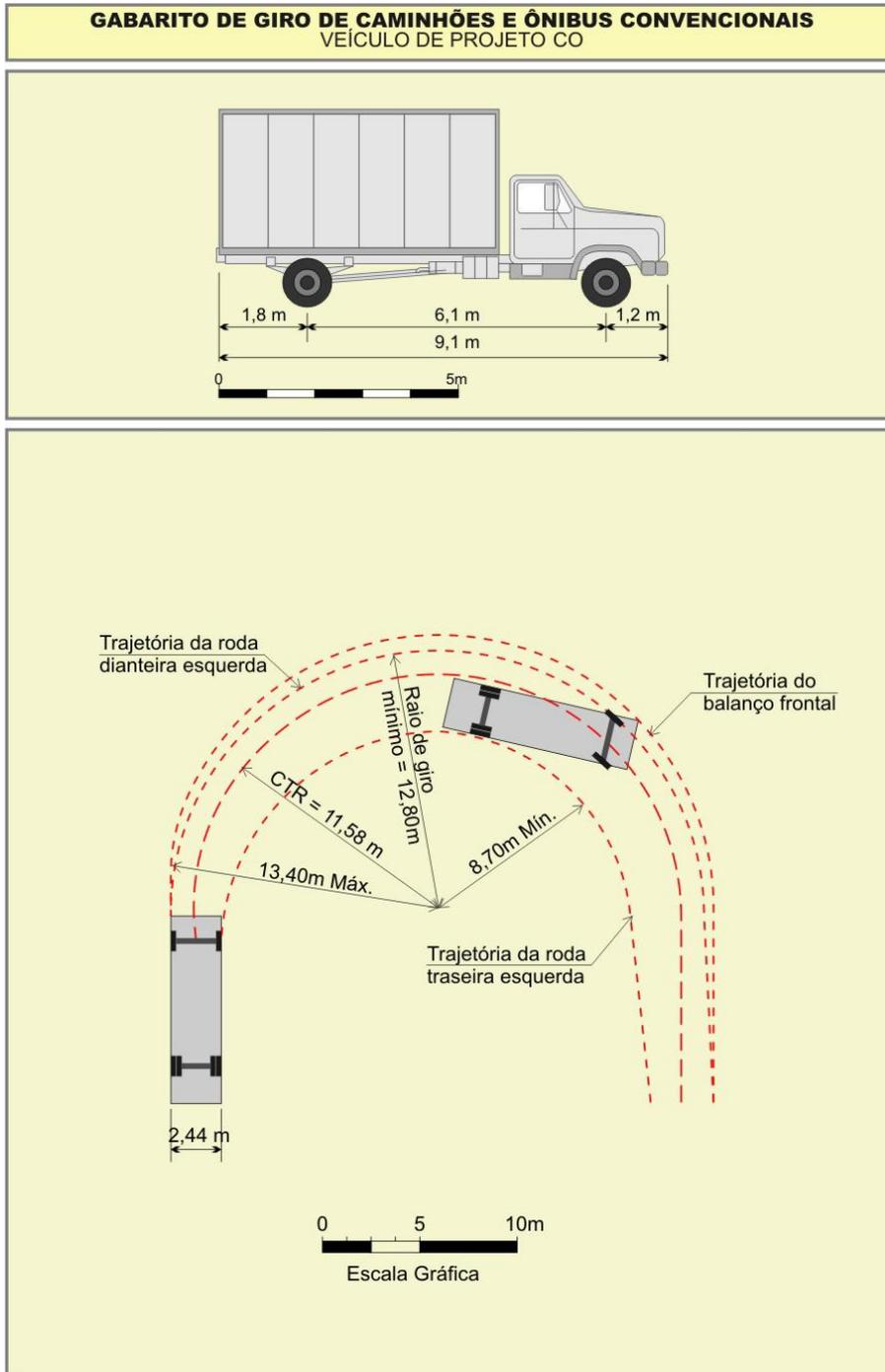


Figura 12: Gabarito de Giro de Caminhões e Ônibus Convencionais - CO (DER-SP, DNIT)

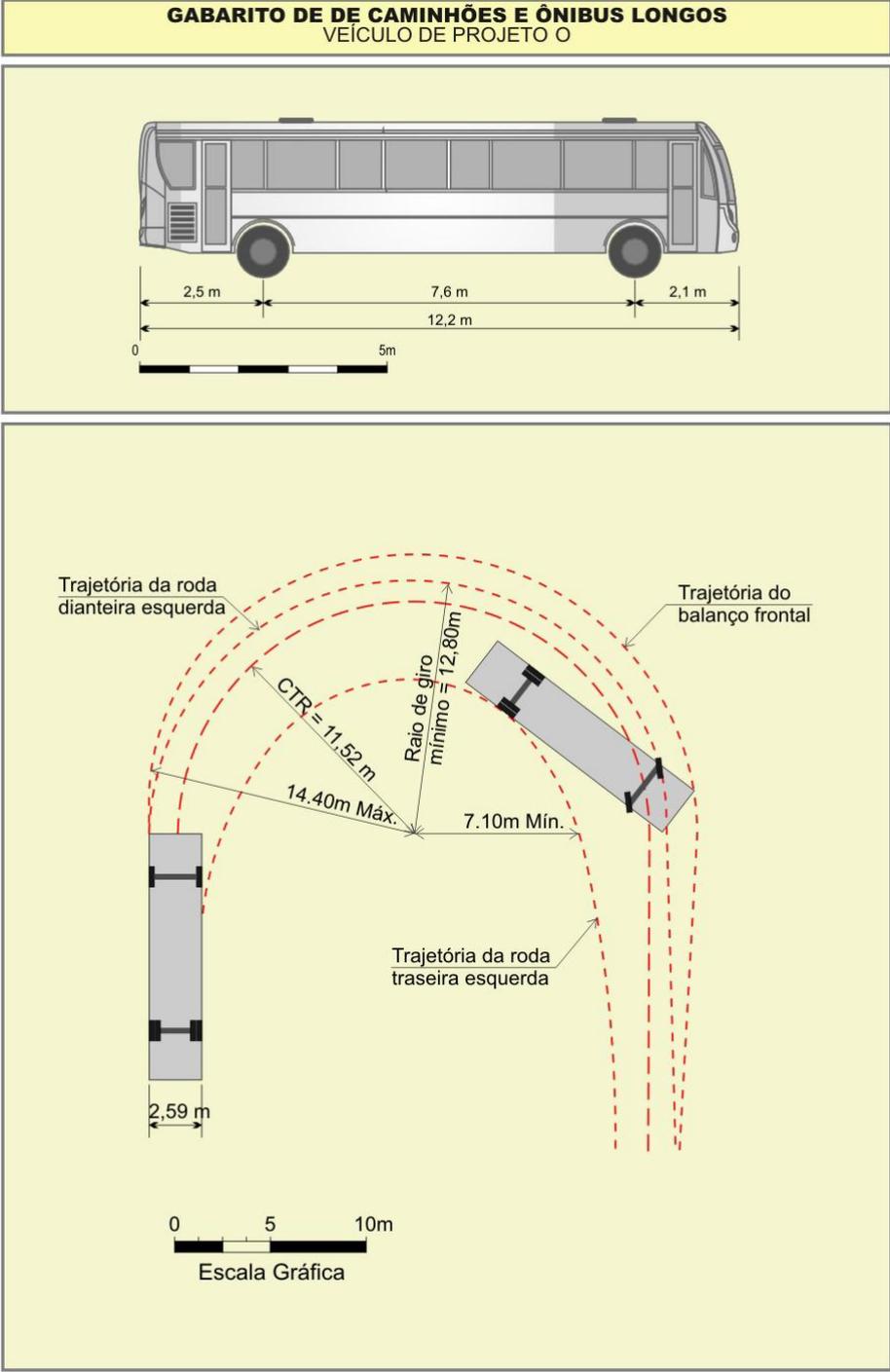


Figura 13: Gabarito de Giro de Caminhões e Ônibus Longos - O (DER-SP, DNIT)

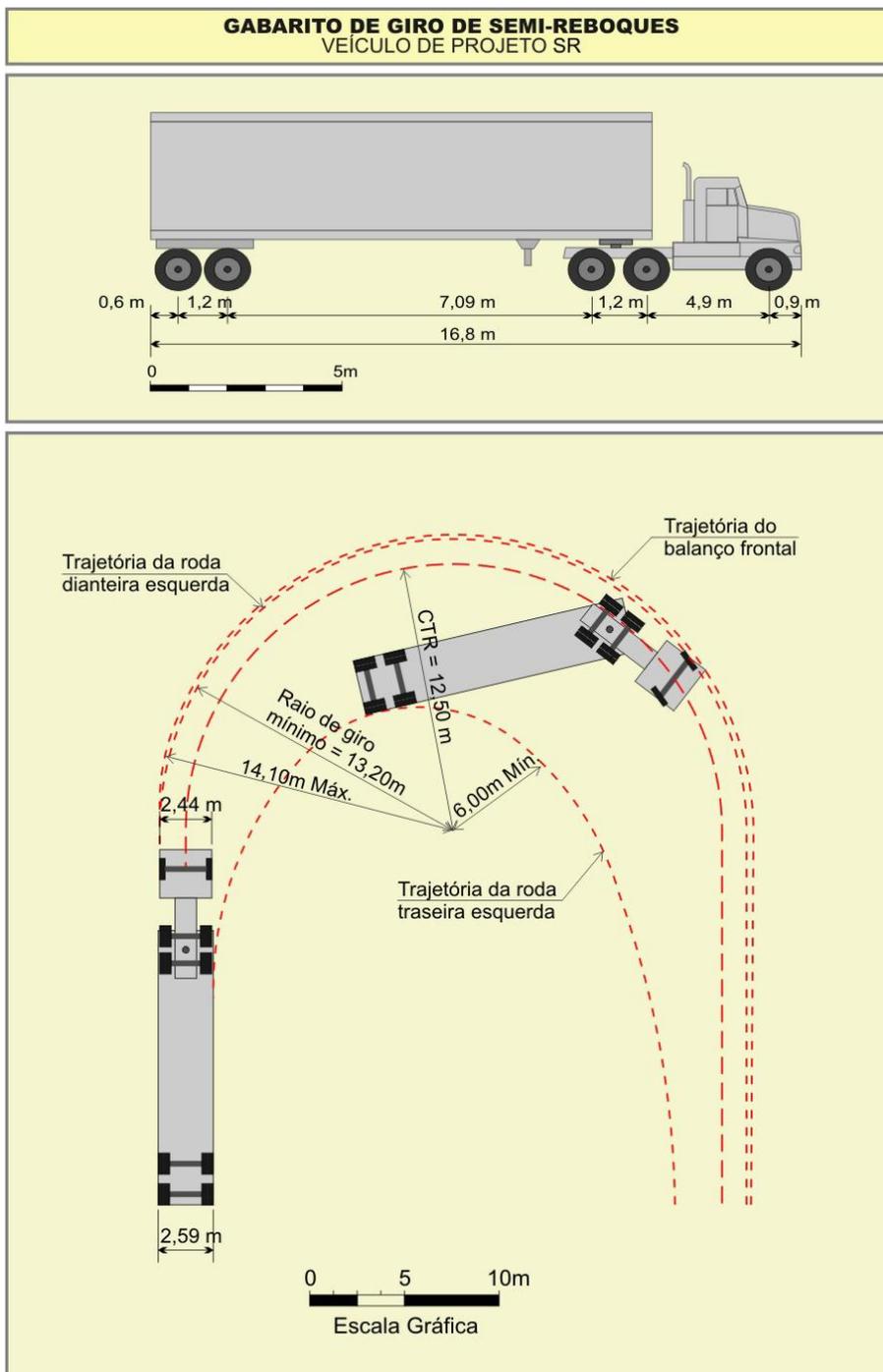


Figura 14: Gabarito de Giro de Semirreboques - SR (DER-SP, DNIT)

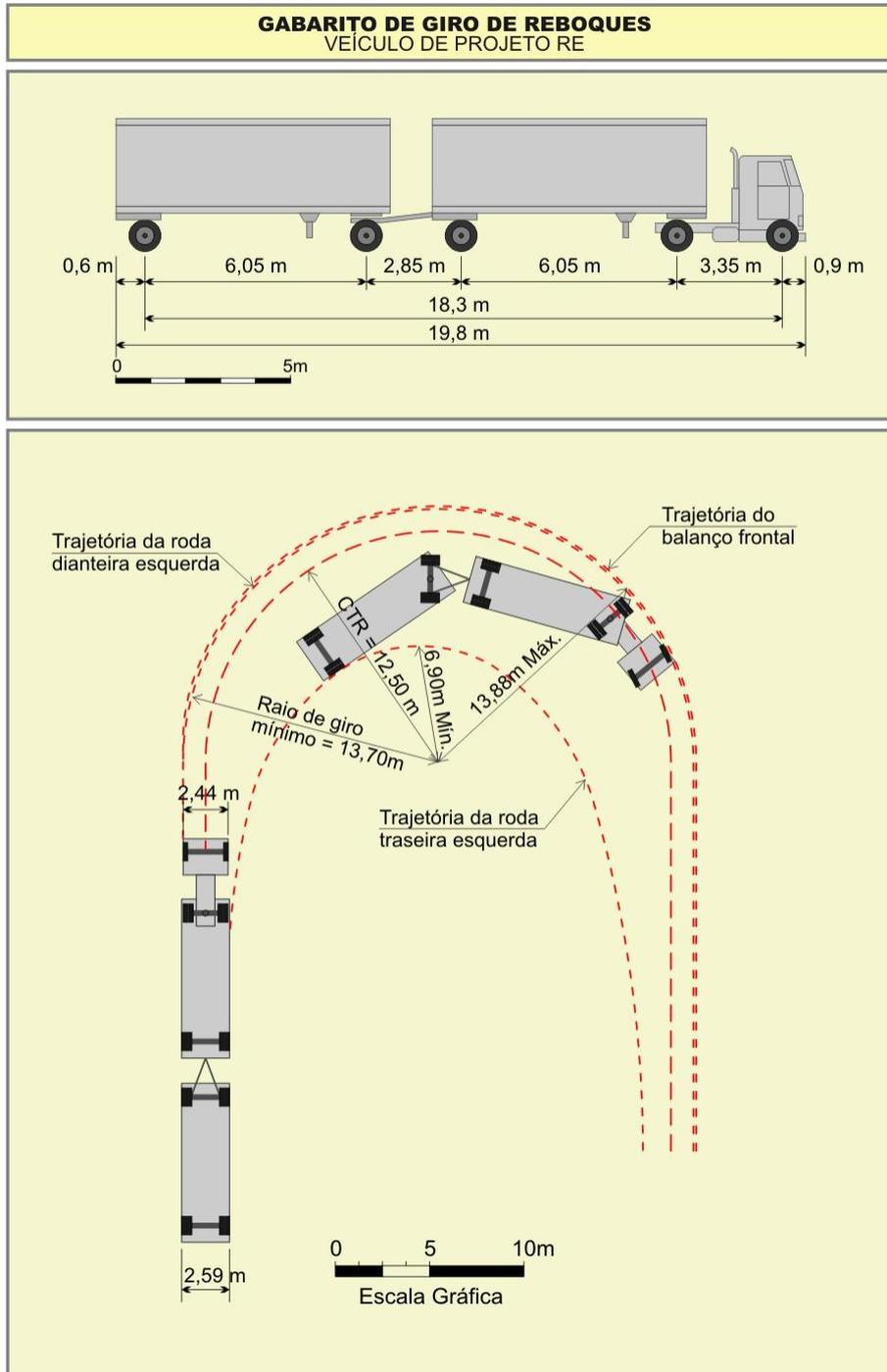


Figura 15: Gabarito de Giro de Reboques - RE (DER-SP, DNIT)



As características básicas dos grupos de veículos de projeto usualmente adotados no Brasil são apresentadas no Quadro 8, segundo o DNIT (2005) e o DNER (1999).

Quadro 8: Principais Dimensões Básicas dos Veículos de Projeto, em metros (DNIT, DNER)

Características	Veículos leves (VP)	Caminhões e ônibus convencionais (CO)	Caminhões e Ônibus longos (O)	Semi-reboques (SR)	Reboques (RE)
Largura total	2,1	2,6	2,6	2,6	2,6
Comprimento total	5,8	9,1	12,2	16,8	19,8
Raio mínimo da roda externa dianteira	7,3	12,8	12,8	13,7	13,7
Raio mínimo da roda interna traseira	4,7	8,7	7,1	6,0	6,9

De acordo com o DER-SP (2006), para estabelecer os parâmetros básicos de projeto de uma rodovia, o projetista deve selecionar o maior veículo de projeto previsto para utilizá-la com frequência mínima considerável.

Mas em determinadas situações, o projetista pode optar por um veículo de projeto cujas características sejam especialmente adequadas para estabelecer parâmetros críticos em pontos específicos da rodovia.

Ao longo dos anos, com o avanço dos estudos sobre veículos de projeto no país, o DNIT consolidou em seu Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas (2010) a inclusão de novos tipos de veículos de projeto. Essas categorias abrangem dimensões e limitações de manobra que contemplam as diversas classes de veículos em circulação no Brasil e foram definidas pelo DNIT da seguinte forma:

- OR: Representa os ônibus de longo percurso (rodoviário) e de turismo. Seu comprimento é o máximo permitido para veículos não articulados e se aproxima do limite máximo legal admissível para ônibus não articulados que possuam 3º eixo de apoio direcional.
- CA: Representa os veículos de carga articulados, compostos de uma unidade tratora simples (cavalo mecânico) com 2 eixos, tracionando um semirreboque de 3 eixos. O modelo representativo é o veículo conhecido como Carreta. Essa



categoria inclui, também, o modelo conhecido como Vanderléia, de mesmo comprimento, composto de uma unidade tratora simples com 3 eixos, tracionando um semirreboque de 3 eixos.

- BT7: Representa os veículos de carga articulados, compostos de um cavalo mecânico com 3 eixos, tracionando, por meio de duas articulações, 2 semirreboques de 2 eixos. O modelo representativo é o veículo conhecido como Bitrem de 7 eixos, com comprimento total de 19,80 metros.
- CG: Representa os veículos especiais para transporte de automóveis, vans, ônibus, caminhões e similares. O modelo representativo é o veículo conhecido como Cegonheiro ou CTV – Combinação de Transporte de Veículos, compostos de um cavalo mecânico com 2 eixos, tracionando um semirreboque de 2 eixos.
- BT9: Representa os veículos de carga articulados, compostos de um cavalo mecânico com 3 eixos, tracionando, por meio de duas articulações, 2 semirreboques de 3 eixos. O modelo representativo é o veículo conhecido como Bitrem de 9 eixos, com comprimento total de 25 metros. Abrange também o veículo Rodo trem, composto de um cavalo mecânico com 3 eixos, tracionando, por meio de três articulações, 2 semirreboques de 2 eixos com dolly intermediário de 2 eixos, com comprimento total de 25 metros.
- BTL: Representa os veículos de carga articulados, compostos de um cavalo mecânico com 3 eixos, tracionando, por meio de duas articulações, 2 semirreboques de 3 eixos. O modelo representativo é o veículo conhecido como Bitrem de 9 eixos, com comprimento total de 30 metros. Abrange, também, o veículo Rodo trem de 30 metros.

De acordo com o Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas, o Quadro 9, expõe as principais dimensões básicas dos veículos de projeto recomendados para utilização nos projetos de rodovias, interseções e instalações correlatas atualizadas.



Quadro 9: Principais Dimensões básicas dos veículos de projeto, em metros (DNIT)

Características	Designação do Veículo								
	Veículo leve (VP)	Cam./Ônibus conv. (CO)	Ônibus urbano longo (O)	Ônibus rodoviário (OR)	Carreta (CA)	Bitrem de 7 eixos (BT7)	Cego-nheiro (CG)	Bitrem de 9 eixos (BT9)	Bitrem longo/Rodotr. (BTL)
Largura total	2,1	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
Comprimento total	5,8	9,1	12,2	14,0	18,6	19,8	22,4	25,0	30,0
Raio mín. da roda externa dianteira	7,3	12,8	12,8	13,8	13,7	13,7	13,7	14,8	16,6
Raio de giro do eixo dianteiro (RED)	6,4	11,5	11,5	12,5	12,5	12,5	12,5	13,6	15,4
Raio mín. da roda interna traseira	4,7	8,7	7,1	7,7	6,1	6,8	1,6	4,5	3,9

Distâncias de Visibilidade

As distâncias de visibilidade são parâmetros que correspondem ao comprimento da via que o motorista consegue visualizar à sua frente, permitindo a identificação antecipada de obstáculos e a tomada de decisões seguras durante a condução. No entanto, neste trabalho, as definições e conceitos relacionados às distâncias de visibilidade serão apresentados de forma complementar, com o objetivo de contextualizar aspectos básicos sem aprofundar-se nas especificidades técnicas.

Isso ocorre porque, visando um projeto a nível conceitual, tais detalhes não são tratados com a profundidade exigida como em fases posteriores do projeto, mas serão abordados como conceitos importantes para compreensão geral de um projeto geométrico.



Um dos principais elementos para garantir tanto a segurança quanto a eficiência operacional de um veículo em circulação por vias rurais ou urbanas é a condição de visibilidade oferecida ao condutor.

“As distâncias de visibilidade traduzem os padrões de visibilidade a serem proporcionados ao motorista, de modo que ele possa sempre tomar a tempo às decisões necessárias à sua segurança” (DNIT, 2010).

Quando o motorista dispõe de uma distância de visibilidade apropriada, ele é capaz de captar informações relativas à via e ao fluxo de tráfego, processá-las adequadamente, ajustar a trajetória e a velocidade do veículo conforme necessário, além de tomar decisões de forma oportuna e segura. Isso inclui a possibilidade de frear ou executar outras manobras adequadas diante de obstáculos inesperados no percurso.

Vários estudos de segurança comprovam que as distâncias de visibilidade disponíveis à frente do motorista ao longo da rodovia estão diretamente relacionadas com a ocorrência de acidentes, especialmente no caso de pista simples com tráfego bidirecional (DER-SP, 2006). A Figura 16 representa uma taxa de ocorrência de acidentes em função da visibilidade de acordo com uma publicação publicada no Highway Design and Traffic Safety Engineering Handbook.

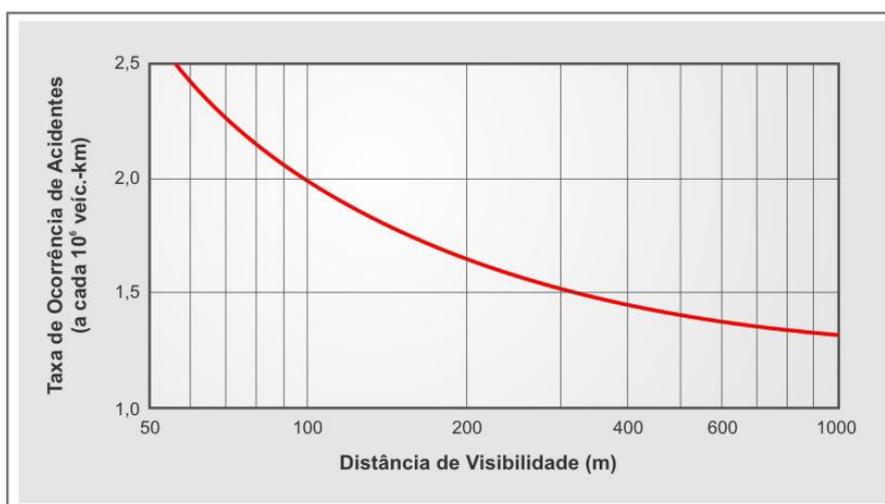


Figura 16: Taxa de Ocorrência de Acidentes em Função da Visibilidade (DER-SP, Highway Design and traffic safety engineering handbook)



Segundo o DER-SP (2006), distância de visibilidade é a extensão de rodovia visível ao condutor. Tal parâmetro deve ser adotado de modo a assegurar que os condutores não sofram limitações visuais diretamente ligadas às características geométricas das rodovias e que, assim, possam controlar seus veículos a tempo, seja para imobilizá-los, seja para realizar ou interromper uma manobra de ultrapassagem, caso necessário.

Essas distâncias são definidas de acordo com as características geométricas da via urbana. As distâncias que devem ser consideradas no projeto de uma via, de acordo com o Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas do DNIT, são as distâncias de visibilidade de parada, de tomada de decisão, as de ultrapassagem e as de interseções.

De acordo com a Nota Técnica de Projeto Geométrico do DER-SP (2006), “segurança viária e qualidade da operação do tráfego requerem distâncias de visibilidade com extensão suficiente para que o condutor possa imobilizar seu veículo a tempo de evitar colisão, extensão suficiente para permitir que o condutor, em vias bidirecionais de duas faixas de tráfego realizem ultrapassagens seguras sobre outros veículos ocupando a faixa de tráfego do fluxo oposto e distâncias necessárias para tomada de decisão com grau elevado de complexidade em locais específicos da rodovia”.

São de caráter obrigatório as de parada e das interseções, e as demais são valores recomendados (DNIT, 2010), sendo elas:

- Distância de visibilidade de parada: “distância mínima que um motorista, trafegando com a velocidade diretriz, necessita para parar com segurança após avistar um obstáculo na rodovia” (DNIT, 2010).
- Distância de visibilidade para tomada de decisão: é a distância necessária para que um motorista tome consciência de uma situação potencialmente perigosa, inesperada ou difícil de perceber, avalie o problema encontrado, selecione um caminho adequado e a velocidade necessária, e execute a manobra de forma eficiente e segura (DNIT,2010).
- Distância de visibilidade de ultrapassagem: extensão necessária em uma rodovia



bidirecional de duas faixas de tráfego para que um veículo possa ultrapassar outro que circule com velocidade inferior à sua frente, em condições aceitáveis de conforto e segurança, dispondo para tanto de visibilidade suficiente para minimizar a possibilidade de ocorrência de acidentes (DER-SP).

- Distância de visibilidade nas interseções: permitem que os motoristas de veículos parados, aguardando oportunidade de travessia ou de incorporação na via principal, tenham uma visão da via suficiente para que possam decidir quando devem proceder à manobra desejada (DNIT,2010).

Alinhamento Horizontal

O Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais do DNER (1999) define que, o conceito geral para um traçado é que seja uma entidade tridimensional contínua, de fluentes e gradativas mudanças de direção. A Instrução de Projeto do Departamento de Estradas de Rodagem de São Paulo (DER-SP, 2006) também conclui a mesma lógica, reforçando que o traçado é tridimensional e resulta de mudanças de direção graduais e contínuas, que devem evitar ou causar o mínimo possível de surpresas aos condutores.

Sendo assim, o alinhamento horizontal consiste na definição do traçado no plano, composto basicamente por trechos retos (tangentes) intercalados por curvas horizontais, que podem ser curvas circulares e curvas de transição (espirais) que promovem mudanças graduais de direção. Deve ser projetado de forma a garantir fluidez e segurança ao tráfego, evitando mudanças bruscas de direção e proporcionando conforto ao motorista. Um alinhamento horizontal bem elaborado garante a segurança viária, proporciona conforto e fluidez ao tráfego, facilita a construção e manutenção da via.

Segundo a Instrução de Projeto (DER-SP, 2006), no projeto de rodovias, deve-se almejar que o efeito tridimensional da combinação dos elementos básicos do alinhamento horizontal e vertical harmonize a implantação da rodovia com a paisagem e proporcione boas condições operacionais e de segurança.

A coordenação com o alinhamento vertical assegura segurança e conforto em todas as dimensões do projeto. A alternância equilibrada entre curvas e retas evita monotonia e



fadiga visual, mantendo a atenção do condutor, além de minimizar impactos ambientais e econômicos ao reduzir desapropriações e intervenções extensas no terreno.

Concordância Horizontal

Segundo o DNER (1999), na conexão de dois trechos em tangente há três tipos de concordância utilizados nos projetos rodoviários:

- Curva Circular Simples quando os dois trechos em tangente são ligados por um arco de círculo.
- Curva Circular Composta quando os dois trechos são conectados por dois ou mais arcos de círculo sucessivamente tangentes girando no mesmo sentido.
- Combinação de curvas de raios variáveis com curva de raio constante quando a tangente é conectada com uma curva circular por meio de uma curva de transição (de raio variável).

A combinação entre curva circular e curva de transição é também muito comum em projetos rodoviários, pois atende às exigências técnicas de suavidade, segurança e conforto para os usuários, além de harmonizar o traçado com as condições topográficas e operacionais da via e pode ser exemplificada na Figura 17.

A curva circular simples é prática para a análise prévia de traçados e consiste em um arco de circunferência conectando duas tangentes no alinhamento horizontal, conforme exemplificada na Figura 17 e Figura 18.

As curvas horizontais de transição devem ser adotadas para proporcionar trajetória mais natural para ser seguida pelos motoristas, de maneira que a aceleração radial a que fica submetido o veículo aumente ou diminua gradativamente, à medida em que este entre ou saia da curva horizontal circular (DER-SP, 2006), conforme pode ser exemplificada na Figura 17 e Figura 19.

Também de acordo com o Departamento de Estradas de Rodagem de São Paulo (2006), a utilização de curvas de transição diminui a tendência dos veículos de invadirem as faixas



adjacentes, proporcionam um trecho para transição da superelevação da pista entre a situação normal em tangente e a situação de giro específico da curva e um efeito visual mais agradável ao traçado, evitando o aspecto distorcido no início e no final da curva circular causado pela transição da superelevação.

O Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas do DNIT (2010), o Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais do DNER (1999) e a Nota Técnica de Projeto Geométrico do DER-SP (2006) recomendam que, a curva circular de transição pode ser dispensada de acordo com a relação da velocidade de projeto e o raio da curva, conforme exposto no Quadro 10.

No entanto, estudos mais recentes do A Policy on Geometric Design of Highways and Streets da AASHTO (2018) indicam que, para determinadas velocidades de projeto, é possível adotar raios menores do que os previstos nas normas brasileiras, dispensando assim o uso da curva de transição sem comprometer a segurança e o conforto dos usuários.

Dessa forma, a AASHTO oferece parâmetros atualizados que ampliam as possibilidades de projeto, mantendo a conformidade com critérios rigorosos de segurança e conforto, e servindo como importante referência para a revisão e adequação geométrica de vias no Brasil.

Quadro 10: Valores de Raios Acima dos Quais é dispensável o Uso das Curvas de Transição (DER-SP, DNIT, DNER, AASHTO)

V (km/h)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
R (m) DNER	24	170	300	500	700	950	1200	1550	1900	2300	2800	3250
R (m) AASHTO	24	54	95	148	213	290	379	480	592	716	852	1000

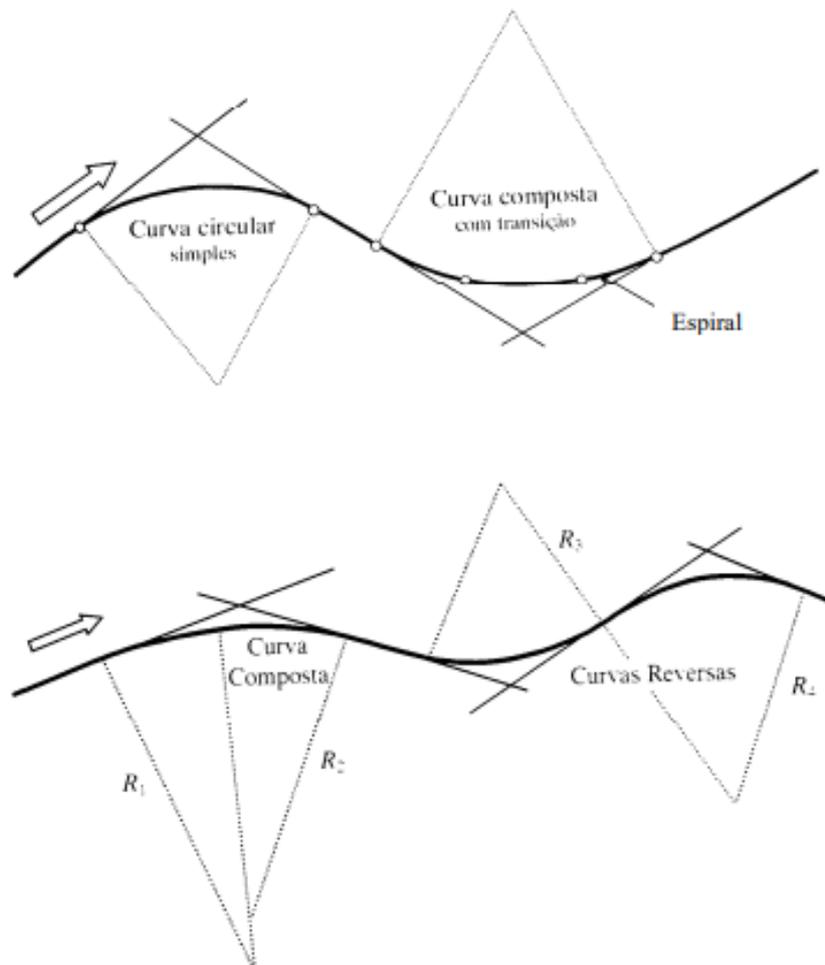


Figura 17: Curvas de concordância horizontal (Pontes)



CURVA CIRCULAR SIMPLES

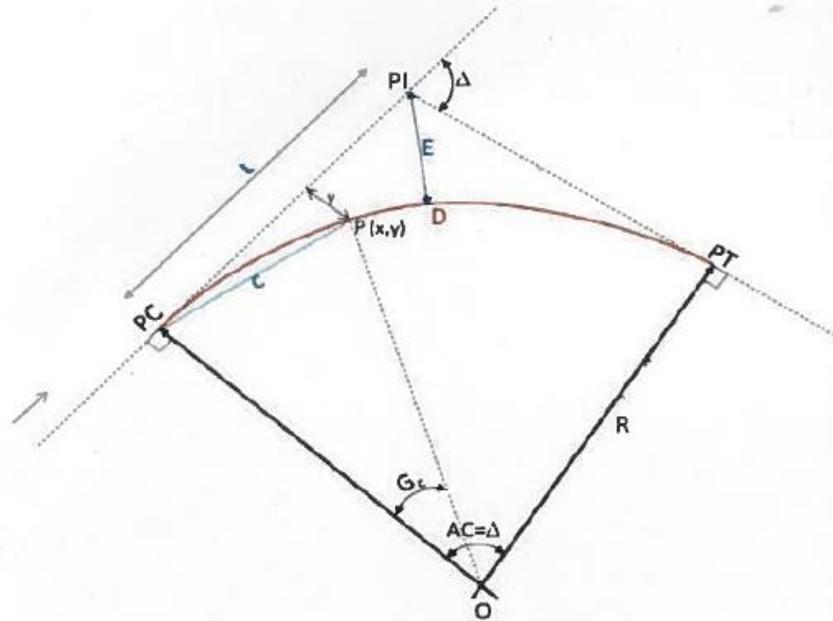


Figura 18: Curva Circular Simples (Formulário de Estradas, IME)

CURVA CIRCULAR COM TRANSIÇÃO

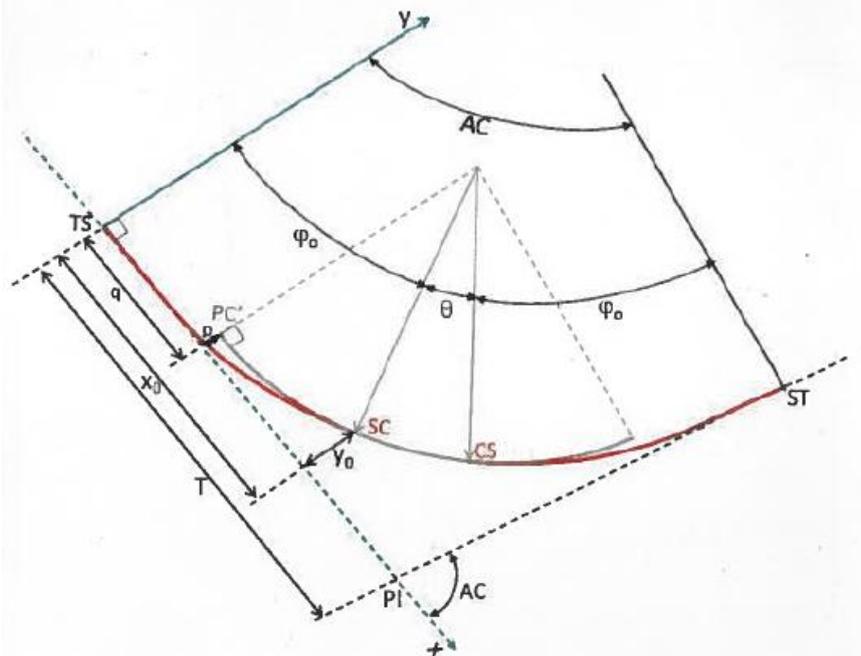


Figura 19: Curva Circular com Transição (Formulário de Estradas, IME)

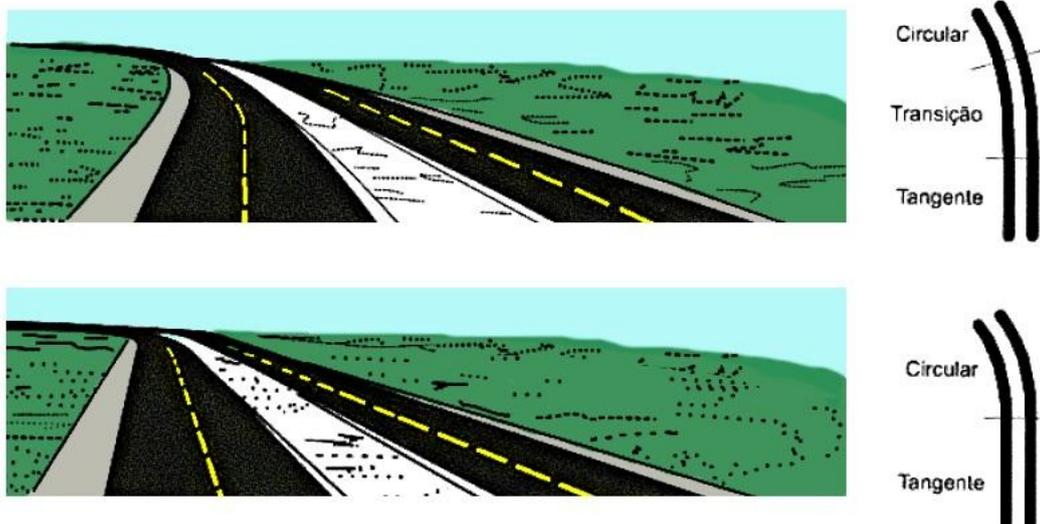


Figura 20: Ilustração da diferença entre curva circular simples e com transição (Guia da Engenharia)

No qual, os pontos notáveis apresentados tanto na curva circular simples e com transição são os seguintes:

PC – Ponto de curva;

Gc – Grau da curva;

PI – Ponto de Interseção das tangentes;

P(x, y) – Ordenada do ponto;

PT – Ponto de tangente;

Δ – Ângulo de deflexão;

D – Desenvolvimento da curva;

R – Raio da curva;

AC – Ângulo central da curva;

E – Afastamento;

TS – Tangente espiral;

SC – Espiral-circular;

CS – Circular-espiral;

ST – Espiral-tangente.

Φ – Ângulo de Transição

θ – Ângulo do trecho circular;



O Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas do DNIT (2010) dita que, no projeto de curvas horizontais, é necessário estabelecer uma relação adequada entre a velocidade de projeto e a curvatura, bem como a relação conjunta destes elementos com a superelevação.

Segundo o próprio DNIT (2010), sempre que a morfologia do terreno natural permitir, as curvas circulares devem apresentar os maiores valores de raios possíveis, visando facilitar a visibilidade e a percepção do traçado ao condutor.

Superelevação

Segundo o DNIT (2010), “dá-se o nome de superelevação à declividade transversal de que a pista é dotada nas curvas, com o objetivo de contrabalançar a atuação da aceleração centrífuga”.

A superelevação geralmente é expressa em porcentagem e seus principais critérios a serem definidos no projeto incluem a necessidade de superelevação, que depende do raio da curva e da velocidade de projeto, além dos valores mínimos e máximos admissíveis. A transição da superelevação deve ocorrer gradualmente, preferencialmente ao longo da curva de transição, garantindo conforto e segurança na mudança da inclinação da pista. As rampas de superelevação devem manter a continuidade e uniformidade do traçado, evitando desníveis abruptos que possam comprometer a dirigibilidade e a estabilidade dos veículos.

Segundo o DNIT (2010), “para cada velocidade diretriz considerada existe um valor de raio para o qual a aceleração centrífuga é tão pequena que pode ser desprezada, tratando-se o trecho como se fosse em tangente”.

A fim de simplificar o projeto geométrico e a execução de obras, o DNIT (2010) decretou que superelevação se torna dispensável em vias de baixa velocidade porque os efeitos dinâmicos sobre os veículos são menores, as condições físicas e operacionais limitam sua aplicação, e sua eliminação contribui para a economia e praticidade do projeto sem prejuízo à segurança viária. Outra situação também é, em curvas com raios grandes, a



superelevação torna-se desnecessária. Isso ocorre porque, à medida que o raio da curva aumenta, a força centrífuga que atua sobre o veículo diminui significativamente, reduzindo a necessidade de inclinar a pista para equilibrar essas forças.

Superlargura

Segundo o Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas do DNIT (2010), a largura da pista de uma via é determinada em função das larguras máximas dos veículos que a utilizam e das suas velocidades e a determinação dessa largura é feita somando as larguras máximas dos veículos e as distâncias de segurança entre veículos e entre veículos e as bordas do pavimento.

De um modo geral, a adoção de superlargura é justificada para valores relativamente pequenos de raios, que normalmente encontrados em vias urbanas sujeitas a sérias condicionantes de traçado, em rodovias de classes II ou III ou em rodovias situadas em regiões topograficamente muito adversas (DNIT, 2010).

Alinhamento Vertical

Assim como no caso do alinhamento horizontal, para o alinhamento vertical deve-se considerar o interesse em mudanças de direção graduais e contínuas, evitando-se ou minimizando-se as surpresas aos condutores (DER-SP, 2006).

O alinhamento vertical define o perfil longitudinal da via, adequando o traçado às condições topográficas do terreno. Ele é composto por rampas ascendentes e descendentes conectadas por curvas verticais que garantem transições suaves entre diferentes inclinações, promovendo segurança e conforto na circulação dos veículos.

A sua correta definição permite controlar a declividade da via, evitando rampas muito íngremes que possam comprometer a estabilidade e o desempenho dos veículos, além de assegurar visibilidade adequada para os motoristas, fator essencial para a segurança operacional.



Além disso, a coordenação entre os alinhamentos horizontal e vertical é crucial para evitar situações de surpresa visual e garantir um traçado harmonioso, o que contribui para a fluidez do tráfego e a redução de acidentes. O alinhamento vertical influencia diretamente aspectos construtivos, como volumes de terraplenagem e necessidade de obras de arte, impactando custos e viabilidade do empreendimento.

Perfil Longitudinal/ Greide

O perfil longitudinal de uma via urbana é a representação gráfica da variação das cotas ao longo do eixo de uma via.

O greide, representado no perfil longitudinal de uma via, é uma linha imaginária que representa a variação altimétrica do eixo de uma via ao longo de seu desenvolvimento. Greides retos são definidos por sua declividade com o mesmo sentido do estaqueamento em planta, podendo ser ascendentes e descendentes. O greide define as cotas e as inclinações que a via deverá apresentar em cada trecho, servindo como base para a execução dos serviços de terraplanagem e pavimentação.

Segundo o DNER (1999) e o DER-SP (2006), deve-se evitar alterações frequentes e de pequena magnitude na rampa, priorizando uma linha de greide suave, com mudanças graduais e contínuas. Greides excessivamente aderidos ao terreno, que resultem em alinhamentos muito ondulados, devem ser evitados, pois a sucessão de lombadas e depressões pode comprometer a segurança ao ocultar veículos em pontos baixos, induzindo condutores a ultrapassagens perigosas.

Concordância Vertical

A função das curvas verticais é concordar as tangentes verticais dos greides (DNIT, 2010), utilizando como critério básico a ser considerado no dimensionamento das curvas verticais côncavas e convexas, a da distância de visibilidade necessária (DER-SP, 2006), conforme indicado na Figura 21.



Segundo o Departamento Estadual de Estradas de Rodagem de São Paulo (2006), o emprego das curvas ao longo do alinhamento vertical de uma via tem por objetivo promover a transição gradual entre rampas de inclinações distintas resultando em projeto que ofereça segurança e conforto na operação, aparência agradável e condições adequadas para a drenagem.

O projeto das curvas verticais deve considerar sua integração com os demais componentes do alinhamento vertical, de modo a assegurar um traçado espacial harmonioso. As curvas verticais devem ser projetadas para garantir maior segurança em função da disponibilidade de visibilidade adequada e integração da via com a região (DER-SP, 2006).

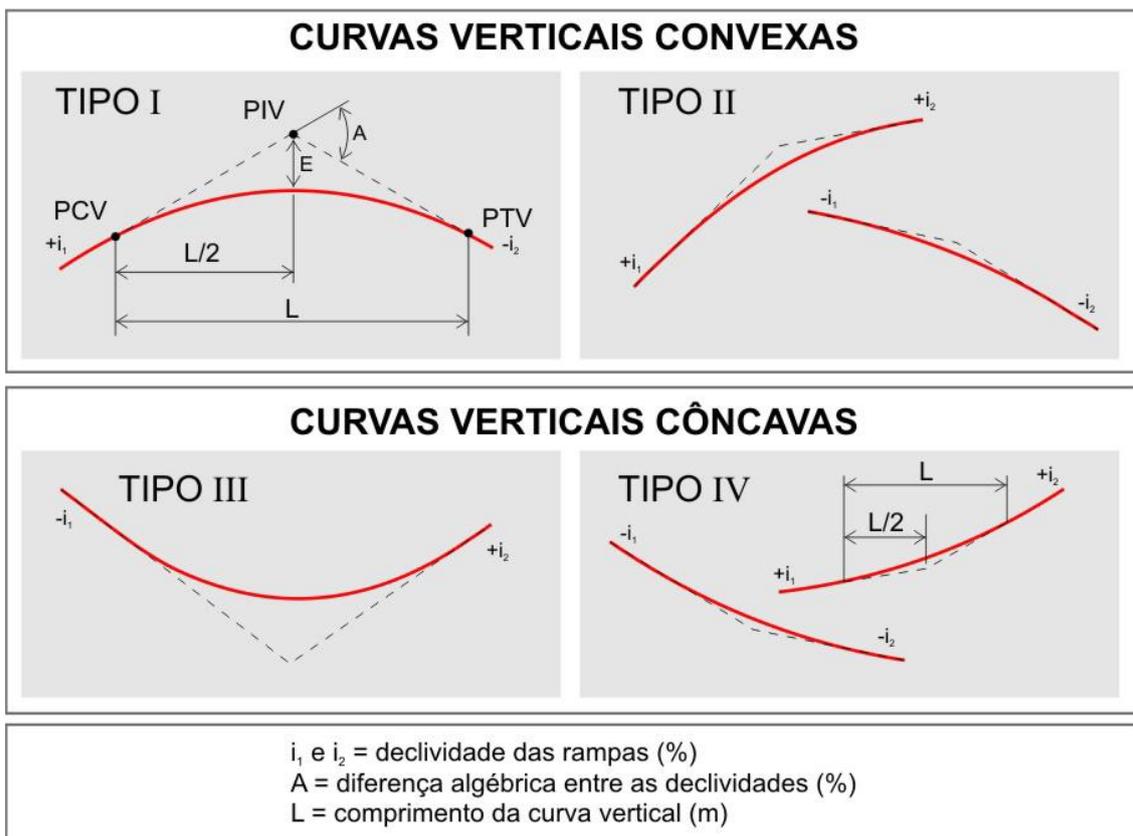


Figura 21: Tipos de curvas verticais (DER-SP)



De acordo com o DER-SP (2006), as curvas verticais utilizadas para concordância do alinhamento vertical são: a parábola do segundo grau, a curva circular, a elipse e a parábola cúbica. A mais empregada atualmente é a parábola simétrica do 2º grau.

Rampas/declividades

De acordo com o Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais (DNER, 1999) e o DER-SP (2006), as declividades devem ser definidas de forma que o perfil longitudinal da via se adapte tanto quanto possível ao relevo natural do terreno, visando à proteção do meio ambiente, traduzida por menores intervenções, além da redução dos custos de construção.

Logo, a fixação dos valores máximos de projeto para a declividade de rampa contribui para a homogeneização e coerência das características técnicas e operacionais da via.

Segundo o DNER (1999), as características de cada classe de via devem proporcionar um padrão global, físico e operacional uniforme à via.

O Quadro 11 a seguir, baseado no Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais e retirado da instrução de projeto geométrico do DER-SP, é uma referência básica para a seleção das declividades máximas de rampa de acordo com a classe de projeto da via e o seu relevo, podendo ser analisadas também em vias urbanas.

Quadro 11: Declividades Máximas para Rodovias Rurais (DER-SP)

Classe de projeto	Relevo		
	Plano	Ondulado	Montanhoso
Classe 0	3%	4%	5%
Classe I	3%	4,5%	6%
Classe II	3%	5%	7%
Classe III	4%	6%	8%
Classe IVa	4%	6%	8%
Classe IVb	6%	8%	10%*



De acordo com A Policy On Geometric Design Of Highways and Streets, pode-se complementar o estudo de declividade máxima de rampa conforme a o tipo de relevo e a velocidade de projeto da via, conforme exemplificado do Quadro 12 ao Quadro 15.

Quadro 12: Declividades Máximas para Vias Expressas Rurais ou Urbanas (A Policy on Geometric Design of Highways and Streets)

Relevo	Velocidade de projeto (km/h)					
	80	90	100	110	120	130
Plano	4%	4%	3%	3%	3%	3%
Ondulado	5%	5%	4%	4%	4%	4%
Montanhoso	6%	6%	6%	5%	-	

Quadro 13: Declividades Máximas para Vias Arteriais Urbanas (A Policy on Geometric Design of Highways and Streets)

Relevo	Velocidade de projeto (km/h)					
	50	60	70	80	90	100
Plano	8%	7%	6%	6%	5%	5%
Ondulado	9%	8%	7%	7%	6%	6%
Montanhoso	11%	10%	9%	9%	8%	8%

Quadro 14: Declividades Máximas para Vias Coletoras Urbanas (A Policy on Geometric Design of Highways and Streets)

Relevo	Velocidade de projeto (km/h)							
	30	40	50	60	70	80	90	100
Plano	9%	9%	9%	9%	8%	7%	7%	6%
Ondulado	12%	12%	11%	10%	9%	8%	8%	7%
Montanhoso	14%	13%	12%	12%	11%	10%	10%	9%



Quadro 15: Declividades Máximas para Vias Locais (A Policy on Geometric Design of Highways and Streets)

Relevo	Velocidade de projeto (km/h)								
	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Plano	9%	8%	7%	7%	7%	7%	6%	6%	5%
Ondulado	12%	11%	11%	10%	10%	9%	8%	7%	6%
Montanhoso	17%	16%	15%	14%	13%	12%	10%	10%	-

Coordenação entre os alinhamentos horizontal e vertical

Segundo o DNER (1999), a coordenação entre os alinhamentos horizontal e vertical confere as características de segurança, conforto e aspectos visuais e a sua ausência em um projeto geométrico pode agravar em eventuais deficiências do traçado ou perfil.

Deve-se almejar que o efeito tridimensional da combinação dos elementos básicos do traçado harmonize a implantação da rodovia com a paisagem e proporcione boas condições operacionais e de segurança (DER-SP, 2006).

O ideal é que a coordenação dos alinhamentos vertical e horizontal deve ser perseguida desde os estágios iniciais dos estudos de traçado, cabendo aperfeiçoamentos em etapas posteriores do projeto, de acordo com as diretrizes do Departamento de Estradas de Rodagem de São Paulo (2006).

Uma boa coordenação entre alinhamentos na elaboração do projeto geométrico de rodovias expõe situações típicas adequadas conforme demonstrado na Figura 22, retirada da Nota Técnica do DER-SP de projeto geométrico, baseada em A Policy on Geometric Design of Highways and Streets.

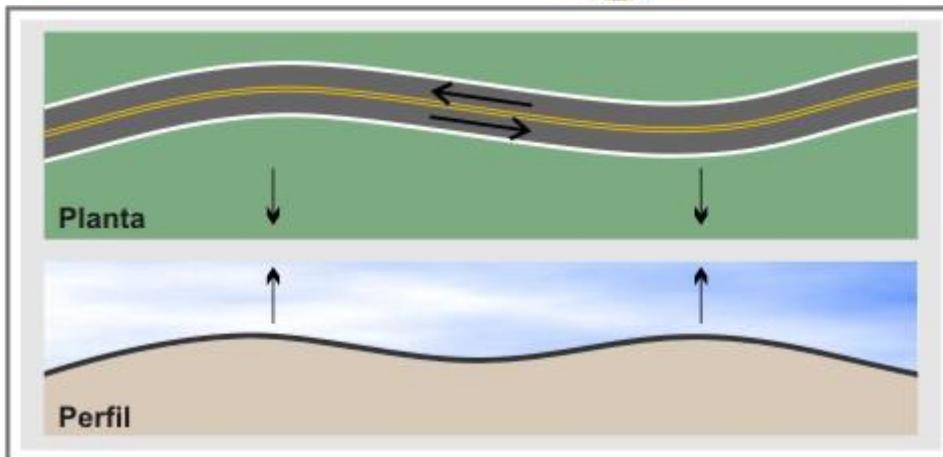


Figura 22: Vértices de Curvas dos Alinhamentos Horizontal e Vertical coincidentes (DER-SP)

Seção Transversal/Seção-Tipo

Os elementos da seção transversal da rodovia têm influência direta sobre suas características de operação, segurança e estética (DNER, DNIT, DER-SP).

As rodovias, quanto ao tipo de seção transversal, podem ser divididas em vias de pista simples ou de duas ou mais pistas. Na via de pista simples, a circulação pode ocorrer em sentido único ou em ambos os sentidos.

As rodovias de pista simples com duplo sentido de circulação em geral não apresentam dispositivos de separação para os fluxos de tráfego de sentidos opostos, como barreiras rígidas, defensas metálicas ou canteiro central. Nesses casos os fluxos são separados apenas por meio de dispositivos de sinalização (DER-SP, 2006).

No contexto do projeto geométrico também existem as seções tipo, que consiste numa seção transversal padrão que representa a configuração típica do corpo da via em termos de largura da plataforma, taludes, faixas de rolamento, acostamentos, drenagem, e outras características geométricas relevantes, conforme ilustrado na Figura 23.

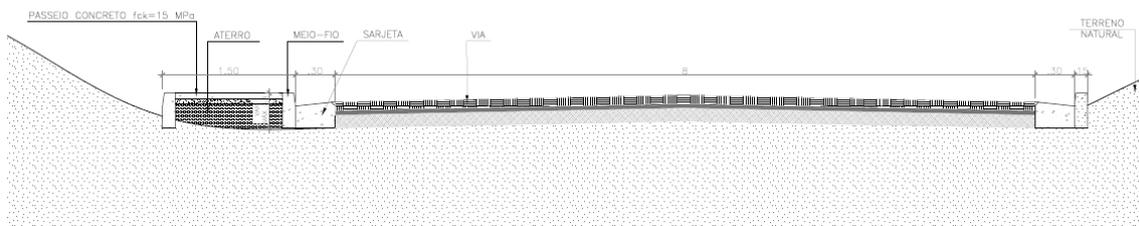


Figura 23: Seção Tipo de uma via (Autoria Própria)

Os elementos da seção transversal de uma via têm influência sobre suas características operacionais, estéticas e de segurança. Esses elementos devem ser adequados aos padrões estabelecidos de velocidade, capacidade de tráfego, nível de serviço, aparência e segurança (DNIT, 2010).

Tais elementos devem ser adequados à classe funcional da rodovia, considerando os parâmetros relevantes como velocidade de projeto, capacidade e níveis de serviço ofertados, segurança e aparência (DER-SP, 2006).

A seção de uma via representa o corte vertical perpendicular ao eixo da estrada, mostrando a composição e as dimensões dos seus componentes básico, conforme indicado na Figura 24 .

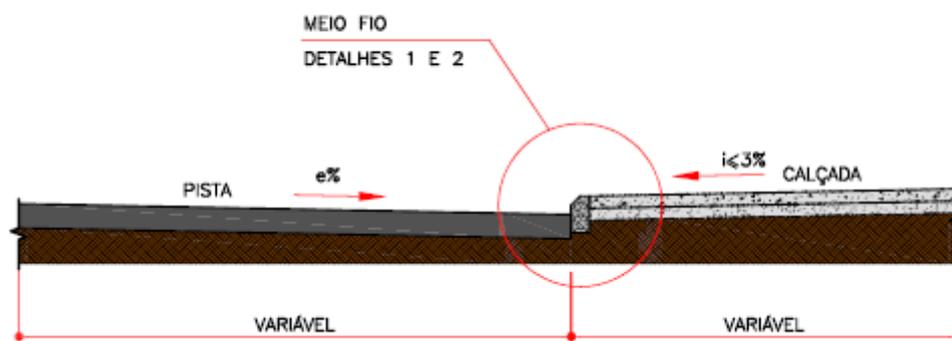


Figura 24: Dimensionamento de elementos de uma seção de via (Prefeitura Rio de Janeiro)



Entre os principais elementos que compõem a seção transversal de uma via destacam-se as faixas de rolamento, que são as áreas destinadas ao fluxo contínuo de veículos, os acostamentos, que funcionam como áreas de segurança para paradas emergenciais e os dispositivos de drenagem lateral, essenciais para o escoamento eficiente das águas pluviais e preservação da estrutura da via, o passeio que é a faixa destinada à circulação de pedestres, projetada para garantir acessibilidade, conforto e segurança, o talude que é uma superfície inclinada natural ou artificial que garante a estabilidade do terreno nas áreas de corte/aterro e o meio-fio que atua como limite entre a faixa de rolamento e o passeio.

Este último pode ser do tipo convencional ou meio-fio sarjeta, sendo projetado para auxiliar na drenagem superficial das águas pluviais, direcionando o escoamento para os sistemas de drenagem lateral e evitando o acúmulo de água sobre a pista e o passeio.

Para dimensionamento da seção transversal e de todos os seus elementos, devem ser seguidas as recomendações do Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas do DNIT e do Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais do DNER.

De acordo com esses manuais, tem-se definido que:

Para a faixa de rolamento, sua largura tem grande influência sobre a segurança e conforto ao dirigir. Em geral, esta largura varia entre 2,7 m e 3,6 m, predominando, para as vias de alto padrão, o valor de 3,6 m (DER-SP, 2006).

No Quadro 16 a seguir são apresentadas as larguras recomendadas pelo Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais (DNER, 1999) e retirado da Norma Técnica de Projeto do DER-SP (2006), para as faixas de rolamento, de acordo com a classe da rodovia e com o tipo de relevo da região.



Quadro 16: Largura das Faixas de Rolamento em tangentes horizontais (DER-SP, DNER)

Classe de projeto	Relevo		
	Plano	Ondulado	Montanhoso
Classe 0	3,60	3,60	3,60
Classe I	3,60	3,60	3,50
Classe II	3,60	3,50	3,30
Classe III	3,50	3,30 (*)	3,30
Classe IV-A	3,00	3,00	3,00
Classe IV-B	2,50	2,50	2,50

Os Acostamentos também são desejáveis em vias urbanas. Contribuem para aumentar a segurança, provendo área de manobra e espaço para veículos imobilizados (DNIT, 2010).

Segundo o A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, o acostamento é o segmento adjacente à faixa de rolamento destinado a abrigar veículos parados, sendo uma área a ser utilizada em emergências.

Os acostamentos exercem influência sobre as condições de drenagem transversal da pista e devem ter caimento adequado de modo a não prejudicar a circulação dos veículos. Também devem apresentar estabilidade estrutural adequada para suportar o eventual tráfego de veículos (DER-SP, 2006).

A largura adequada do acostamento precisa ser suficiente para acomodar o veículo de projeto, garantindo também espaço para que uma pessoa possa permanecer ao seu lado



durante a prestação de serviços de assistência, além de proporcionar um afastamento seguro em relação à pista de rolamento.

No Quadro 17 são indicadas as larguras dos acostamentos internos em função da classe da via urbana e do relevo da região.

Quadro 17: Largura do Acostamento em metros (DNER, DER-SP)

Classe de Projeto	Relevo		
	Plano	Ondulado	Montanhoso
0	3,50 *	3,00 *	3,00 *
I	3,00	2,50	2,50
II	2,50	2,50	2,00
III	2,50	2,00	1,50
IV-A	1,30	1,30	0,80
IV-B	1,00	1,00	0,50

O meio-fio também se encontra numa posição favorável quando se trata de importância dentre os elementos de um projeto geométrico. Segundo o Manual de Projetos Geométricos de Travessias Urbanas (2010), o meio fio é usado para controle da drenagem, delineamento das vias, proteção de pedestres, redução da faixa de domínio, estética, delineamento dos passeios, redução do custo de manutenção e ordenação do desenvolvimento nas margens da rodovia.

Segundo o DNIT (2010), existem dois tipos de meio-fio:

- Meios-fios intransponíveis: apresentam uma face vertical ou proximamente vertical, projetados para evitar ou pelo menos desencorajar os veículos a sair da pista.
- Meios-fios transponíveis: são os que apresentam uma face inclinada do lado da via, projetados de maneira a permitir que os veículos os transponham facilmente em caso de necessidade.



Considerando a operação e segurança do fluxo de tráfego e a estética da rodovia, torna-se necessário o emprego de taludes com as inclinações as mais suaves possíveis (DER-SP, 2006).

“Considerações relativas à operação e à segurança do tráfego, bem como à aparência da via, tornam desejáveis taludes, os mais suaves possíveis, com inclinações aquém daquelas calculadas para se obter sua estabilidade” (DNIT, 2010).

As inclinações máximas de taludes de terra sugeridas pelo DNIT (2010) constam no Quadro 18.

Quadro 18: Taludes de Terra (DNIT)

Altura do talude (m)	Inclinação do talude (V:H)
0 - 6	1:2
>6	2:3

Segundo o Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas (2010), os taludes de corte e de aterro devem ser suavizados e conformados de acordo com a topografia e ser condizentes com o tipo da rodovia. A prática de projetar taludes suaves e conformados à topografia local, por certo, confere à seção transversal uma aparência bem mais harmoniosa, integrando-a na natureza.

E ao considerar o critério de segurança como fundamental para o projeto geométrico e seus elementos, deve-se comentar sobre os dispositivos de proteção ao tráfego de veículos.

Os dispositivos de proteção ao tráfego de veículos são empregados para evitar que veículos desgovernados atinjam objetos localizados nas proximidades da via, choquem com outros veículos do fluxo de tráfego oposto; ou deixem a pista causando um acidente mais grave (DER-SP, 2006).



3 METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho fundamenta-se em projeto geométrico com uma abordagem baseada na adequação normativa, proporcionando uma visão abrangente e alinhada às diretrizes estabelecidas pelas normas técnicas do DNIT, DNER e DER-SP, AASHTO, tanto em âmbito nacional quanto internacional. O desenvolvimento metodológico contempla todas as etapas essenciais para a elaboração de um projeto geométrico completo, direcionando à engenharia civil com ênfase na infraestrutura viária. Adicionalmente, utilizou-se como referência o Caderno de Instruções para elaboração, apresentação e aprovação de projetos geométricos viários urbanos do Rio de Janeiro. Ao propor uma alternativa que considere as particularidades do relevo e da dinâmica urbana local, o trabalho autoral busca contribuir de maneira significativa para o planejamento e a execução de intervenções viárias sustentáveis e eficientes, capazes de atender às demandas atuais e futuras do município de Nova Iguaçu.

O desenvolvimento do trabalho teve início com uma análise detalhada das normas e diretrizes relacionadas ao projeto geométrico, o que levou à coleta de dados e à revisão de documentos técnicos pertinentes. A metodologia adotada foi descrita conforme o avanço das etapas do estudo. Os resultados obtidos foram devidamente apresentados e debatidos. A estruturação do trabalho está ilustrada no fluxograma da Figura 25.

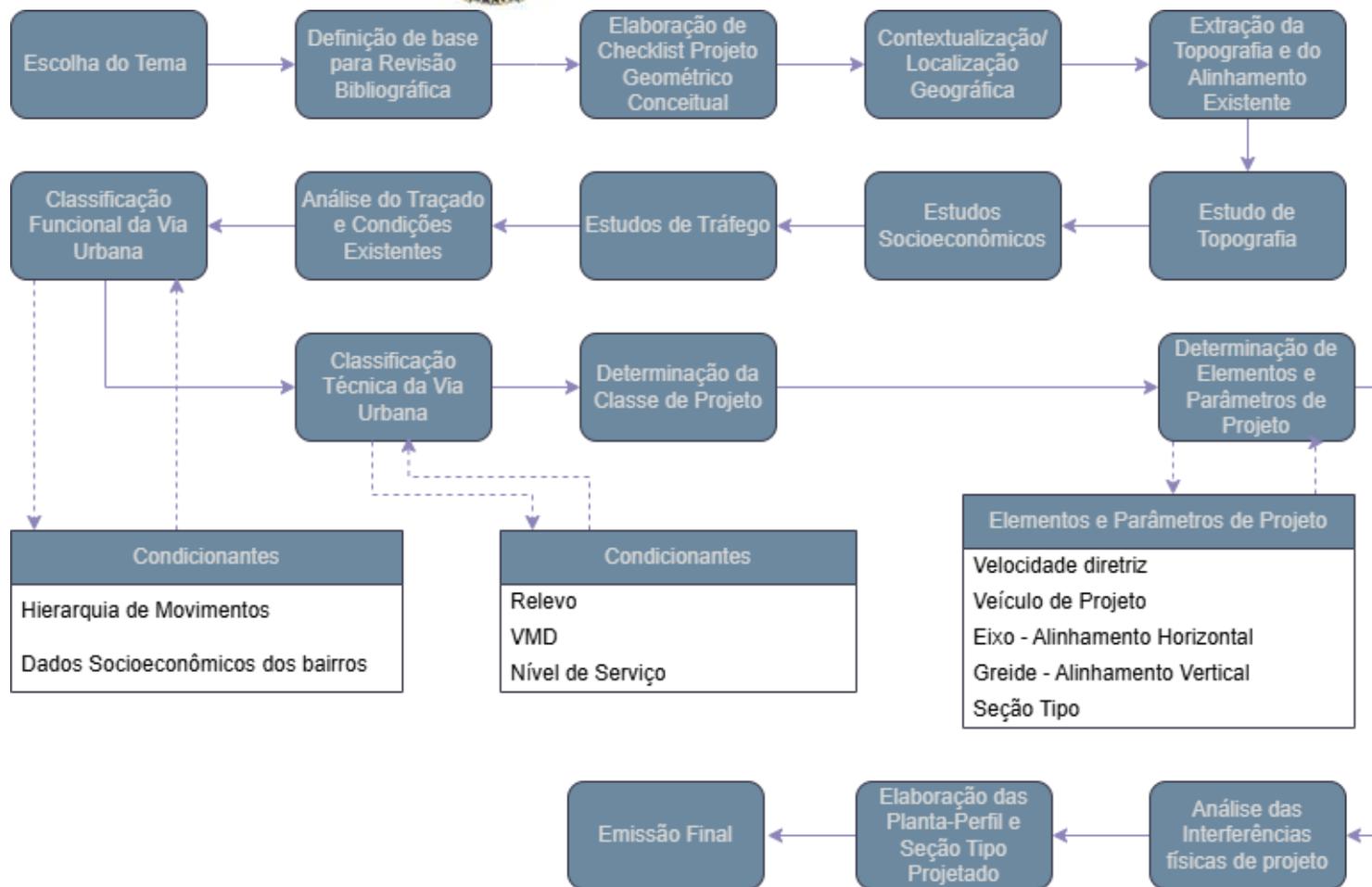


Figura 25: Fluxograma de Etapas de elaboração do Trabalho (Autoria própria)



Logo após a implementação de um fluxograma para gerenciar as etapas do presente trabalho de forma ampla, proporcionando uma visão geral, houve a elaboração de um checklist detalhado, que contemplou todos os aspectos essenciais a serem abordados durante o desenvolvimento do presente trabalho. Este checklist foi estruturado para indicar o nível de projeto correspondente, a categoria de análise, além de especificar os itens de verificação e seu respectivo status de execução, conforme demonstrado no Quadro 19.

Quadro 19: Checklist Projeto Geométrico Conceitual (Autoria Própria)

NÍVEL DE PROJETO	CATEGORIA	ITEM DE VERIFICAÇÃO	STATUS
CONCEITUAL	ESTUDO PRELIMINAR	Definição do objetivo do trabalho	
CONCEITUAL	ESTUDO PRELIMINAR	Localização geográfica	
CONCEITUAL	ESTUDO PRELIMINAR	Identificação da via ou área de influência	
CONCEITUAL	ESTUDO PRELIMINAR	Levantamento topográfico preliminar	
CONCEITUAL	ESTUDO PRELIMINAR	Levantamento planialtimétrico preliminar	
CONCEITUAL	ESTUDO PRELIMINAR	Análise do traçado e condições da via existente	
CONCEITUAL	ESTUDO PRELIMINAR	Estudo Socioeconômico	
CONCEITUAL	ESTUDO PRELIMINAR	Estudo de tráfego	
CONCEITUAL	CARACTERIZAÇÃO URBANA E FUNCIONAL	Classificação funcional da via	
CONCEITUAL	CARACTERIZAÇÃO URBANA E FUNCIONAL	Classificação técnica da via	
CONCEITUAL	DIRETRIZES TÉCNICAS DE PROJETO GEOMÉTRICO	Definição da classe de projeto	
CONCEITUAL	DIRETRIZES TÉCNICAS DE PROJETO GEOMÉTRICO	Definição da velocidade diretriz	
CONCEITUAL	DIRETRIZES TÉCNICAS DE PROJETO GEOMÉTRICO	Definição do veículo de projeto	
CONCEITUAL	DIRETRIZES TÉCNICAS DE PROJETO GEOMÉTRICO	Definição do traçado projetado	
CONCEITUAL	DIRETRIZES TÉCNICAS DE PROJETO GEOMÉTRICO	Concordância Horizontal	
CONCEITUAL	DIRETRIZES TÉCNICAS DE PROJETO GEOMÉTRICO	Definição do Greide projetado	
CONCEITUAL	DIRETRIZES TÉCNICAS DE PROJETO GEOMÉTRICO	Concordância Vertical	
CONCEITUAL	DIRETRIZES TÉCNICAS DE PROJETO GEOMÉTRICO	Definição da Seção Tipo da via projetada	
CONCEITUAL	DIRETRIZES TÉCNICAS DE PROJETO GEOMÉTRICO	Análise das interferências físicas do projeto	
CONCEITUAL	REPRESENTAÇÕES GRÁFICAS	Planta Geral do Traçado	
CONCEITUAL	REPRESENTAÇÕES GRÁFICAS	Perfis Longitudinais	
CONCEITUAL	REPRESENTAÇÕES GRÁFICAS	Seção Tipo	

Essa abordagem sistemática permitiu organizar e controlar o progresso das atividades, garantindo que todos os elementos relevantes fossem considerados conforme os padrões técnicos exigidos para cada etapa do projeto. O checklist também funcionou como ferramenta de apoio para assegurar a conformidade com as normas e diretrizes aplicáveis, facilitando a identificação de pendências e a priorização de ações durante o desenvolvimento do presente trabalho.

Dessa forma, a metodologia adotada contribuiu para uma condução ordenada e eficiente, proporcionando uma visão clara dos requisitos a serem cumpridos e promovendo a integração entre os diferentes níveis e categorias de análise envolvidos no processo.



3.1 Contextualização/Localização Geográfica

A contextualização de um projeto é uma etapa que visa situar o empreendimento no espaço físico e territorial onde será implantado, possibilitando a compreensão do leitor sobre as condições naturais, urbanísticas, ambientais e socioeconômicas que influenciam diretamente as soluções projetuais.

Esse processo envolve a coleta e análise de dados topográficos e de uso do solo, bem como a identificação dos elementos de infraestrutura existentes e das características do entorno, como redes viárias, áreas urbanas, entre outras características.

Através da contextualização, é possível definir os limites da área de estudo, compreender o relevo, o clima, a vegetação e as condições ambientais que podem afetar a implantação e o desempenho do projeto.

O processo de localização geográfica também inclui o georreferenciamento do trecho ou área, utilizando tecnologias como GPS, imagens de satélite e Sistemas de Informação Geográfica (SIG), que possibilitam a integração e análise espacial dos dados coletados, facilitando a visualização e o planejamento das intervenções.

A localização geográfica do trecho deste trabalho foi definida com o objetivo de situar espacialmente a área de intervenção, possibilitando uma análise integrada das características físicas, ambientais e socioeconômicas da região. Essa etapa possui grande importância em assegurar que o projeto geométrico seja desenvolvido com base em informações precisas sobre o posicionamento e o contexto territorial da via.

3.2 Sistemas de Referência

O presente trabalho de adequação normativa atende ao Sistema Internacional (SI). Quando for adotada alguma unidade de medidas diferentes do SI, essa informação será destacada no presente documento.

O projeto geométrico foi georreferenciado pelo sistema de coordenadas UTM DATUM SIRGAS 2000:23S.



3.3 Estudos Preliminares

3.3.1 Topografia

Durante o processo de reconhecimento do traçado existente, buscou-se identificar e delimitar as diretrizes técnicas e ambientais que possibilitariam a sua melhor definição, considerando aspectos físicos, socioeconômicos e ambientais da região de estudo. Como no presente trabalho foi realizado uma adequação normativa de um traçado existente, foram mantidos os seus pontos inicial e final, além dos pontos obrigatórios de passagem de condição, de circunstância, e sua diretriz geral.

O estudo da topografia foi conduzido de forma conceitual, visando compreender as características físicas do terreno onde a via está inserida. Inicialmente, foi realizada a extração de uma área aproximada significativa da região de interesse utilizando o software InfraWorks da Autodesk. Nesse processo, as curvas de nível foram geradas em forma de superfície, o que permite uma representação tridimensional precisa do relevo da área estudada.

Para facilitar a análise e o detalhamento do projeto, essa superfície foi exportada e ajustada no software Civil 3D, onde as configurações de visualização foram otimizadas para melhor compreensão do terreno.

3.3.2 Socioeconômico

O estudo socioeconômico dos bairros ao redor da via estudada foi realizado com o objetivo de analisar o perfil populacional dos usuários e, posteriormente, seu nível de serviço e a partir destes dados, conseguir estimar a solicitação da via urbana, ou seja, o quanto esta via será demandada. A metodologia adotada para este estudo considerou alguns aspectos essenciais para compreender o contexto socioeconômico local e sua influência no tráfego e demanda pela via.



Como o presente trabalho foi estruturado na elaboração de um projeto conceitual, buscou-se garantir que o nível de detalhamento fosse adequado para permitir uma análise precisa e assertiva dos estudos preliminares, respeitando o estágio de desenvolvimento correspondente ao nível de elaboração do projeto.

Segundo as diretrizes básicas para a elaboração de estudos e projetos rodoviários do DNIT, haverá a necessidade de estimar tráfego, atual e futuro, nas condições “sem e com” a execução do empreendimento, estabelecer as características técnicas e operacionais, e fixar as possíveis diretrizes do eixo.

Inicialmente, foram coletados dados demográficos e socioeconômicos das duas regiões, sendo a informação principal, a densidade populacional e o perfil ocupacional dos moradores para entender o padrão de mobilidade e o potencial de uso da via estudada.

3.3.3 Tráfego

O estudo de tráfego da região tem como objetivo estimar o Volume Médio Diário (VMD) da via para a sua adequação normativa. Conceitualmente, o estudo seguiu uma metodologia que permite compreender o comportamento do fluxo de veículos, identificar padrões de uso e subsidiar decisões técnicas para o projeto viário.

Com os dados coletados, foi realizada uma análise para corrigir possíveis inconsistências e calcular o VMD, que representa o fluxo médio diário de veículos na via, incluindo todos os tipos de veículos e ambos os sentidos de tráfego. Em tese, utiliza-se como base VMD's de vias próximas para estimar o potencial de uso da via urbana estudada, utilizando um fator de correção e o senso lógico para vias do mesmo porte que a estudada. Porém, a nível de projeto conceitual e ausência de dados consolidados sobre as vias urbanas dos bairros próximos, precisou-se utilizar como base apenas a densidade demográfica de ambos os bairros conectados por esta via e seu perfil populacional.



Essa métrica serve para dimensionar a capacidade da via, avaliar seu nível de serviço e planejar intervenções que garantam a fluidez e segurança do tráfego.

3.4 Análise do Traçado e Condições da via existente

A análise conceitual de um traçado existente envolve a avaliação das condições físicas, geométricas e funcionais da via estudada.

Geometricamente, o traçado deve ser avaliado quanto à sua conformidade com os parâmetros técnicos mínimos para vias urbanas, incluindo largura da pista, raio das curvas horizontais, inclinação máxima e visibilidade. A adequação desses elementos visa garantir a segurança dos usuários, a fluidez do tráfego e a durabilidade da via. Além disso, a análise deve considerar o impacto do traçado existente sobre a mobilidade dos moradores e o acesso aos serviços públicos.

Do ponto de vista funcional, o traçado existente deve ser entendido no contexto socioeconômico local, onde a via serve como corredor de ligação para o deslocamento diário dos moradores entre os bairros, influenciando diretamente o nível de serviço e a demanda por melhorias. A análise conceitual do traçado inclui, portanto, a identificação de pontos de conflito, gargalos e áreas que necessitam de intervenções para adequação geométrica, visando a melhoria da segurança, conforto e eficiência do sistema viário.

Utilizando como base o levantamento detalhado dos estudos preliminares, é possível a identificação das características e restrições do local, subsidiando a análise técnica do traçado existente e das estruturas associadas.

A análise deve contemplar a verificação da conformidade do projeto existente com as normas técnicas vigentes, considerando parâmetros geométricos, de segurança, acessibilidade e sustentabilidade.

Além disso, se faz necessário identificar pontos críticos ou desvios em relação aos padrões estabelecidos, avaliando suas causas e impactos, e verificar se há justificativas



técnicas adequadas para eventuais exceções. A análise deve conter as descrições das verificações realizadas, inconsistências encontradas, recomendações e propostas de melhorias. Essa documentação serve como base para a tomada de decisão e para o planejamento de adequação normativa do traçado e demais elementos da via.

Foi realizado um levantamento planimétrico da área abrangida pela via para captar as coordenadas do leito da estrada. Esse levantamento permitiu a obtenção das medidas precisas do traçado, incluindo comprimento, largura, alinhamentos horizontais e pontos notáveis como inícios e finais de curvas.

Com os dados coletados foi possível analisar o traçado existente em sua representação bidimensional do eixo da via, suas curvas, tangentes e demais elementos geométricos.

A coleta dos dados altimétricos foi realizada por meio de levantamento topográfico, obtendo-se as cotas do terreno natural em pontos distribuídos ao longo do eixo da estrada, com estaqueamento regular. Essa etapa possibilita a construção do perfil do terreno original, servindo como base para o desenvolvimento do perfil longitudinal.

O estaqueamento do traçado da via estudada foi definido adotando-se o marco inicial como 0+000 no ponto de partida da via, seguindo-se sequencialmente de 20 em 20 metros conforme o método convencional de estaqueamento até o ponto final da via. Essa sistemática permite a identificação precisa de cada segmento da via ao longo do seu percurso, facilitando o controle, a execução e a análise do projeto.

O uso dessa referência linear padronizada está alinhado às diretrizes normativas e práticas recomendadas na engenharia de infraestrutura viária, garantindo consistência e clareza na representação do traçado para todas as etapas do projeto.

3.5 Caracterização Geométrica da via projetada

A concepção da via projetada busca atender aos requisitos de segurança, fluidez e conformidade com as normas vigentes. As características de projeto apresentadas a seguir, darão embasamento as etapas do projeto conceitual elaborado.



3.5.1 Classificação da via

Classificação Funcional

A classificação funcional da via foi realizada com base nos critérios estabelecidos pelo DNIT, que levam em consideração o papel da estrada na mobilidade urbana, o volume médio diário de tráfego (VMD) estimado para o horizonte de projeto, e a hierarquia dos movimentos que ela atende, conforme Referencial Teórico Normativo exposto no Quadro 1: Classificação Funcional do Sistema Rodoviário do Brasil (DNIT, DNER).

A classificação funcional depende da posição hierárquica ocupada pela via dentro da rede viária. Tal posição está diretamente relacionada ao porte das localidades servidas, aos volumes de tráfego e à distância média de viagem, ou seja, vias que atendem localidades de maior porte, com maiores volumes e permitindo maiores distâncias ocupam posição hierárquica mais elevada (DER-SP, 2006).

Para embasar essa classificação, foram incorporados os resultados dos estudos socioeconômicos preliminares dos bairros de Carlos Sampaio e Santa Rita, que fornecem informações sobre a densidade populacional, perfil econômico e padrões de mobilidade da população local. Essas informações são essenciais para compreender a demanda por deslocamentos, a intensidade e o tipo de tráfego esperado na via, influenciando diretamente a definição da sua função dentro da rede viária.

“Para efeito de classificação funcional, são consideradas Áreas Urbanas os locais mais densamente povoados, com população acima de 5.000 habitantes” (DNIT,2010).

Classificação Técnica

A classificação técnica diz respeito ao padrão a que devem obedecer às características técnicas da via, a ser levado em conta na elaboração de seu projeto. As principais características geralmente consideradas são aquelas que se relacionam diretamente com a operação do tráfego.



O primeiro passo envolveu o levantamento e análise da topografia local, que caracteriza o relevo como plano, ondulado ou montanhoso, influenciando diretamente os parâmetros geométricos adotados no projeto, como declividades máximas, raios mínimos de curvatura horizontal e comprimento das rampas.

No levantamento topográfico para caracterização do relevo ao longo da via estudada, realizou-se o cálculo da inclinação geral do terreno na mesma área de implantação da via. O percentual de terreno, identificado por meio dessa análise, será utilizado para caracterizar o relevo da região, fornecendo subsídios essenciais para o planejamento e implantação do traçado da via, conforme as melhores práticas da engenharia viária.

Cabe ressaltar que, a definição do tipo de relevo para a região onde uma via será implantada deve considerar os percentuais de declividade e as características geométricas estabelecidas para a via, bem como as condições do entorno, uma vez que esses parâmetros influenciam diretamente a classificação do relevo como plano, ondulado ou montanhoso.

Essa definição não é absoluta, pois os limites entre os tipos de relevo variam conforme os critérios adotados no projeto e as particularidades locais, tornando essencial a análise integrada de todas as circunstâncias para a correta determinação do relevo predominante na área de implantação. Logo, o profissional responsável pelo projeto deve possuir conhecimento técnico e um senso crítico apurado, pois a classificação do relevo envolve vários fatores que impactam diretamente no custo, na segurança e na sustentabilidade do projeto.

Em paralelo, a estimativa do volume médio diário de tráfego foi embasada de forma conceitual. O VMD, volume médio diário, é um dos critérios para a classificação técnica da via, pois determina a capacidade necessária da via e o padrão geométrico adequado, conforme Referencial Teórico e Normativo exemplificado no Quadro 4: Características das Classes de Projeto (DNER, DER-SP).



Segundo o Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas do DNT (2010), o conhecimento do VMD é imprescindível para a justificativa dos gastos a serem feitos com uma rodovia. Exceto em casos de rodovias com baixo volume de tráfego, é necessário conhecer as variações dos fluxos durante os meses do ano, os dias da semana e os períodos do dia.

Foi determinada uma área de estudo que, de acordo com o Manual de Estudos de Tráfego do DNIT (2006), é uma área que compreende o espaço geográfico ocupado pelas vias do projeto e as áreas que direta ou indiretamente o afetam, possibilita condicionar três variáveis ao trabalho, são elas:

- Origem e Destino dos veículos;
- Opções de rotas na rede existente;
- Interferência dos fluxos de longa distância;

Com o intuito de simplificar de forma eficiente e à nível conceitual os estudos preliminares visando a determinação dos parâmetros geométricos do presente trabalho, o principal dado socioeconômico a ser considerado foi:

- Densidade demográfica;

O nível de serviço da via, avaliado conceitualmente através da relação entre capacidade e demanda, também integra a metodologia para a classificação técnica.

Segundo o DNIT (2010), “para a determinação dos níveis de serviço, geralmente utiliza-se apenas fórmulas ou simples tabulação de dados ou representações gráficas para um conjunto de condições padronizadas, que devem ser ajustadas em função das condições reais existentes na via. Essas condições padronizadas ou ideais são denominadas “condições básicas””.

O nível de serviço da via urbana foi determinado de acordo com as diretrizes do DNIT e do HCM, sendo relacionado com a classe funcional e o tipo de relevo, conforme indicado no Referencial Teórico e Normativo através do Quadro 3: Relação entre classificação



funcional, tipo de relevo e nível de serviço (DNIT, DNER, AASHTO, Traffic Engineering Handbook).

Para determinar a classe de projeto, inicialmente, realizou-se a análise da classificação funcional da via, que define sua posição hierárquica dentro da rede viária local, considerando seu papel no sistema de circulação. Essa definição orientou a expectativa quanto ao volume e tipo de tráfego, bem como aos requisitos geométricos mínimos para o projeto.

Utilizando o VMD obtido através do estudo de tráfego na fase preliminar, sendo esse um dos principais critérios para a definição da classe de projeto, foi possível determinar a capacidade e o padrão geométrico necessário para atender à demanda prevista.

Com base nessas informações, aplicou-se a classificação técnica conforme as categorias definidas pelo DNIT (2010) e descritas também pelo DNER (1999) e DER-SP (2006), que agrupam as vias em classes numeradas de 0 a IV, considerando o padrão técnico requerido, o volume de tráfego e as características do relevo.

Cada classe de projeto estabelece parâmetros geométricos específicos, como largura da pista, velocidade de projeto, raio mínimo das curvas e greides máximos, que orientam o desenvolvimento do traçado geométrico. Esses quadros podem ser resumidos conforme o Quadro 4: Características das Classes de Projeto (DNER, DER-SP) e Quadro 5: Relação Geral entre as Classes Funcionais e as Classes de Projeto (DER-SP), situados no Referencial Teórico e Normativo deste trabalho.

3.5.2 Determinação da Velocidade Diretriz

A determinação da velocidade diretriz de uma via, no contexto do projeto geométrico, define-se como a maior velocidade segura com que um usuário pode percorrer o trecho viário, considerando exclusivamente as limitações impostas pelas características geométricas da estrada, como raios de curvatura, greides máximos e distâncias de visibilidade.



A velocidade é um dos fatores de maior importância na escolha de rotas e modo de transporte. Na seleção de modo e via de transporte são levados em conta o custo e o conforto fornecidos, e estes fatores estão diretamente ligados à velocidade, segundo o Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas do DNIT (2010).

Metodologicamente, a definição da velocidade diretriz inicia-se pela análise da classe de projeto da via, do relevo predominante e do volume de tráfego previsto, uma vez que esses fatores influenciam diretamente os parâmetros geométricos adotados.

Conforme sinalizado no Referencial Teórico e Normativo do presente Trabalho, por falta de documentação padronizada em certas regiões, pode-se utilizar como base instruções de projetos ou normas técnicas de prefeituras adjacentes, como o caderno de instruções de elaboração de projeto geométrico da prefeitura do Rio de Janeiro, conforme indicado no Quadro 20.



Quadro 20: Características Básicas da Via Urbana (Prefeitura do Rio de Janeiro)

CARACTERÍSTICA	UNIDADE	Vias Estruturais ou Expressas	Via Arterial Principal	Via Arterial Secundária	Via Coletora	Via Local	Corredor de Ônibus
VMD ⁽¹⁾	(Veic/dia)	> 10.000	5.001 a 10.000	1501 a 5.000	401 a 1.500	100 a 400	> 500
Velocidade Diretriz	(km/h)	100	70	60	50	30	60
Largura ⁽²⁾ da Faixa de Rolamento	(m)	3,50 a 3,60	3,50	3,30 a 3,50	3,20 a 3,50	3,00 a 3,50	3,50
Largura Mínima das Calçadas	(m)	3,00 a 5,00	3,00	3,00	2,50 – 3,00	2,50 – 3,00	2,50
Raios Mínimos de Curva Horizontal	(m)	230 + (curva de transição)	120	80	15	6	15
Rampa Máxima	(%)	5	8	10	12	15 ⁽⁵⁾	8
Gabarito Vertical De O.A.E ⁽²⁾	(m)	5,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80
Distância Mínima de Visibilidade de Parada	(m)	130,00	105,00	65,00	65,00	40,00	65,00
Declividade Transversal da Pista	(%)	2 a 3	2 a 3	2 a 3	2	2	2
Valor Mínimo de "K" ⁽⁴⁾ Curvas Vert. Convexas	-	30	20	12	7	2	7
Valor Mínimo de "K" ⁽⁴⁾ Curvas Vert. Côncava	-	40	25	20	13	6	13

3.5.3 Determinação do Veículo de Projeto

Na metodologia para definição do veículo tipo a ser adotado no projeto geométrico da via estudada, considerou-se a seleção de um veículo representativo cujas dimensões, peso e características operacionais sirvam como parâmetro para o dimensionamento dos elementos geométricos da via, como raios mínimos de curva, larguras de pista, faixas de domínio e espaços para manobra.

O processo inicia-se com a análise do perfil predominante do tráfego, identificando os tipos de veículos mais frequentes e relevantes para a via, incluindo veículos de passeio, caminhões rígidos, ônibus e veículos combinados. Em seguida, adota-se um veículo tipo que represente adequadamente as exigências geométricas e operacionais, garantindo que o projeto atenda às necessidades da maioria dos usuários e possibilite a circulação segura e eficiente.

Para essa seleção, utilizou-se como referência os veículos-tipo recomendados por órgãos técnicos reconhecidos, como o DNIT, o DER-SP, o AASHTO, cujos parâmetros são amplamente adotados e adaptados conforme as condições locais, conforme indicado no Referencial Teórico e Normativo através da Figura 11: Gabarito de Giro de Veículos Leves - VP (DER-SP, DNIT) a Figura 15: Gabarito de Giro de Reboques - RE (DER-SP, DNIT).



A definição do veículo tipo orienta o dimensionamento das curvas, raios de giro, larguras mínimas, superelevação e demais elementos geométricos, assegurando que a via possa acomodar os veículos previstos sem restrições operacionais ou riscos à segurança, garantindo a compatibilidade do projeto com as condições reais de circulação e as normas técnicas vigentes.

Uma observação importante a ser feita é que, para a seleção do veículo de projeto, deve-se levar em conta a composição do tráfego, de forma a abranger os veículos representativos da frota prevista de circular na via ao longo de determinado horizonte de projeto, e de maneira que a porcentagem dos veículos remanescentes com características mais desfavoráveis resulte a mínima possível, conforme orientado pelo DNIT (2010) e pelo DER-SP (2006).

3.5.4 Alinhamento Horizontal

A metodologia para o alinhamento horizontal do presente trabalho baseia-se em princípios conceituais que visam definir uma diretriz geral eficiente, respeitando ao máximo o traçado existente e mantendo os pontos de passagem obrigatórios ao longo do percurso.

Inicialmente, estabeleceu-se a diretriz geral do alinhamento, que consiste na linha de referência em planta que conecta os pontos iniciais e finais do trecho, conforme indicado na Figura 26.

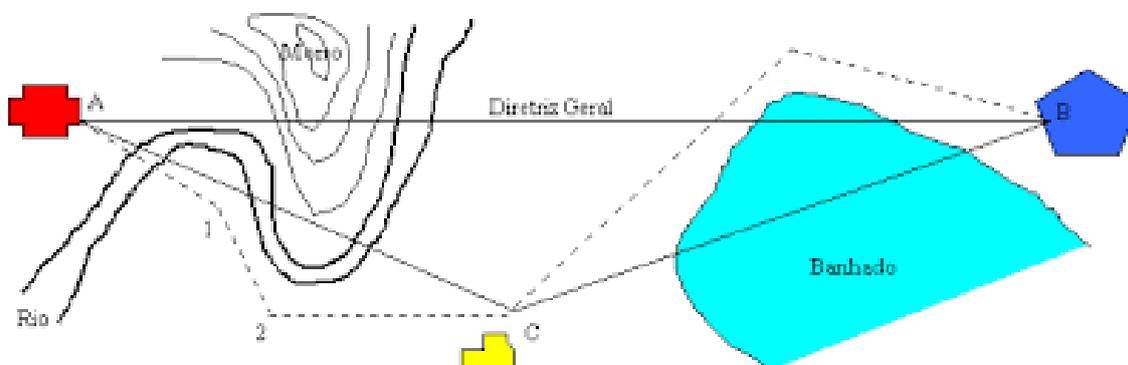


Figura 26: Diretrizes de uma estrada (Pontes Filho, 1998)



Com a diretriz definida, procede-se à determinação das retas tangentes, que são os trechos retos do alinhamento horizontal. Essas retas conectam os pontos de mudança de direção e servem como base para a implantação das curvas. Para garantir a fluidez do traçado e a segurança dos usuários, as retas tangentes nunca devem se encontrar em ângulos agudos, pois isso dificultaria as manobras dos veículos, como pode ser representado através da Figura 27.



Figura 27: Representação de Alinhamento Reto Horizontal do ponto A ao ponto B sem ângulos agudos (Autoria Própria)

A concordância horizontal entre essas retas tangentes é realizada por meio de curvas que, visando uniformizar os elementos geométricos de uma via a nível conceitual, serão adotadas curvas circulares simples, que são trechos curvilíneos de raio constante que suavizam as mudanças de direção. A metodologia prevê a inserção dessas curvas para garantir transições suaves e confortáveis, evitando ângulos retos ou abruptos que comprometam a segurança e o conforto viário.

Com a concordância horizontal definida, o próximo passo é a determinação do raio de curvatura horizontal no qual se aplicam critérios técnicos baseados na velocidade diretriz da via, características do relevo e tipo de veículo predominante. Raios maiores são preferíveis para garantir maior segurança e conforto, mas devem ser compatíveis com as limitações físicas do terreno e os custos do projeto, conforme indicado no capítulo de Referencial Teórico e Normativo do presente Trabalho, representado pelo Quadro 10: Valores de Raios Acima dos Quais é dispensável o Uso das Curvas de Transição (DER-SP, DNIT, DNER, AASHTO).



Quanto à superlargura e à superelevação, a metodologia considera que, em curvas de raio reduzido, a superlargura é aplicada para proporcionar espaço adicional à trajetória dos veículos, enquanto a superelevação, que seria a inclinação transversal da pista, é utilizada para contrabalançar a força centrífuga, aumentando a segurança e o conforto. Em curvas de raio grande, entretanto, a superelevação pode ser dispensada, pois a força centrífuga é reduzida e a pista pode permanecer com seção transversal normal.

Porém, nota-se que em vias de classe inferior ou destinadas a baixas velocidades, a aplicação de superelevação e superlargura pode ser dispensada devido às características operacionais e geométricas dessas estradas.

Tecnicamente, a superelevação é necessária principalmente em trechos onde a velocidade de projeto e o raio da curva geram acelerações laterais significativas. Em vias de baixa velocidade, essa força centrífuga é reduzida, especialmente em curvas de raio maior, tornando a superelevação desnecessária para garantir a segurança e o conforto do usuário.

De forma semelhante, a superlargura é menos exigida em vias com tráfego leve e velocidades reduzidas, pois os veículos trafegam em condições que não demandam espaço extra significativo para manobras seguras.

A ausência desses elementos simplifica o projeto geométrico, reduz custos e minimiza interferências no meio ambiente e nas propriedades adjacentes, sem comprometer a segurança viária.

Segundo as Normas Técnicas do DNIT e DER-SP, pode-se adotar, para velocidades inferiores a aproximadamente 70 km/h e raios de curva acima de certos limites, a superelevação e superlargura como elementos a serem dispensados, pois a aceleração centrífuga lateral é suficientemente baixa para não exigir essas medidas compensatórias.



3.5.5 Alinhamento Vertical

Inicialmente, o greide é projetado com o objetivo de minimizar a movimentação de terra, equilibrando os volumes de corte e aterro sempre que possível. Essa abordagem reduz custos e impactos ambientais, além de simplificar a execução da obra. Para isso, realiza-se um levantamento altimétrico detalhado do terreno natural ao longo do traçado, identificando os pontos de maior variação de cota e as características do relevo.

Para suavizar as transições entre rampas com diferentes inclinações, a metodologia prevê o uso de curvas de concordância vertical, que promovem mudanças graduais no greide, evitando descontinuidades abruptas que possam causar desconforto aos usuários e danos aos veículos.

Com base nesse levantamento, são estabelecidas as rampas máximas permitidas para o tipo de via e o tráfego previsto, conforme normas técnicas vigentes, como as do DNIT e DER-SP. Essas rampas máximas limitam a inclinação dos trechos em aclive e declive, garantindo que os veículos possam transitar com segurança e eficiência, sem comprometer o desempenho operacional ou aumentar o risco de acidentes, segundo o Capítulo de Referencial Teórico e Normativo do presente Trabalho, exemplificado no Quadro 11: Declividades Máximas para Rodovias Rurais (DER-SP) ao Quadro 15: Declividades Máximas para Vias Locais (A Policy on Geometric Design of Highways and Streets).

Durante o desenvolvimento do perfil longitudinal, o projeto busca manter o greide dentro dos limites estabelecidos, priorizando trechos em nível sempre que possível, e adotando rampas dentro das inclinações máximas permitidas, de acordo com as curvas côncavas e convexas, exemplificadas no Referencial Teórico e Normativo através da Figura 21: Tipos de curvas verticais (DER-SP).

A adoção de declividades longitudinais suaves atende a fatores relacionados ao desempenho operacional dos veículos, aos custos operacionais, à segurança da via e a aspectos associados ao consumo de combustível e ao controle da poluição (DER-SP, 2006).



3.5.6 Seção Tipo

A elaboração da seção tipo para a via estudada, atendendo ao nível estabelecido de projeto conceitual, seguiu uma metodologia que priorizou a definição clara e funcional dos elementos essenciais para garantir segurança, conforto e adequação ao contexto urbano e viário da região.

A prancha que contém a Seção-Tipo da via urbana foi desenvolvida em formato A1, conforme direcionado através do Caderno de Instruções de Projetos Viários Urbanos da Prefeitura do Rio de Janeiro, com escala horizontal igual à 1:25.

A determinação dos elementos necessários para uma seção tipo deve considerar uma análise integrada de diversos fatores técnicos e contextuais que influenciam o desempenho, segurança e funcionalidade da via. Inicialmente, avaliou-se a classe da via e o nível de projeto, que definem parâmetros geométricos básicos, como largura da pista, número de faixas, e características do tráfego esperado, incluindo volume e tipo de veículos predominantes, conforme exemplificado no Quadro 20: Características Básicas da Via Urbana (Prefeitura do Rio de Janeiro).

O relevo e as condições do terreno influenciam diretamente a configuração da seção transversal, determinando a necessidade de elementos como sarjetas, ombros e meio-fio para garantir a drenagem adequada e a estabilidade da via.

A presença de pedestres e o contexto urbano também foram decisivos para a inclusão de passeios e faixas de segurança, que promovem a segregação do tráfego motorizado e não motorizado, aumentando a segurança viária.

A análise do entorno, incluindo acessos, cruzamentos e interferências ambientais, orientaram a definição da sinalização como a largura e posicionamento das faixas de segurança. Sendo assim, a determinação do que é necessário em uma seção tipo resultou de uma combinação entre requisitos técnicos, características do terreno, condições de



tráfego e contexto urbano, sendo respaldada por normas e boas práticas de engenharia viária, garantindo um projeto eficiente, seguro e sustentável.

Além disso, o DNIT (2010) indica valores desejáveis ou mínimos de elementos geométricos e componentes de uma seção transversal/seção tipo de acordo com suas respectivas classificações funcionais, conforme indicado do Quadro 21 ao Quadro 23.

Quadro 21: Características Básicas do Projeto Geométrico do Sistema Arterial Principal (DNIT).

Características	Desejável	Absoluto
Velocidade diretriz mínima	70 km/h *	50 km/h
Distância mínima de visibilidade de parada	105 m	65 m
Raio mínimo de curva horizontal		
• $e_{\max} = 6\%$	185 m	80 m
• $e_{\max} = 0\%$	260 m	105 m
Taxa máxima de superelevação	6%	6 %
Rampa máxima (região plana)	4%	8%**
Rampa mínima	0,5%	0,35%
Valor mínimo de K para curvas verticais convexas	17	7
Valor mínimo de K para curvas verticais côncavas	23	13
Largura da faixa de rolamento	3,50 m	3,30 m
Declividade transversal da pista	2,0 %	2,5%
Largura mínima do acostamento externo	3,00 m	0,00 m
Largura mínima da faixa de segurança	0,60 m	0,30 m
Gabarito mínimo vertical	5,50 m ***	4,50 m



Quadro 22: Características Básicas do Projeto Geométrico do Sistema de Vias Coletoras (DNIT)

Características	Desejável	Absoluto
Velocidade diretriz mínima	60 km/h	50 km/h
Distância mínima de visibilidade de parada	85 m	65 m
Raio mínimo de curva horizontal		
• e = 4%	135 m	85 m
• e = 0%	170 m	105 m
Taxa máxima de superelevação	4%	4%
Rampa máxima	5%	9%*
Rampa mínima	0,5%	0,35%
Valor mínimo de K para curvas verticais convexas	11	7
Valor mínimo de K para curvas verticais côncavas	18	13
Largura da faixa de rolamento	3,50 m	3,00 m
Declividade transversal da pista	2%	3%
Gabarito mínimo vertical	4,50 m	4,50 m
Largura da faixa de estacionamento	3,00 m	2,50 m

Quadro 23: Características Básicas do Projeto Geométrico do Sistema de Vias Locais (DNIT)

Características	Desejável	Absoluto
Velocidade diretriz mínima	40 km/h	30 km/h
Distância mínima de visibilidade de parada	50 m	35 m
Raio mínimo de curva horizontal		
• e = 2%	50 m	25 m
• e = 0%	55 m	30 m
Taxa máxima de superelevação	2%	2%
Rampa máxima	6%	15%
Rampa mínima	0,5%	0,2%
Valor mínimo de K para curvas verticais convexas	4	2
Valor mínimo de K para curvas verticais côncavas	9	6
Largura da faixa de rolamento	3,30 m	3,00 m
Declividade transversal da pista	2%	3%
Gabarito mínimo vertical	4,50 m	4,50 m
Largura da faixa de estacionamento	2,50 m	2,20 m



3.5.7 Análise das Interferências Físicas de Projeto

A análise das interferências físicas em projetos de adequação normativa de vias constitui uma etapa no qual ocorre a identificação dos impactos decorrentes das modificações propostas no traçado original. Em obras de modernização, especialmente em estradas de terra transformadas em vias pavimentadas ou com melhorias geométricas, é comum que ajustes no alinhamento horizontal e vertical sejam necessários para atender aos requisitos de segurança, conforto e capacidade operacional.

Essas alterações geralmente implicam um afastamento parcial do traçado existente, o que pode resultar na necessidade de incorporação de faixas adicionais de terreno. Tal ampliação visa garantir larguras adequadas da pista, raios de curva compatíveis com a velocidade de projeto, além de áreas destinadas à drenagem e à infraestrutura complementar. Conseqüentemente, a ocupação de áreas adjacentes ao traçado original pode afetar propriedades privadas, configurando a necessidade de desapropriação.

A desapropriação, neste contexto, é uma consequência técnica e legal inerente ao processo de modernização viária. Ela deve ser conduzida conforme os procedimentos estabelecidos pela legislação vigente, que prevê a avaliação técnica dos imóveis afetados, a negociação com os proprietários e a garantia do pagamento de indenização justa. Além disso, o processo pode envolver ações judiciais, o que pode impactar o cronograma e a execução da obra.

Do ponto de vista ambiental, essas intervenções podem provocar desmatamento, perda de vegetação nativa e fragmentação de habitats, afetando a fauna e a flora locais. A terraplenagem, necessária para adequar o relevo e garantir a geometria da via, pode causar erosão do solo, assoreamento de corpos d'água e alteração dos cursos naturais das águas pluviais, comprometendo a qualidade dos recursos hídricos. A compactação do solo e a remoção da cobertura vegetal reduzem a capacidade de infiltração da água, aumentando o escoamento superficial e o risco de enchentes e deslizamentos. Além disso, a construção e operação da via geram emissões de gases poluentes e ruídos, que impactam a saúde ambiental e a qualidade de vida das comunidades próximas.



3.5.8 Projeto em Planta-Perfil

A elaboração do projeto geométrico em planta-perfil da via estudada seguiu as diretrizes estabelecidas pelo Caderno de Instruções para Elaboração, Apresentação e Aprovação de Projetos Geométricos Viários Urbanos da Prefeitura do Rio de Janeiro, garantindo conformidade técnica e normatizada.

Os desenhos do projeto foram elaborados em formato A0, contemplando o estaqueamento contínuo do eixo da via, com identificação clara dos pontos notáveis do alinhamento horizontal, tais como Pontos de Curva (PC), Pontos de Tangente (PT) e Pontos de interseção das tangentes (PI). Esses pontos foram indicados com suas respectivas estacas e coordenadas geográficas, assegurando a precisão e a rastreabilidade do traçado.

Para a definição planimétrica, o projeto foi apresentado em escala de 1:1000 sobre a planta topográfica obtida através dos estudos preliminares. O desenho em planta-perfil incluiu eixo estaqueado da via e as dimensões planimétricas necessárias para a compreensão da análise para a futura definição das obras.

Além disso, foram apresentados os dados analíticos do alinhamento horizontal, como raios das curvas circulares, comprimentos das curvas, ângulos centrais, comprimento de tangentes retas, pontos de início e fim das curvas circulares e coordenadas, sendo esses, elementos importantes para garantir a concordância geométrica e a segurança do traçado.

Alterações ou correções em alinhamentos viários existentes, bem como projetos indicativos de sinalização horizontal, foram representados nas plantas a título de indicativo, facilitando a compreensão integrada do projeto, sem substituir os documentos específicos dessas áreas.

Para a elaboração do perfil longitudinal no projeto geométrico também se utilizou como base as orientações técnicas do Caderno de Instruções para Elaboração, Apresentação e Aprovação de Projetos Geométricos Viários Urbanos da Prefeitura do Rio de Janeiro, assegurando clareza, precisão e conformidade normativa.



Os perfis longitudinais foram desenvolvidos também em formato A0, conforme padrão ABNT, com escala horizontal igual à utilizada no projeto em planta (1:1000) e distorção vertical de 10:1, garantindo uma representação adequada das variações altimétricas do terreno e do traçado projetado. A apresentação gráfica foi integrada ao projeto em planta-perfil para facilitar a análise conjunta.

No perfil longitudinal, foram indicados de forma clara e precisa os eixos da via, o terreno natural e o greide projetado, este último representando o perfil longitudinal acabado da via conforme definido nas seções transversais tipo. Serão destacados os pontos notáveis do alinhamento vertical, como Pontos Inicial da Curva Vertical (PCV), Ponto de Tangente Vertical (PTV) e Pontos de Inflexão Vertical (PIV), com suas respectivas estacas e cotas, que são necessárias para o entendimento e definição das transições entre rampas e curvas verticais, além da representação de Ponto Baixo (PB) e ponto Alto (PA).

As cotas do greide acabado foram indicadas em intervalos regulares de 100 metros e nas estacas coincidentes com as seções transversais, facilitando a compatibilização entre os desenhos.

O Presente Trabalho utilizou linhas contínuas e distintas para diferenciar o perfil do terreno natural, o greide projetado e as rampas, com traços grossos e finos conforme a função de cada elemento no desenho, assegurando a legibilidade técnica.

3.5.9 Projeto em planta da Seção Tipo

Todas as seções-tipo representativas devem ser desenhadas na escala 1:100, inclusive as de obras de arte especiais e túneis. Também devem conter a indicação de posição da linha de base e da linha de perfil (DER-SP, 2006).

Na seção tipo elaborada para o projeto, foram destacados os elementos considerados essenciais para a representação adequada da via, com suas respectivas cotas e detalhes dimensionais. Entre esses elementos, inclui-se a representação do terreno natural, que serve como base para o entendimento das condições topográficas existentes e para o correto dimensionamento das intervenções.



Além disso, a seção tipo apresenta a representação conceitual das camadas que compõem o pavimento, evidenciando sua futura estrutura funcional, possibilitando uma compreensão maior do leitor acerca dos projetos complementares a este trabalho. Também foram representados os taludes laterais, com suas inclinações e limites, que delimitam os cortes e aterros, assegurando a estabilidade da estrutura e a segurança da obra.

4 RESULTADOS

No desenvolvimento do presente trabalho, foi elaborado um checklist detalhado com o objetivo de delimitar claramente os aspectos do projeto geométrico de adequação do traçado que seriam abordados a nível conceitual, conforme indicado no Quadro 24. Essa ferramenta metodológica permitiu organizar e sistematizar as atividades, garantindo foco e objetividade na execução do projeto dentro do escopo definido.

Quadro 24: Checklist Projeto Geométrico Conceitual (Autoria Própria)

NÍVEL DE PROJETO	CATEGORIA	ITEM DE VERIFICAÇÃO	STATUS
CONCEITUAL	ESTUDO PRELIMINAR	Definição do objetivo do trabalho	<input checked="" type="checkbox"/>
CONCEITUAL	ESTUDO PRELIMINAR	Localização geográfica	<input checked="" type="checkbox"/>
CONCEITUAL	ESTUDO PRELIMINAR	Identificação da via ou área de influência	<input checked="" type="checkbox"/>
CONCEITUAL	ESTUDO PRELIMINAR	Levantamento topográfico preliminar	<input checked="" type="checkbox"/>
CONCEITUAL	ESTUDO PRELIMINAR	Levantamento planialtimétrico preliminar	<input checked="" type="checkbox"/>
CONCEITUAL	ESTUDO PRELIMINAR	Análise do traçado e condições da via existente	<input checked="" type="checkbox"/>
CONCEITUAL	ESTUDO PRELIMINAR	Estudo Socioeconômico	<input checked="" type="checkbox"/>
CONCEITUAL	ESTUDO PRELIMINAR	Estudo de tráfego	<input checked="" type="checkbox"/>
CONCEITUAL	CARACTERIZAÇÃO URBANA E FUNCIONAL	Classificação funcional da via	<input checked="" type="checkbox"/>
CONCEITUAL	CARACTERIZAÇÃO URBANA E FUNCIONAL	Classificação técnica da via	<input checked="" type="checkbox"/>
CONCEITUAL	DIRETRIZES TÉCNICAS DE PROJETO GEOMÉTRICO	Definição da classe de projeto	<input checked="" type="checkbox"/>
CONCEITUAL	DIRETRIZES TÉCNICAS DE PROJETO GEOMÉTRICO	Definição da velocidade diretriz	<input checked="" type="checkbox"/>
CONCEITUAL	DIRETRIZES TÉCNICAS DE PROJETO GEOMÉTRICO	Definição do veículo de projeto	<input checked="" type="checkbox"/>
CONCEITUAL	DIRETRIZES TÉCNICAS DE PROJETO GEOMÉTRICO	Definição do traçado projetado	<input checked="" type="checkbox"/>
CONCEITUAL	DIRETRIZES TÉCNICAS DE PROJETO GEOMÉTRICO	Concordância Horizontal	<input checked="" type="checkbox"/>
CONCEITUAL	DIRETRIZES TÉCNICAS DE PROJETO GEOMÉTRICO	Definição do Greide projetado	<input checked="" type="checkbox"/>
CONCEITUAL	DIRETRIZES TÉCNICAS DE PROJETO GEOMÉTRICO	Concordância Vertical	<input checked="" type="checkbox"/>
CONCEITUAL	DIRETRIZES TÉCNICAS DE PROJETO GEOMÉTRICO	Definição da Seção Tipo da via projetada	<input checked="" type="checkbox"/>
CONCEITUAL	DIRETRIZES TÉCNICAS DE PROJETO GEOMÉTRICO	Análise das interferências físicas do projeto	<input checked="" type="checkbox"/>
CONCEITUAL	REPRESENTAÇÕES GRÁFICAS	Planta Geral do Traçado	<input checked="" type="checkbox"/>
CONCEITUAL	REPRESENTAÇÕES GRÁFICAS	Perfis Longitudinais	<input checked="" type="checkbox"/>
CONCEITUAL	REPRESENTAÇÕES GRÁFICAS	Seção Tipo	<input checked="" type="checkbox"/>

O checklist contemplou os principais elementos do projeto geométrico, como a definição preliminar do alinhamento horizontal e vertical, a determinação das velocidades diretrizes, a análise das condições existentes do traçado e a identificação das necessidades básicas de adequação para garantir segurança e funcionalidade da via. Foram também



considerados critérios técnicos para a seleção dos parâmetros geométricos iniciais, respeitando as normas e diretrizes aplicáveis.

4.1 Definição do Objetivo do Trabalho

O trabalho foi estruturado para conduzir uma análise técnica e criteriosa da infraestrutura viária, com foco na adequação e revisão geométrica de uma via urbana situada na região do Arco Metropolitano, no município de Nova Iguaçu, Rio de Janeiro.

A utilização do caderno de instruções do município do Rio de Janeiro se justifica pelo fato de haver uma ausência de um documento semelhante para a prefeitura de Nova Iguaçu. Sendo assim, a sua padronização contribui para a qualidade do estudo, permitindo que a alternativa proposta para a via em Nova Iguaçu seja fundamentada em práticas reconhecidas e testadas em âmbito nacional.

A escolha de utilizar também o DER-SP e a publicação “A Policy on Geometric Design of Highways and Streets” da AASHTO, além das diretrizes nacionais estabelecidas pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), como base normativa do presente trabalho se justifica pelo fato de que as instruções e notas técnicas de projeto geométrico destes departamentos serem reconhecidas por estabelecerem procedimentos rigorosos, critérios técnicos e padrões atualizados para a elaboração de projetos geométricos de sistemas viários.

4.2 Contextualização/ Localização Geográfica

Inicialmente, delimitou-se a área de estudo, que está situada na região de Nova Iguaçu, município do Estado do Rio de Janeiro, região próxima a BR493-RJ, entre os bairros de Carlos Sampaio e Santa Rita.

Para subsidiar essa delimitação, foram coletados dados geoespaciais provenientes de imagens de satélite geradas através do software Google Earth Pro e Autodesk InfraWorks, os quais permitiram uma análise posterior detalhada do relevo, uso do solo, hidrografia e infraestrutura existente na área.



Além disso, realizou-se uma análise preliminar do entorno, identificando elementos relevantes como áreas urbanas, zonas de preservação ambiental, acessos existentes e outras interferências que possam impactar o traçado e a implantação da via.

Nova Iguaçu está situada na Baixada Fluminense, integrando a Região Metropolitana do Rio de Janeiro, a aproximadamente 40 km da capital estadual. É o maior município em extensão territorial da Baixada Fluminense, com uma área de cerca de 521 km², e o quarto maior da Região Metropolitana em termos de área e população, que ultrapassa 840 mil habitantes (IBGE,2025). O município é delimitado destacado em laranja, conforme indicado na Figura 28 e na Figura 29 de acordo com o mapa interativo da prefeitura de Nova Iguaçu e imagem retirada do Google Earth Pro pelo autor.

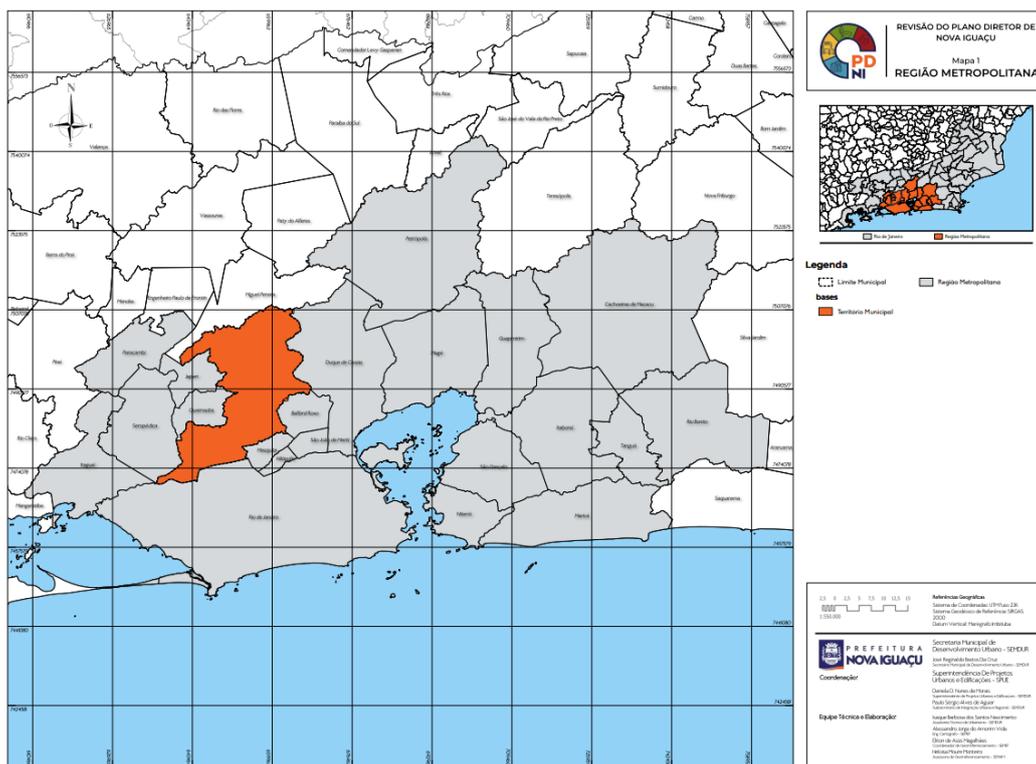


Figura 28: Delimitação Município de Nova Iguaçu (Prefeitura Nova Iguaçu)

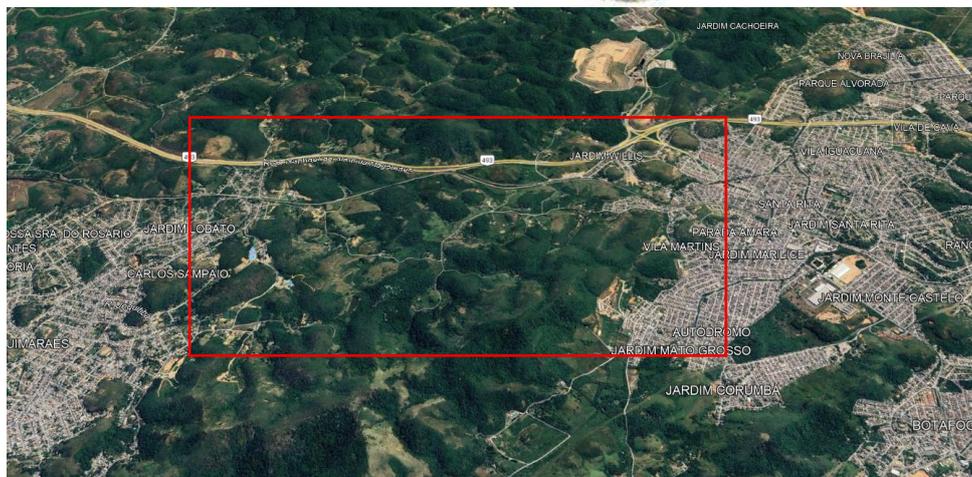


Figura 29: Contextualização da área (Autoria Própria)

Identificação da Via e Área de Influência

A via urbana em questão pode desempenhar um papel essencial na conexão entre áreas residenciais e comerciais distribuindo o fluxo dentro do município. Diante desse contexto, se faz necessário avaliar criteriosamente sua geometria atual, identificando pontos críticos e propondo adequações que possibilitem a melhoria do nível de serviço, a redução de riscos de acidentes e o aumento do conforto para os usuários.

Para melhor compreensão do contexto e das condições atuais da via estudada, apresenta-se a seguir o mapa de situação e imagens relacionadas ao trajeto analisado, conforme demonstrado na Figura 30. O mapa ilustra a localização da via na região do Arco Metropolitano, no município de Nova Iguaçu, destacando sua inserção no tecido urbano e sua conexão com as principais vias da região.

A via estudada, Estrada de Carlos Sampaio, que conecta os bairros Carlos Sampaio e Santa Rita em Nova Iguaçu, é atualmente composta por um leito natural de terra, sem infraestrutura adequada para suportar o tráfego local. Essa condição resulta em dificuldades de circulação, especialmente em períodos de chuva, quando a via se torna escorregadia e sujeita a erosões, comprometendo a segurança e o conforto dos usuários.



As imagens complementares, da Figura 31 a Figura 33, evidenciam o traçado existente, as características do relevo e as condições físicas da infraestrutura viária, permitindo uma visualização detalhada dos aspectos geométricos que influenciam diretamente a análise técnica.

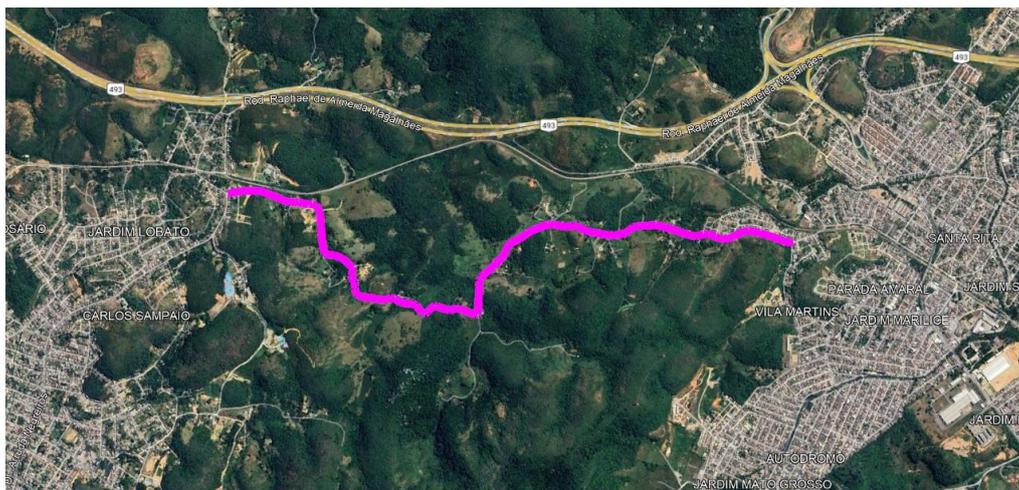


Figura 30: Trecho existente da via Urbana (Autoria Própria)



Figura 31: Início da via local existente (Autoria Própria)



Figura 32: Metade da via local existente (Autoria Própria)



Figura 33: Final da via local existente (Autoria Própria)



4.3 Levantamento Topográfico Preliminar

Para o desenvolvimento do projeto geométrico de adequação normativa do traçado da via local, foi inicialmente realizado um levantamento topográfico e planialtimétrico preliminar da área de interesse. Utilizou-se o software Autodesk Infra Works para a extração de uma superfície aproximada de 7 km², abrangendo a região estudada. Nesse processo, foram geradas curvas de nível que permitiram a construção de um modelo tridimensional preciso do relevo, possibilitando a visualização detalhada do alinhamento horizontal e vertical das vias contidas na área delimitada.

Posteriormente, o arquivo gerado foi importado para o software Autocad Civil 3D, onde foi realizada a modelagem da via em estudo. Para garantir que as informações obtidas do terreno sejam os mais fíeis possíveis com a localização atual, o arquivo do Autocad Civil 3D foi georreferenciado para manter os resultados verídicos e coesos. Utilizando o sistema de coordenadas SIRGAS Datum, UTM Zone 23 S; Brasil 48d to 42d West, conforme exposto na Figura 34, o desenho foi georreferenciado para uma melhor visualização do trabalho realizado enquanto o seu desenvolvimento.

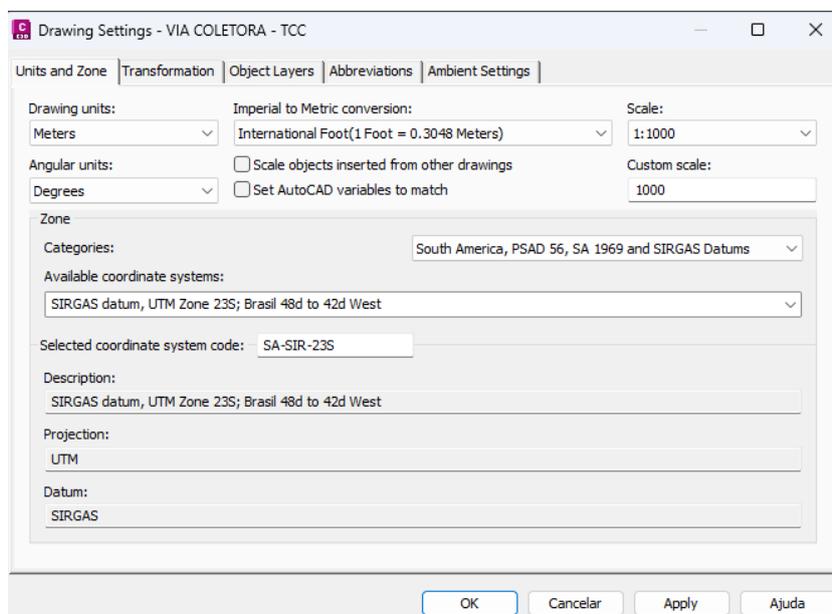


Figura 34: Configuração do Georreferenciamento no Civil 3D (autoria Própria)



Nesta etapa, manteve-se apenas o alinhamento da via de interesse e a superfície topográfica correspondente, eliminando demais elementos para focar na análise específica do traçado, conforme demonstrado na Figura 35 e Figura 36.



Figura 35: Superfície criada a partir das curvas de nível da região (Autoria Própria)

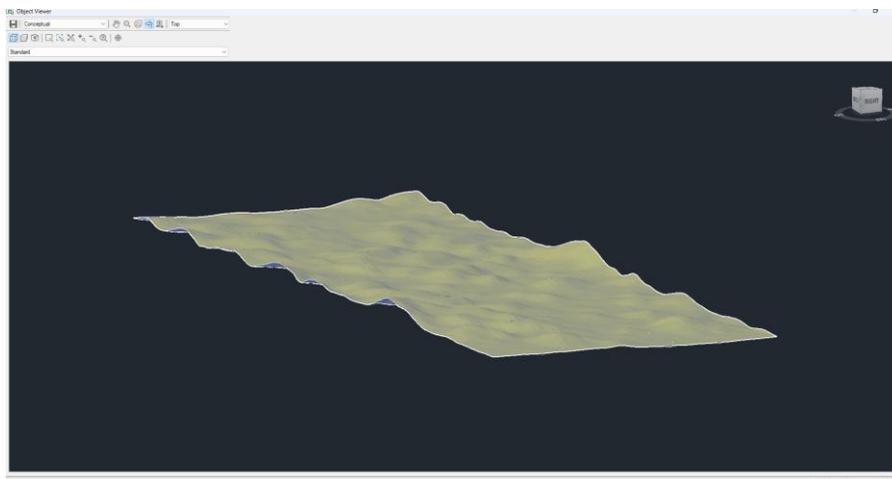


Figura 36: Modelagem do Terreno pelo Civil 3D (Autoria Própria)

Considerando que a via existente é composta por leito natural de terra, o alinhamento foi representado por retas tangentes consecutivas, sem curvas horizontais projetadas previamente, os chamados “PI’s secos”, foram identificados e marcados por meio de labels para facilitar a visualização e análise, conforme exposto na Figura 37 e Figura 38.



Figura 37: Traçado Existente (Autoria Própria)



Figura 38: Labels dos PI's secos e Estaqueamento definido (Autoria Própria)

O estaqueamento da via foi definido conforme método convencional, garantindo a referência linear necessária para o desenvolvimento do projeto. Com base nesses dados, foram estabelecidos a diretriz geral, o ponto inicial, o ponto final e quinze pontos de atenção necessária ao longo do traçado existente, os quais foram indicados com o intuito de respeitar ao máximo o traçado existente durante a elaboração do traçado projetado, assegurando a compatibilidade com as condições locais e a preservação dos elementos essenciais do traçado atual, conforme a Figura 39.

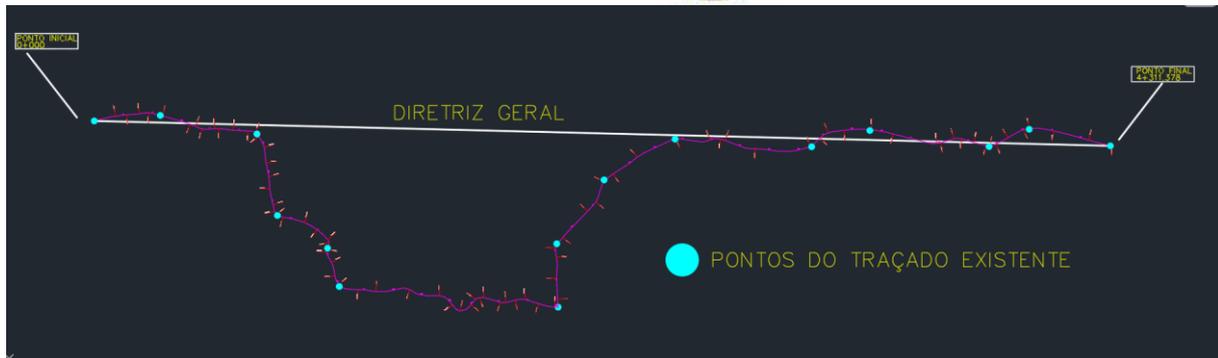


Figura 39: Diretriz Geral e Pontos do traçado existente com georreferenciamento desligado (autoria Própria)

4.4 Estudo socioeconômico

Durante a realização deste trabalho, foi constatada a dificuldade em obter dados mais recentes consistentes e atualizados sobre os bairros de Carlos Sampaio e Santa Rita diretamente junto à Prefeitura Municipal de Nova Iguaçu ou CENSO demográfico. Essa limitação impôs a necessidade utilizar referências do CENSO 2010, último realizado para ambas as regiões. Com isso, as demais informações foram obtidas através de sites ou dados informais, porém, apresentados de forma consistente para ser incluso nas premissas de projeto até que se obtenha dados consolidados posteriormente.

Para o bairro de Carlos Sampaio, a população total estimada através do CENSO 2010 é indicada no Quadro 25. Já a faixa etária da população apresenta uma média jovem, com idade mediana de 26,6 anos, o que sugere uma demanda significativa por deslocamentos relacionados a trabalho, educação e serviços, conforme demonstrado no Quadro 26, retirado do site CityFacts. O perfil ocupacional predominante é estimado por trabalhadores em setores de comércio, serviços e indústria leve, refletindo um padrão de mobilidade que envolve deslocamentos frequentes e diversificados, tanto para o centro urbano de Nova Iguaçu quanto para municípios vizinhos, utilizando como base que o bairro de Carlos Sampaio é composto por pessoas de renda baixa e trabalhos informais.



Quadro 25: População Total Bairro Carlos Sampaio (CENSO, 2010)

Variável - População residente (Pessoas)
Ano - 2010
Sexo - Total
Bairro - Carlos Sampaio - Nova Iguaçu (RJ)
Situação do domicílio - Total
7.597
Fonte: IBGE - Censo Demográfico

Quadro 26: Dados do Bairro Carlos Sampaio (CityFacts, 2015)

Carlos Sampaio, Nova Iguaçu, RJ, Brasil

Area of Carlos Sampaio, Nova Iguaçu, RJ, Brasil	2.118 km ²
Population	8,437
Male Population	4,156 (49.3%)
Female Population	4,281 (50.7%)
Population change from 1975 to 2015	+52.6%
Population change from 2000 to 2015	+5.2%
Median Age	26.6 years
Male Median Age	26.4 years
Female Median Age	26.8 years
Timezone	Brasilia Standard Time



Quanto ao bairro de Santa Rita, a configuração socioeconômica é similar, com predominância de ocupações em setores informais e comércio local, o que também gera demandas variadas de mobilidade urbana. Sua população total estimada é sinalizada no Quadro 27. A expansão urbana recente desses bairros, associada ao crescimento populacional da região, intensifica o uso da Estrada Carlos Sampaio como via de ligação essencial para o acesso a serviços, comércio e transporte público, sendo importante para o deslocamento diário desses moradores.

Quadro 27: População Total Bairro Santa Rita (CENSO, 2010)

Variável - População residente (Pessoas)	
Bairro - Santa Rita - Nova Iguaçu (RJ)	
Situação do domicílio - Total	
Ano - 2010	
Sexo - Total	
	24.021
Fonte: IBGE - Censo Demográfico	

4.5 Estudo de Tráfego

Para estimar o Volume Médio Diário (VMD) da Estrada de Carlos Sampaio, via local que conecta os bairros de Carlos Sampaio e Santa Rita em Nova Iguaçu, adotou-se uma abordagem baseada nas referências socioeconômicas e ocupacionais obtidas através dos outros estudos preliminares, a fim de obter uma estimativa mais realista e compatível com o contexto da região.

Considerando as populações aproximadas de 8.000 habitantes em Carlos Sampaio e 24.000 em Santa Rita, com potencial de crescimento nos próximos anos, totalizando cerca de 32.000 habitantes, e a predominância de ocupações em setores informais, comércio local e serviços, o perfil de mobilidade esperado é caracterizado por deslocamentos residenciais, escolares e comerciais de curta a média distância, com predomínio de veículos leves.



Devido à natureza local da via e à ausência de estudos municipais e documentos oficiais de mobilidade urbana específicos para Nova Iguaçu, foi necessário estimar a demanda de tráfego deste estudo conceitual com base em hipóteses fundamentadas em conceitos técnicos e lógicas adequadas à realidade local.

Para isso, considerou-se como referência o volume médio diário (VMD) indicado para vias locais no Caderno de Instruções para Elaboração, Apresentação e Aprovação de Projetos Geométricos Viários Urbanos da Prefeitura do Rio de Janeiro, que estabelece um intervalo entre 100 e 400 veículos por dia para esse tipo de via.

Essa estimativa, embora baseada em dados indiretos, permite avançar no desenvolvimento do projeto com parâmetros técnicos consistentes, respeitando as características socioeconômicas e urbanas da região, marcada por populações de baixa renda e atividades informais.

Com base nessas informações, adotou-se um VMD estimado de 400 veículos por dia para a Estrada de Carlos Sampaio. Esse valor reflete a capacidade atual da via e o padrão de uso esperado, considerando as limitações físicas do traçado e a infraestrutura a ser projetada. O estudo de tráfego permite também determinar o tipo de veículo predominante, favorecendo a escolha de um veículo de projeto. Considerando o perfil local e a quantidade de veículos leves e comerciais leves, notou-se que veículos leves padrão são os mais utilizados para circulação e utilização da via estudada.

4.6 Análise do traçado e condições da via existente

A análise da Estrada Carlos Sampaio foi limitada pela utilização exclusiva de imagens e informações disponíveis via Infra Works, Google Earth e Street View, o que impossibilitou a realização de um levantamento de campo detalhado e a verificação in loco das condições reais da via e do entorno. Essa limitação restringiu a identificação precisa de aspectos geométricos e das demais circunstâncias, porém, pode-se trazer dados visuais que auxiliam para a análise da via estudada.



É recomendada a realização de estudos de campo complementares para uma análise mais abrangente e precisa, que permita dimensionar adequadamente as intervenções necessárias. Como não ocorreram visitas técnicas ao local e o veículo que capta as imagens de satélite não teve o trecho estudado em seu itinerário, utilizou-se apenas os dados obtidos através do Google Earth para encontrar dados básicos da via existente.

A Estrada de Carlos Sampaio, atualmente caracterizada por um leito natural de terra, apresenta condições geométricas e estruturais inadequadas para atender à demanda crescente da população local e da expansão urbana dos bairros Carlos Sampaio e Santa Rita, em Nova Iguaçu. Devido às características específicas do traçado existente, que atualmente não possui infraestrutura formalizada, o alinhamento disponível representa-se apenas pelo encontro de retas tangentes, sem a presença de curvas horizontais projetadas, conforme trechos sinalizados na Figura 40, no qual o alinhamento foi selecionado e cada um dos triângulos azuis são os PI's secos desse alinhamento existente.



Figura 40: PI's Secos do Trecho do Alinhamento Existente (Autoria Própria)



Isso deve-se ao fato de que o Infra Works, ao gerar o modelo tridimensional a partir de dados topográficos e imagens, captura o alinhamento como uma sequência de segmentos retos que se encontram em pontos de inflexão, conhecidos como “PI’s secos”, refletindo a ausência de um projeto geométrico formal.

Ao importar esse alinhamento para o Civil 3D, foi possível manter essa representação básica, que serve como referência inicial para o desenvolvimento do projeto conceitual. Essa estratégia permite a identificação clara dos pontos notáveis do traçado existente e facilita a modelagem e análise geométrica subsequente, possibilitando a definição da diretriz geral e a proposição de melhorias no alinhamento horizontal e vertical.

A ausência de infraestrutura adequada impacta negativamente a qualidade de vida da população local, restringindo o desenvolvimento socioeconômico e aumentando os custos com manutenção veicular e tempo de deslocamento.

Do ponto de vista geométrico, a via apresenta irregularidades significativas tanto no alinhamento horizontal quanto no vertical. Curvas acentuadas, trechos estreitos e variações abruptas de inclinação comprometem a fluidez e a segurança do tráfego, especialmente em condições climáticas adversas.

A via apresenta um perfil longitudinal que acompanha o relevo natural do terreno, sem qualquer intervenção para adequação do greide, o que dificulta a estabilidade e a capacidade de suporte ao tráfego, conforme indicado na Figura 41. O perfil longitudinal exposto é do Km 0+000 ao Km 4+098, no qual o fator de exagero vertical é de 1:10 para analisar bem as variações verticais. A ausência de pavimentação e o relevo acidentado elevam os riscos geométricos, como perda de controle dos veículos em curvas e declives, além de contribuir para a formação de pontos críticos sujeitos a erosão e alagamentos.

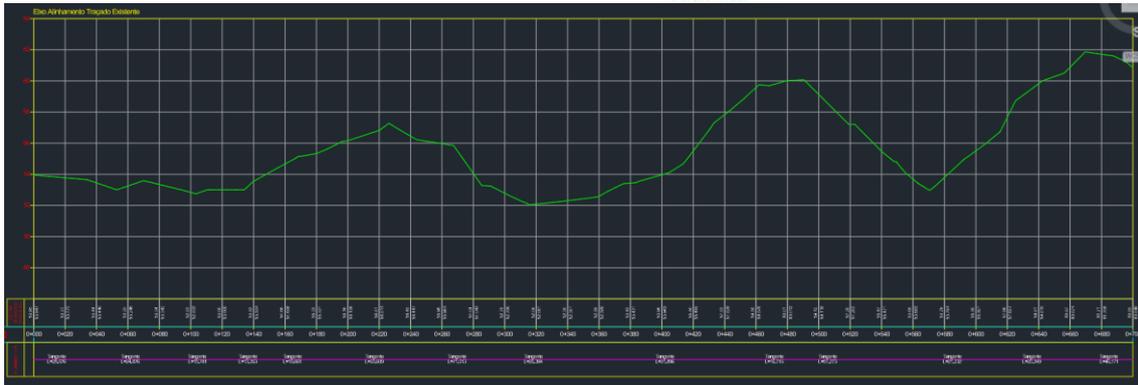


Figura 41: Perfil Longitudinal Traçado Existente/Terreno (Autoria Própria)

De acordo com a estimativa obtida através do software Google Earth Pro, pode-se obter uma largura para as faixas de rolamento, conforme indicado da Figura 42 a Figura 45. Considerando que a via local é utilizada para os dois sentidos de tráfego, têm-se que a pista simples de duplo sentido possui uma largura total variável de 4,32m a 8,16m destacados perto do ponto inicial e do ponto final, respectivamente.



Figura 42: Trecho inicial (Autoria Própria)

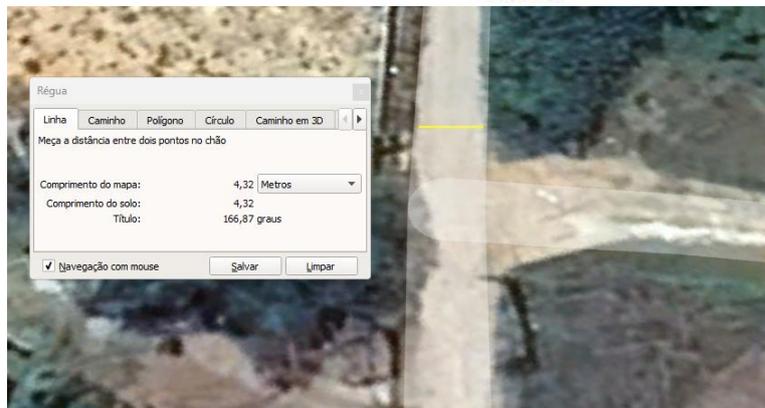


Figura 43: Largura estimada da via existente do trecho inicial (Autoria Própria)



Figura 44: Trecho final (Autoria Própria)

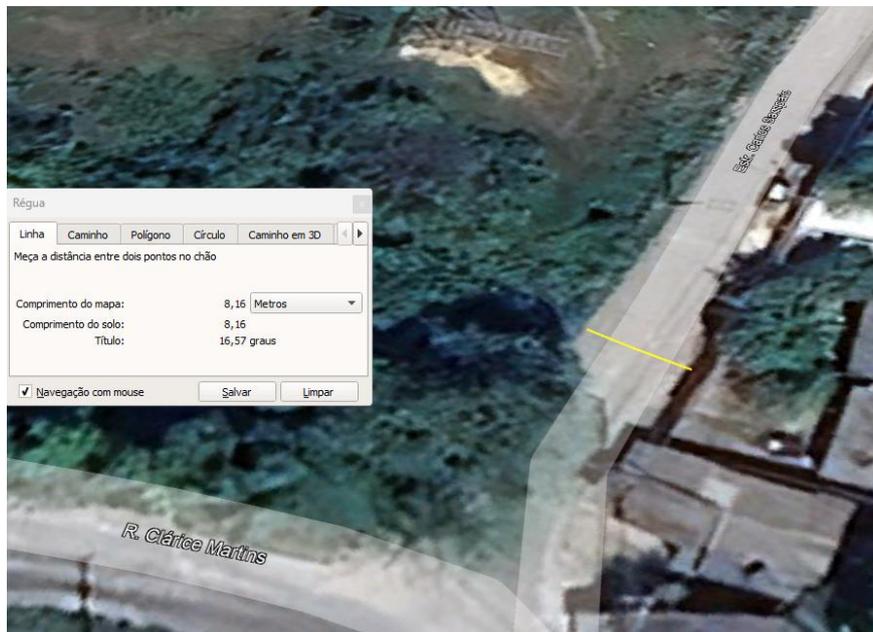


Figura 45: Largura estimada da via existente do trecho final (Autoria Própria)

A largura variável da pista entre 4,32m e 8,16m indica que existem trechos ao longo da via que possuem passagem simultânea limitada de veículos, aumentando o risco de colisões e acidentes. Além disso, a inexistência de acostamentos e sistemas eficientes de drenagem agravam a situação, favorecendo o acúmulo de água, erosões e o desgaste acelerado do leito, tornando a circulação ainda mais perigosa e desconfortável, sobretudo em períodos chuvosos.

A análise realizada foi limitada pela utilização exclusiva de imagens e informações disponíveis via Google Earth e Street View, o que impossibilitou a realização de um levantamento de campo detalhado e a verificação in loco das condições reais da via e do entorno. Essa limitação restringiu a identificação precisa de aspectos como condições do pavimento, sinalização existente, interferências ambientais e sociais, além de impedir a avaliação direta das condições de drenagem e estabilidade do terreno. Portanto, recomenda-se a realização de estudos de campo complementares para uma análise mais



abrangente e precisa, que permita dimensionar adequadamente as intervenções necessárias.

4.7 Classificação Funcional

A Estrada de Carlos Sampaio, por sua característica de ligação entre bairros próximos e sua extensão relativamente curta, será enquadrada dentro de uma categoria funcional compatível com vias locais ou coletoras, que têm a função principal de captar e distribuir o tráfego dentro da malha urbana, atendendo deslocamentos de curta a média distância.

Dentre essas duas opções viáveis para a classificação funcional da via estudada, puxa-se as definições:

- “O Sistema Coletor tem a função principal de conectar as ruas locais com as vias arteriais. O sistema proporciona continuidade ao nível das comunidades locais ou subdivisões urbanas, porém a baixas velocidades” (DNIT,2010).
- “Vias locais são todas as vias que utilizadas para o acesso direto às residências, comércio ou indústrias, com tráfego exclusivamente, local” (Prefeitura do Rio de Janeiro, 2016).

A estrada de Carlos Sampaio é a via urbana exclusiva que conecta diretamente os bairros de Carlos Sampaio e Santa Rita, em Nova Iguaçu – RJ, portanto sua demanda pode ser considerada predominantemente como tráfego de ligação entre esses dois bairros.

A população dos bairros envolvidos, aproximadamente 8 mil habitantes em Carlos Sampaio e 25 mil em Santa Rita, configura um contexto de baixa a média densidade populacional, típico das áreas atendidas por vias locais, que têm como função principal o acesso direto às propriedades e a circulação de tráfego de curta distância.

Para fins deste trabalho, optou-se por classificar a Estrada de Carlos Sampaio como via local. Essa escolha teve como objetivo simplificar o escopo do estudo, considerando que o projeto foi desenvolvido em âmbito educacional e que diversos dados fundamentais



para uma análise mais detalhada, como levantamentos de tráfego e informações precisas sobre o perfil veicular, precisaram ser estimados a partir de fontes secundárias.

A classificação como via local permite focar nos aspectos essenciais da adequação normativa, sem a complexidade adicional inerente às vias coletoras, que demandariam parâmetros mais rigorosos e estudos mais aprofundados.

A escolha dessa classificação atende a objetivos específicos de planejamento e operação viária. As vias locais têm como função principal oferecer acesso direto às propriedades e atender ao tráfego de curta distância, o que é compatível com a característica da Estrada de Carlos Sampaio, por ser uma via que interliga pequenos bairros, a mobilidade prioritária é o acesso e não a circulação rápida, os volumes de tráfego são menores e as velocidades também são reduzidas.

4.8 Classificação Técnica

A classificação técnica de uma via depende diretamente de parâmetros fundamentais como a classificação do relevo, o Volume Médio Diário (VMD) e o nível de serviço (NS) esperado para definir as características geométricas e operacionais adequadas ao projeto.

A região no qual a Estrada de Carlos Sampaio está inserida apresenta relevo predominantemente plano a suavemente ondulado, típico da Baixada Fluminense, com pequenas variações altimétricas e declividades moderadas, com inclinação menor do que 1%, conforme indicado na Figura 46, Figura 47 e Figura 48, que demonstram o perfil da via local existente com um uma reta de inclinação demarcada do ponto inicial ao final de -0,24%.

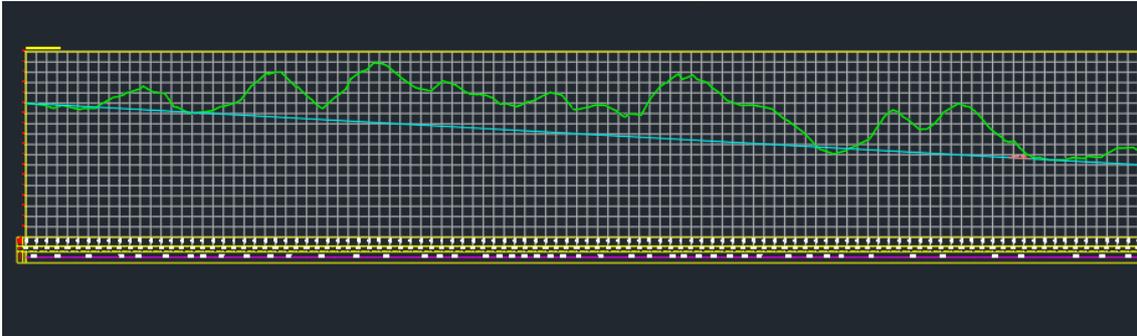


Figura 46: Perfil Longitudinal via existente com inclinação do relevo 1/2 (Autoria Própria)

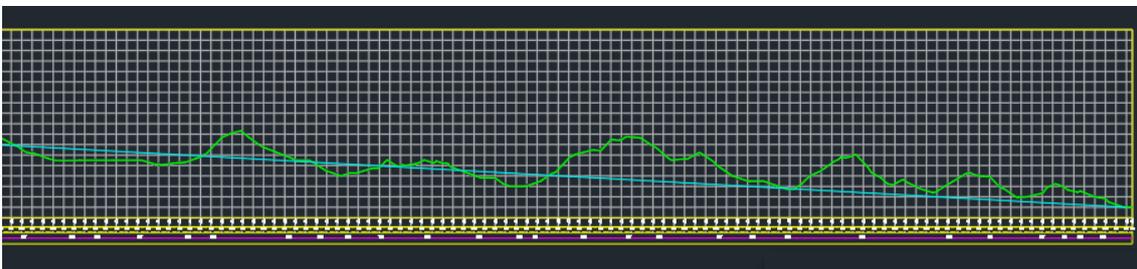


Figura 47: Perfil Longitudinal via existente com inclinação do relevo 2/2 (Autoria Própria)

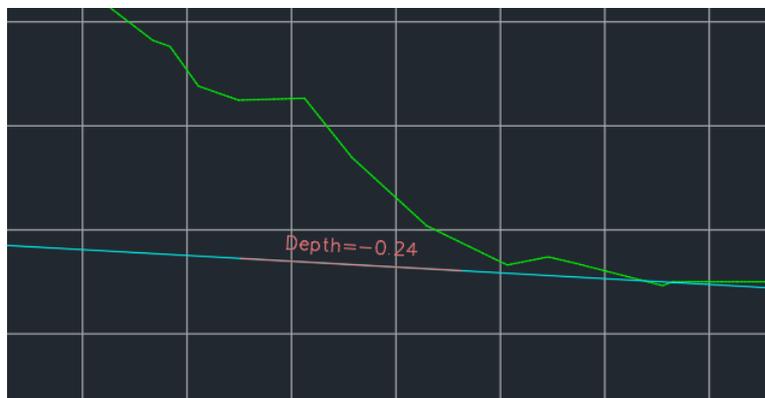


Figura 48: Inclinação do relevo no qual a via local se situa (Autoria Própria)

Essa condição influencia diretamente no dimensionamento geométrico da via, especialmente no que se refere ao greide, alinhamento vertical e sistemas de drenagem, impactando a segurança e o conforto dos usuários. A classificação do relevo como plano permite a adoção de parâmetros geométricos compatíveis com essas características, facilitando o desenvolvimento de um projeto eficiente e adequado ao terreno.



Quanto ao Volume Médio Diário (VMD), estimativas preliminares indicam que o VMD para a Estrada de Carlos Sampaio situa-se entre 100 e 400 veículos por dia, valor coerente com o perfil residencial e a baixa densidade populacional dos bairros atendidos, sendo então definido com o valor igual a 400.

O VMD é um parâmetro essencial para a classificação técnica, pois define a capacidade da via e orienta a escolha dos elementos geométricos, como largura da pista, raios mínimos das curvas e superelevação. Além disso, o VMD influencia diretamente o nível de serviço e a segurança viária da estrada.

O nível de serviço esperado para a via local deve refletir condições que priorizem a segurança e o conforto, mesmo que com velocidades reduzidas e fluxo moderado. Para a Estrada de Carlos Sampaio, o nível de serviço (NS) pode ser estimado como nível C, indicando operação estável com pequenas restrições, compatível com a função local da via e o volume de tráfego estimado, conforme orientado através do Quadro 2: Definição Nível de Serviço (DNIT-HCM) e Quadro 3: Relação entre classificação funcional, tipo de relevo e nível de serviço (DNIT, DNER, AASHTO, Traffic Engineering Handbook).

Tendo essas 3 premissas definidas, a escolha da classe de projeto para a Estrada de Carlos Sampaio, que conecta os bairros de Carlos Sampaio e Santa Rita no município de Nova Iguaçu, pode ser fundamentada com base nos critérios adotados pelo Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo (DER-SP) conforme indicado no Quadro 4: Características das Classes de Projeto (DNER, DER-SP), amplamente reconhecido e utilizado como referência técnica para projetos geométricos de vias urbanas e rurais.

Sendo assim, de acordo com o DER-SP (2006), as classes de projeto são definidas principalmente em função do volume diário médio (VDM) previsto, da velocidade de projeto e das características operacionais da via. Para vias locais e coletoras com volumes moderados a baixos, as classes III e IV são as mais indicadas:

- Classe III: vias de pista simples com VMD entre 300 e 700 veículos mistos por dia, indicadas para vias com tráfego relativamente baixo.



- Classe IV: vias de pista com VMD inferior a 200 veículos mistos por dia, destinadas a vias de tráfego muito baixo.

Considerando que a Estrada de Carlos Sampaio apresenta um volume médio diário estimado de 400 veículos, conforme estudo preliminar de tráfego, e que sua função é basicamente local, atendendo deslocamentos residenciais e de pequeno porte, a classificação mais adequada adotada para o projeto geométrico foi a classe 3, conforme diretrizes do DER-SP (2006). Essa escolha reflete o perfil operacional da via, suas limitações físicas atuais e a demanda prevista.

Adotar essa classe de projeto permite definir parâmetros geométricos compatíveis com a realidade da via, como raios mínimos de curva, larguras de faixa e velocidade de projeto, garantindo segurança e funcionalidade adequadas ao fluxo esperado.

4.9 Definição de Velocidade de Projeto e Veículo de Projeto

No presente trabalho de adequação normativa do traçado geométrico da via local Estrada de Carlos Sampaio, a definição da velocidade de projeto baseou-se nas diretrizes estabelecidas pelo Caderno de Instruções para Elaboração, Apresentação e Aprovação de Projetos Geométricos Viários Urbanos da Prefeitura do Rio de Janeiro (2016).

Para vias locais, conforme orientações do Caderno, a velocidade de projeto deve considerar a função da via, o entorno urbano e o perfil de tráfego esperado, priorizando a segurança e o conforto dos usuários. No caso da Estrada de Carlos Sampaio, optou-se por uma velocidade de projeto compatível com o padrão de via local, de 30 km/h, o que reflete a necessidade de garantir condições seguras de circulação em um ambiente urbano residencial, com tráfego baixo e presença de pedestres e ciclistas, conforme indicado no Quadro 20: Características Básicas da Via Urbana (Prefeitura do Rio de Janeiro).

E para a escolha do veículo de projeto, foi determinado que seria o Veículo de Passeio, que corresponde a automóveis e veículos comerciais leves, predominantes no tráfego local residencial, geralmente de 1 a 5 passageiros, em ambientes urbanos ou rurais.



Essa escolha é adequada para garantir que o traçado projetado atenda às necessidades operacionais da maioria dos usuários, sem superdimensionar a via, o que poderia gerar custos desnecessários. Uma representação esquemática do Veículo de passeio e seus movimentos pode ser exemplificada na Figura 49: Representação Veículo de Passeio e seus movimentos (DNIT) .

O veículo de passeio (VP) engloba veículos e assimiláveis em termos geométricos e operacionais ao automóvel. Suas dimensões, como largura total de 2,10 m e comprimento de 5,80 m, além de um raio mínimo de roda externa dianteira de 7,30 m, conforme indicado na Figura 49. A utilização do VP como veículo de projeto para vias locais permite que o projeto geométrico seja dimensionado de forma mais econômica e eficiente, já que o tráfego predominante será de veículos leves, sem comprometer a segurança.

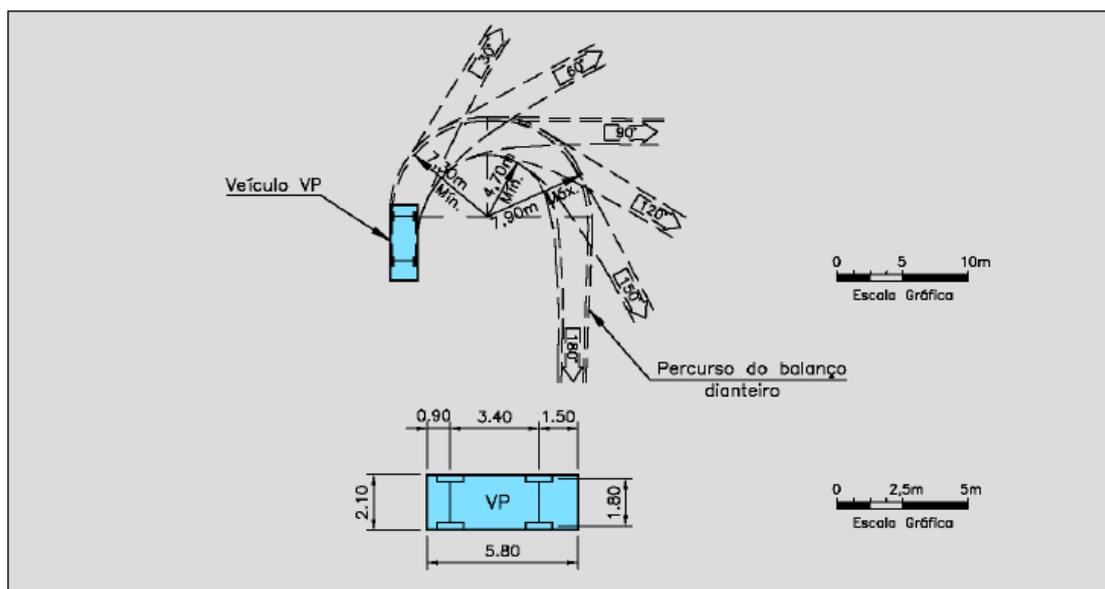


Figura 49: Representação Veículo de Passeio e seus movimentos (DNIT)



4.10 Definição do Traçado Projetado

A definição do traçado projetado para a Estrada de Carlos Sampaio teve início pela distribuição de retas tangentes que se conectam de forma a alinhar-se o máximo possível ao traçado existente da via, atualmente composta por leito natural de terra. Essa abordagem estratégica busca minimizar alterações significativas no percurso atual, reduzindo impactos ambientais e sociais, além de evitar custos adicionais decorrentes de grandes modificações.

Ao preservar os pontos notáveis e a diretriz geral do traçado original, o projeto assegura compatibilidade com as condições locais, facilitando a aceitação da intervenção pela comunidade. Essa harmonização entre o novo projeto e a configuração existente é ilustrada na Figura 50 e Figura 51, onde as retas projetadas estão destacadas em azul ciano e o alinhamento existente em magenta, evidenciando o cuidado em manter a coerência entre ambos os traçados.



Figura 50: Retas Tangentes para a elaboração do traçado projetado (Autoria Própria)



Figura 51: Comparação entre Alinhamentos e retas tangentes do traçado (Autoria Própria)

Para a continuação e finalização do traçado projetado, fez-se necessário realizar a caracterização geométrica da via para assegurar que o projeto atenda aos requisitos técnicos e normativos vigentes, garantindo segurança, funcionalidade e conforto aos usuários.

4.11 Caracterização Geométrica

Para a elaboração do traçado horizontal da Estrada de Carlos Sampaio, optou-se por utilizar exclusivamente curvas circulares simples. Essa decisão visa simplificar o projeto, tornando sua execução e manutenção mais ágeis e econômicas, além de adequar o alinhamento às condições operacionais previstas e ao perfil do tráfego esperado para a via local.

Os raios das curvas foram definidos em 100 metros, seguindo as recomendações da AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), que estabelece parâmetros técnicos consolidados para o dimensionamento geométrico de vias urbanas e rurais. Essa escolha está detalhadamente fundamentada no projeto e ilustrada no Quadro 10: Valores de Raios Acima dos Quais é dispensável o Uso das Curvas de

Transição (DER-SP, DNIT, DNER, AASHTO), que apresenta os cálculos e critérios adotados.

Segundo publicação da AASHTO, quando o raio da curva é superior a 54 metros, para uma via com velocidade de projeto igual a 30 Km/h, as curvas de transição podem ser dispensadas sem comprometer a segurança e o conforto dos usuários. Essa diretriz técnica justifica a adoção direta das curvas circulares simples no presente projeto, eliminando a necessidade de curvas de transição e simplificando o traçado geométrico. Tal procedimento está em conformidade com as normas brasileiras e internacionais, conforme estabelecido pelos órgãos DER-SP, DNIT, DNER e AASHTO e demonstrado na Figura 52.



Figura 52: Exemplo de Curva Circular Simples com $R=100m$ no Traçado projetado (Autoria Própria)



A superelevação e a superlargura foram dispensadas durante o estudo para a elaboração do presente trabalho, tendo em vista que a via em questão possui baixa classificação funcional e apresenta volume de tráfego reduzido em comparação com vias de níveis superiores.

Essa decisão está alinhada com as diretrizes técnicas do DNIT, DER-SP e AASHTO, que indicam que, para vias locais com tráfego leve e velocidades reduzidas, a implementação desses elementos geométricos pode ser desnecessária, contribuindo para a racionalização dos custos e simplificação do projeto sem comprometer a segurança e o conforto dos usuários.

Os quadros de curvas horizontais foram gerados e extraídos diretamente do software AutoCAD Civil 3D, garantindo precisão e coerência com o modelo digital do traçado. Sua formação é composta por 20 curvas circulares simples de raio igual a 100 metros, visando adaptar o traçado projetado com a via existente no local, reduzindo ao máximo a interferência com a região ao redor do local de implantação.

Os quadros de curvas horizontais foram gerados com o intuito de exibir os principais aspectos geométricos do traçado elaborado de acordo com o presente trabalho, como raio de curvatura, ângulo central (AC), Comprimento de curva (D), Comprimento das tangentes (T), Pontos notáveis de início e fim da curva (PC e PT) além das coordenadas Norte e Este, conforme exibido a seguir.



Quadro 28: Curvas Horizontais Circulares 1/3 (Autoria Própria)

QUADRO DE CURVAS – EIXO ALINHAMENTO VIA PROJETADA							
CURVA N°	RAIO	AC	D	T	PONTOS NOTÁVEIS	NORTE	ESTE
C1	100,000	25°19'44"	44,207	22,471	PC=1+63,537 PT=2+7,744	7.489.762,722 7.489.766,049 7.489.759,549	653.178,101 653.200,324 653.221,835
C2	100,000	11°23'18"	19,877	9,971	PC=3+62,443 PT=3+82,319	7.489.714,801 7.489.711,916 7.489.710,974	653.369,920 653.379,465 653.389,391
C3	100,000	70°35'29"	123,205	70,793	PC=4+87,959 PT=6+11,165	7.489.700,985 7.489.694,292 7.489.625,597	653.494,558 653.565,033 653.582,139
C4	100,000	56°10'19"	98,038	53,364	PC=7+72,541 PT=8+70,580	7.489.469,002 7.489.417,220 7.489.399,104	653.621,133 653.634,028 653.684,222
C5	100,000	40°39'55"	70,974	37,056	PC=9+22,042 PT=9+93,017	7.489.381,634 7.489.369,054 7.489.336,799	653.732,629 653.767,484 653.785,726
C6	100,000	12°38'27"	22,062	11,076	PC=10+17,267 PT=10+39,329	7.489.315,691 7.489.306,049 7.489.295,449	653.797,663 653.803,116 653.806,326
C7	100,000	67°42'13"	118,165	67,075	PC=10+97,296 PT=12+15,461	7.489.239,971 7.489.175,775 7.489.169,407	653.823,127 653.842,569 653.909,341

Quadro 29: Curvas Horizontais Circulares 2/3 (Autoria Própria)

C8	100,000	96°40'39"	168,734	112,390	PC=17+77,342 PT=19+46,075	7.489.116,063 7.489.105,393 7.489.217,758	654.468,684 654.580,567 654.578,155
C9	100,000	37°34'01"	65,567	34,011	PC=20+15,604 PT=20+81,171	7.489.287,270 7.489.321,273 7.489.348,670	654.576,663 654.575,933 654.596,085
C10	100,000	23°38'35"	41,265	20,930	PC=22+95,699 PT=23+36,964	7.489.521,482 7.489.538,342 7.489.548,814	654.723,201 654.735,603 654.753,726
C11	100,000	29°45'18"	51,932	26,566	PC=25+65,965 PT=26+17,897	7.489.663,382 7.489.676,673 7.489.676,796	654.952,007 654.975,009 655.001,575
C12	100,000	16°02'09"	27,988	14,086	PC=27+30,113 PT=27+58,101	7.489.677,315 7.489.677,380 7.489.673,551	655.113,789 655.127,875 655.141,431
C13	100,000	17°48'43"	31,088	15,670	PC=28+50,700 PT=28+81,788	7.489.648,383 7.489.644,124 7.489.644,682	655.230,544 655.245,625 655.261,285
C14	100,000	37°44'14"	65,864	34,176	PC=30+21,940 PT=30+87,804	7.489.649,673 7.489.650,890 7.489.672,757	655.401,348 655.435,503 655.461,768



Quadro 30: Curvas Horizontais Circulares 3/3 (Autoria Própria)

C15	100,000	36°27'55"	63,644	32,941	PC=30+94,195 PT=31+57,839	7.489.676,846 7.489.697,923 7.489.699,826	655.466,680 655.491,997 655.524,883
C16	100,000	14°39'46"	25,591	12,866	PC=32+52,044 PT=32+77,635	7.489.705,270 7.489.706,014 7.489.703,481	655.618,931 655.631,775 655.644,389
C17	100,000	27°46'50"	48,486	24,730	PC=34+68,838 PT=35+17,324	7.489.665,853 7.489.660,986 7.489.667,981	655.831,853 655.856,098 655.879,818
C18	100,000	29°30'12"	51,493	26,331	PC=35+29,226 PT=35+80,719	7.489.671,347 7.489.678,795 7.489.672,839	655.891,234 655.916,490 655.942,138
C19	100,000	36°29'59"	63,704	32,975	PC=36+41,805 PT=37+5,509	7.489.659,023 7.489.651,564 7.489.664,674	656.001,641 656.033,761 656.064,018
C20	100,000	35°01'57"	61,143	31,561	PC=37+88,481 PT=38+49,624	7.489.697,663 7.489.710,211 7.489.703,861	656.140,150 656.169,110 656.200,026

Quanto ao alinhamento vertical, a elaboração do greide foi realizada visando garantir o equilíbrio do movimento de terra durante a construção da via. O greide, que representa o perfil longitudinal da estrada, define as inclinações e elevações ao longo do traçado, influenciando diretamente a quantidade de material que será removido em corte ou acrescentado em aterro no terreno.

Ao ser planejado de forma equilibrada, buscou-se que os volumes de corte e aterro fossem aproximadamente equivalentes, minimizando a necessidade de transporte de material para fora ou para dentro do canteiro de obras, conforme indicado através das hachuras vermelhas para corte e verdes para aterro na Figura 53. Esse equilíbrio reduz significativamente os custos e o tempo da obra, além de diminuir os impactos ambientais decorrentes do transporte e disposição inadequada de solos.



Figura 53: Greide Projetado com representação de cortes e aterros (Autoria Própria)



A definição da rampa máxima de 8% para o greide da via local está prevista em condições específicas do projeto rodoviário, de acordo com o Quadro 15: Declividades Máximas para Vias Locais (A Policy on Geometric Design of Highways and Streets), apresentado no capítulo de Referencial Teórico Normativo anteriormente.

O greide projetado para a Estrada de Carlos Sampaio apresenta um total de 13 curvas verticais, das quais foram adotados raios genéricos mínimos de 120 metros para as curvas côncavas e raios genéricos mínimos de 60 metros para as curvas convexas. Essa escolha visa garantir conforto, segurança e adequação operacional ao perfil da via, considerando as características do terreno e o tráfego esperado.

Os raios maiores nas curvas côncavas proporcionam benefícios importantes, como a melhoria da visibilidade para os motoristas, especialmente em trechos onde a pista se eleva, facilitando a percepção antecipada da via à frente.

Já os raios menores nas curvas convexas são adequados para trechos de descida, onde a visibilidade é naturalmente maior, permitindo um dimensionamento mais compacto sem comprometer a segurança.

Embora a norma permita rampas máximas de até 8%, as declividades adotadas no greide variaram entre 0,68% e 2,43%, com exceção de uma curva côncava que apresenta uma rampa de 3,19%. Esses valores estão amplamente abaixo do limite máximo, o que contribui para um perfil longitudinal suave, facilitando a circulação dos veículos e reduzindo esforços mecânicos e consumo de combustível, conforme indicado no Quadro 31.

Quadro 31: Componentes do Perfil Longitudinal (Autoria Própria)

	PVI Station	PVI Elevation	Grade In	Grade Out	A (Grade Change)	Profile Curve Type	Profile Curve Length
1	0+000.00m	53.947m		0.38%			
2	0+275.76m	55.000m	0.38%	1.37%	0.99%	Sag	120.000m
3	0+520.00m	58.341m	1.37%	0.27%	1.09%	Crest	60.000m
4	0+700.00m	58.835m	0.27%	-2.16%	2.43%	Crest	60.000m
5	0+930.23m	53.872m	-2.16%	-0.11%	2.05%	Sag	120.000m
6	1+167.63m	53.613m	-0.11%	-0.85%	0.74%	Crest	60.000m
7	1+617.50m	49.797m	-0.85%	-1.53%	0.68%	Crest	60.000m
8	1+923.58m	45.122m	-1.53%	-3.30%	1.77%	Crest	60.000m
9	2+122.96m	38.552m	-3.30%	-0.11%	3.19%	Sag	120.000m
10	2+833.16m	37.773m	-0.11%	1.10%	1.21%	Sag	120.000m
11	3+068.75m	40.366m	1.10%	-0.16%	1.26%	Crest	60.000m
12	3+303.46m	40.000m	-0.16%	-1.58%	1.42%	Crest	60.000m
13	3+517.32m	36.632m	-1.58%	-0.58%	1.00%	Sag	120.000m
14	3+849.62m	34.721m	-0.58%	-1.97%	1.40%	Crest	60.000m
15	4+088.98m	30.000m	-1.97%	0.00%	1.97%		
16	4+097.60m	30.000m	0.00%				



4.12 Definição da Seção Tipo

A seção tipo projetada para a via local Estrada de Carlos Sampaio é definida como um modelo transversal padrão que exemplifica as características geométricas e estruturais da via, servindo como base para a elaboração detalhada do projeto e para a execução das obras conforme as normas técnicas vigentes.

A elaboração da seção tipo do presente trabalho teve início com a definição do eixo projetado principal, que está precisamente alinhado ao traçado do alinhamento horizontal.

A partir deste ponto, a pista de rolamento foi projetada para ser composta por duas faixas, uma para cada sentido de tráfego, separadas apenas por uma sinalização horizontal amarela contínua, equidistante do eixo da via. Cada faixa possui 3,05 metros de largura, dimensões adequadas para acomodar veículos leves com segurança e conforto, respeitando as características típicas de uma via local.

Nas extremidades externas das faixas de rolamento, encontra-se o meio-fio sarjeta, presente em ambos os lados da via, com largura de 0,45 metros. O meio-fio sarjeta tem a função de delimitar a pista de rolamento, além de facilitar o escoamento das águas pluviais para os sistemas de drenagem, contribuindo para a conservação da pavimentação e a segurança viária.

Paralelamente ao meio-fio sarjeta, definiu-se o passeio, faixa destinada à circulação de pedestres que está previsto no lado esquerdo da via, no sentido início-fim, com largura de 2,50 metros, conforme estabelecido no Quadro 20: Características Básicas da Via Urbana (Prefeitura do Rio de Janeiro). Essa dimensão assegura acessibilidade e conforto para os pedestres, permitindo a circulação adequada mesmo em áreas de maior fluxo.

O pavimento apresenta um caimento transversal de 2% em cada direção, direcionado para os bordos da pista, o que favorece o escoamento eficiente das águas superficiais, evitando acúmulo e possíveis danos à estrutura da via.



Quanto à configuração do terreno, a seção tipo contempla os dois cenários presentes na via: corte e aterro. Nos trechos em corte, os taludes são projetados com inclinação de 1V:1H, garantindo a estabilidade do terreno e segurança da obra. Já nos trechos em aterro, a inclinação adotada para os taludes é de 1V:1,5H, proporcionando maior segurança e facilitando a manutenção.

Por fim, a representação do terreno natural e das camadas de pavimento está incluída principalmente para fins ilustrativos e conceituais, servindo como referência visual, sem que seus dimensionamentos ou posicionamentos sejam detalhadamente definidos ou precisos, conforme indicado na Figura 57.

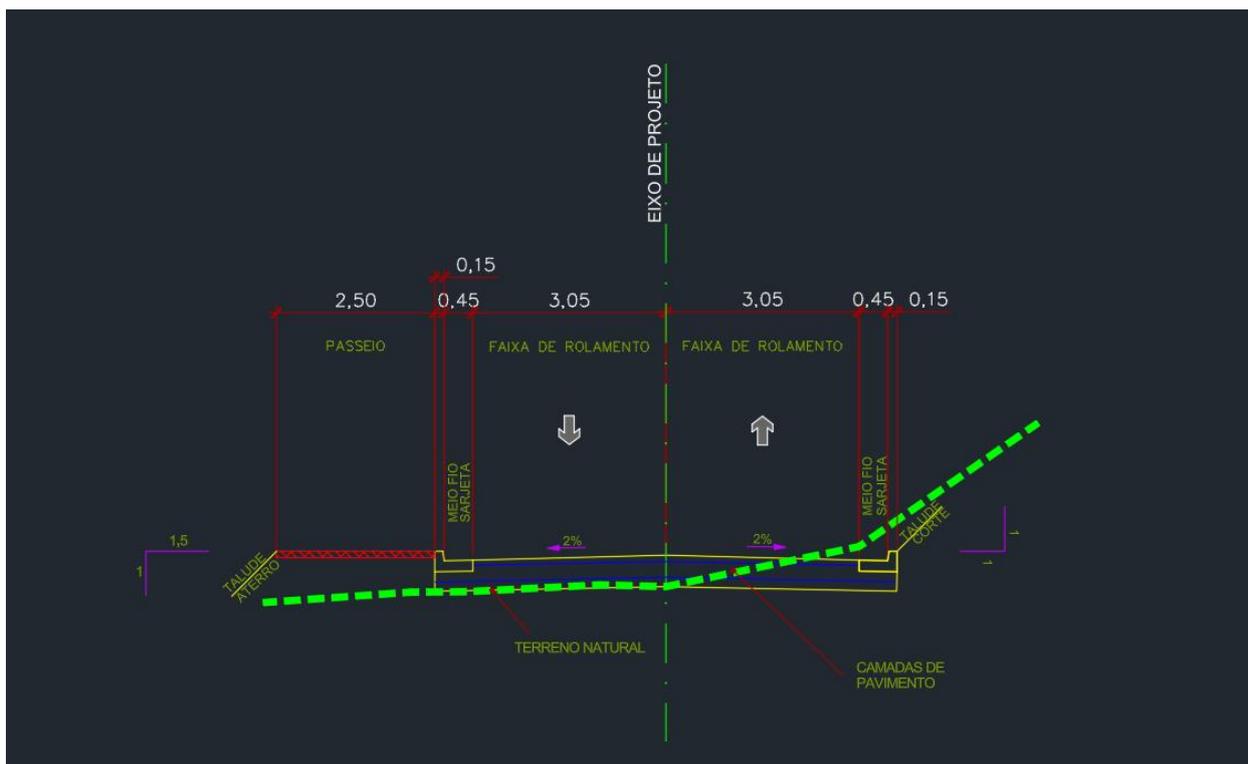


Figura 57: Seção Tipo via projetada (Autoria Própria)



4.13 Premissas Técnicas de Projeto

Apresenta-se a seguir o quadro resumo das premissas técnicas de projeto determinadas pelo autor para o estudo de adequação normativa do traçado geométrico da via local - Estrada de Carlos Sampaio.

Quadro 32: Premissas Técnicas do presente trabalho (Autoria Própria)

PREMISSAS TÉCNICAS - ESTRADA CARLOS SAMPAIO	
CLASSIFICAÇÃO FUNCIONAL	VIA LOCAL
CLASSIFICAÇÃO - TERRENO	PLANO
VMD ESTIMADO	400
NÍVEL DE SERVIÇO ESTIMADO	C - FLUXO ESTÁVEL
CLASSE DE PROJETO	CLASSE III
VELOCIDADE DE PROJETO	30km/h
VEÍCULO DE PROJETO	VP - VEÍCULO DE PASSEIO
CURVAS HORIZONTAIS	CURVAS SIMPLES
RAIO DE CURVATURA HORIZONTAL	100
RAMPA MÁXIMA	8%
SEÇÃO TIPO	PISTA SIMPLES COM CAIMENTO DE 2% PARA OS BORDOS

4.14 Modelagem da Via Local Projetada

Para facilitar o conhecimento e a compreensão do leitor acerca do processo de modelagem da via local projetada, serão apresentados alguns exemplos visuais desenvolvidos ao longo do presente trabalho. Essa abordagem visa tornar mais clara a sequência das etapas envolvidas, demonstrando de forma prática como o modelo tridimensional da via é construído a partir dos dados geométricos e topográficos disponíveis. Dessa forma, o leitor poderá acompanhar o desenvolvimento do projeto desde a definição do alinhamento até a representação final do terreno e da via implantada.

A modelagem da via local projetada envolveu uma sequência estruturada de etapas que permitem a criação precisa do modelo tridimensional da estrada, integrando suas características geométricas e topográficas para subsidiar o desenvolvimento do projeto e a análise técnica.

Inicialmente, ao definir o alinhamento do eixo projetado, que representa a linha de referência principal do traçado horizontal da via, o eixo tornou-se essencial para orientar



a disposição dos demais elementos do projeto e garantir que o traçado respeite as condições do terreno e as diretrizes estabelecidas.

Em seguida, partiu-se para a criação dos corredores, que são estruturas digitais construídas ao longo do alinhamento do eixo projetado. Os corredores são configurados a partir de Assemblies e Subassemblies, em que um apresenta a seção tipo e o outro representa os componentes típicos da seção transversal da via, respectivamente, conforme definidos na seção tipo do projeto e exemplificado na Figura 58.

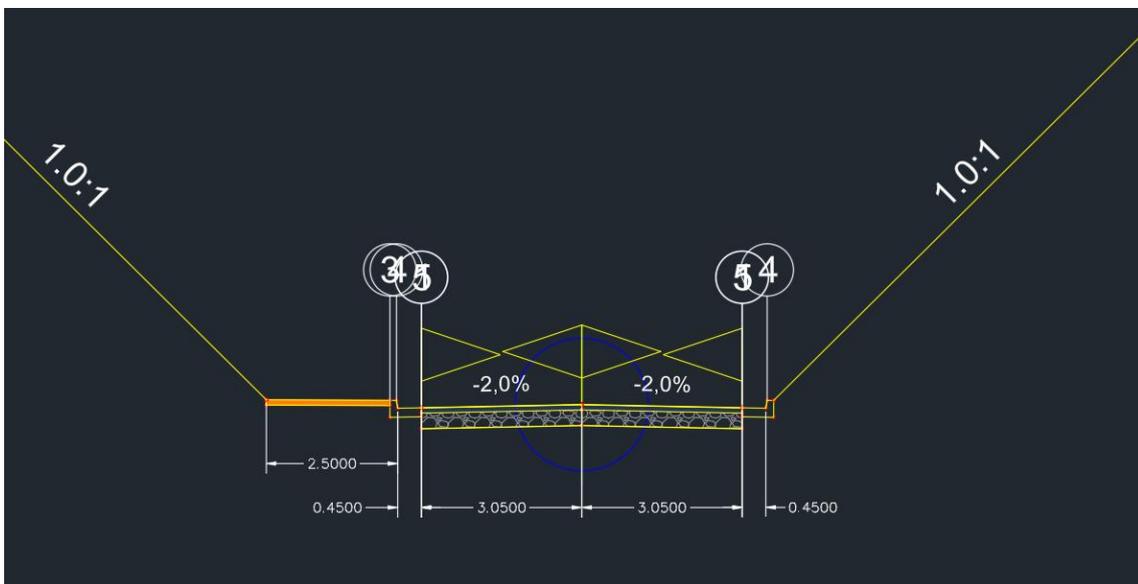


Figura 58: Assembly e Subassemblies configurados para modelagem de corredores (Autoria Própria)

Paralelamente, realizou-se a modelagem dos taludes de corte e aterro para definição das inclinações laterais do terreno nas áreas onde houve remoção ou adição de material. Os taludes são configurados conforme as inclinações projetadas, sendo 1H:1V para corte e 1V:1,5H para aterro, permitindo a análise da estabilidade do terreno e a visualização precisa da interface entre a via e o solo natural.

Os Subassemblies incluem faixas de rolamento, meio-fio, passeios, taludes e outras camadas que compõem a estrutura da via. A parametrização dos assemblies permite que o corredor reproduza fielmente as características geométricas e funcionais da via local definidas pelo usuário, conforme indicado na Figura 59, demarcando os taludes de corte/aterro, a área do passeio, as faixas de rolamento e a área destinada para o meio-fio sarjeta.



Figura 59: Corredor Modelado a partir do eixo de alinhamento projetado (Autoria Própria)

A partir dos corredores, são geradas superfícies de projeto que representam o modelo tridimensional da via implantada. Essas superfícies incorporam as variações de elevação e as transições entre os diferentes elementos da seção transversal, possibilitando uma visualização realista do perfil longitudinal e transversal da estrada.

Com a integração do alinhamento, corredores, superfícies e taludes, é possível obter uma representação tridimensional detalhada do terreno e da via a ser implantada. Essa modelagem 3D facilita a análise técnica, o planejamento da obra, a estimativa de volumes



de terra e materiais, além de melhorar a comunicação entre os profissionais envolvidos no projeto, promovendo maior precisão e eficiência na execução, conforme indicado nas figuras a seguir.

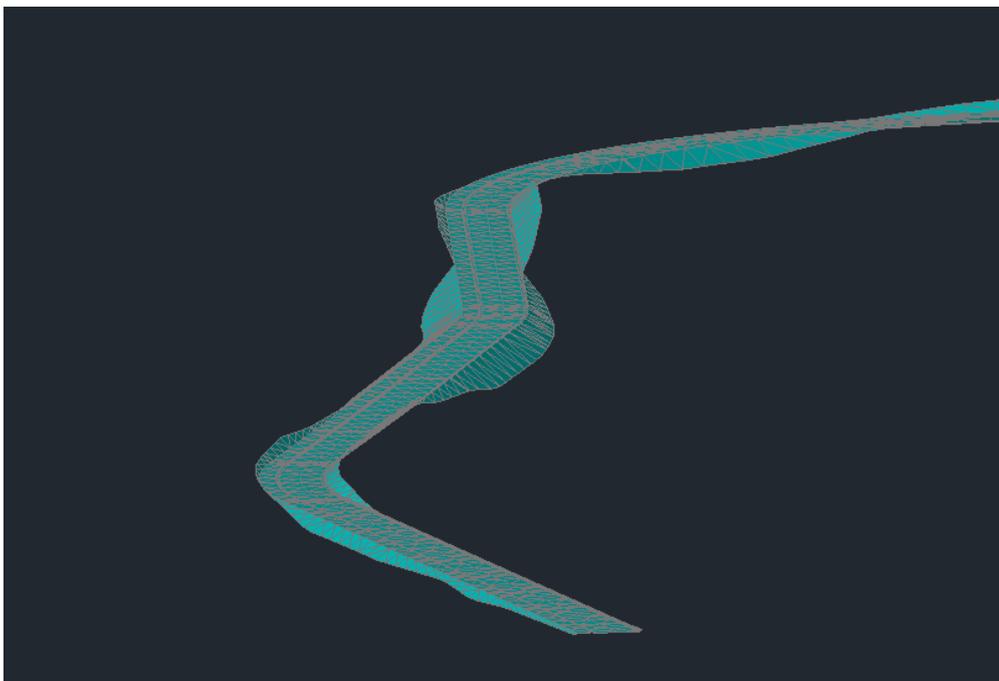


Figura 60: Representação 3D da via projetada 1/2 (Autoria Própria)

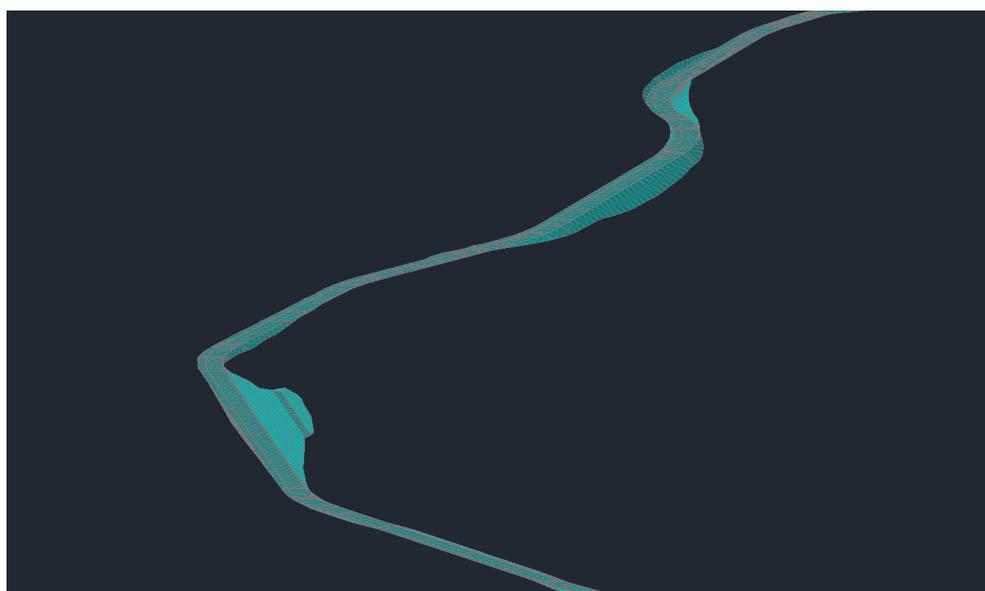


Figura 61: Representação 3D da via projetada 2/2 (Autoria Própria)

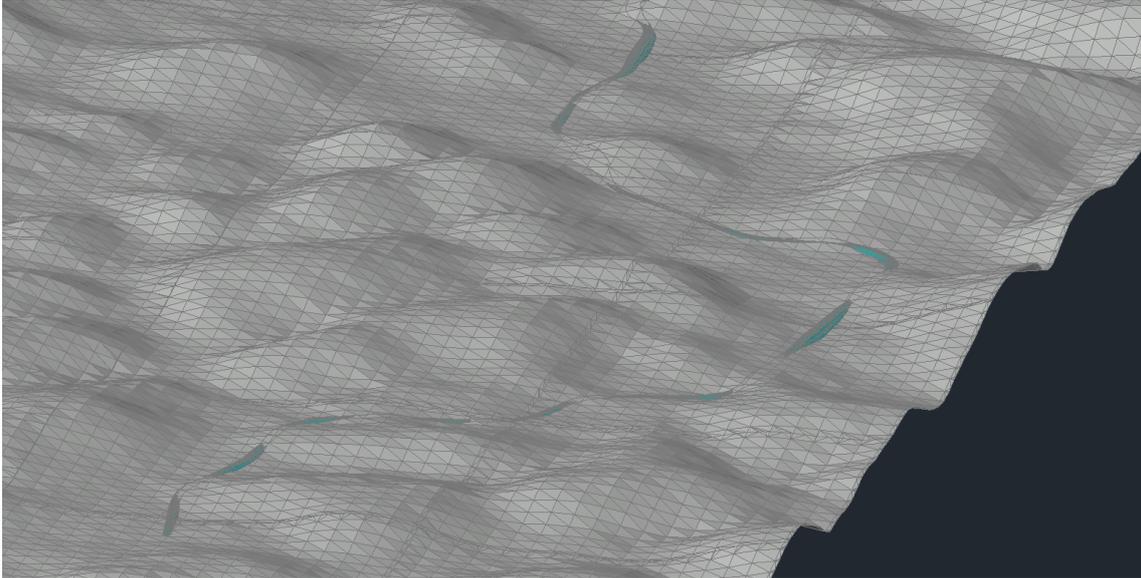


Figura 62: Modelagem do Terreno com a Via Projetada 1/3 (Autoria Própria)

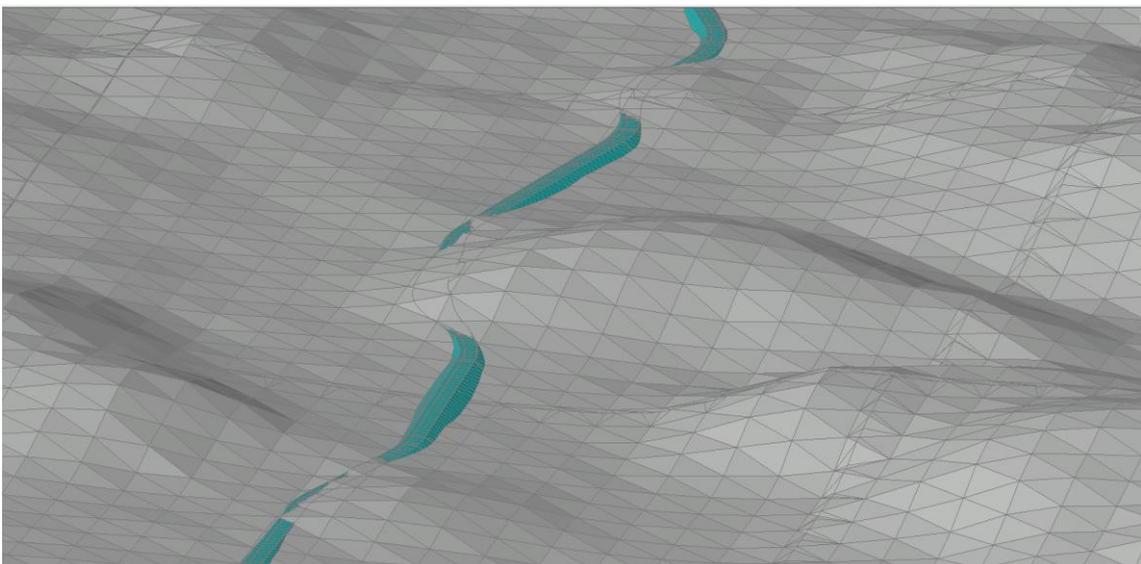


Figura 63: Modelagem do Terreno com a Via Projetada 2/3 (Autoria Própria)

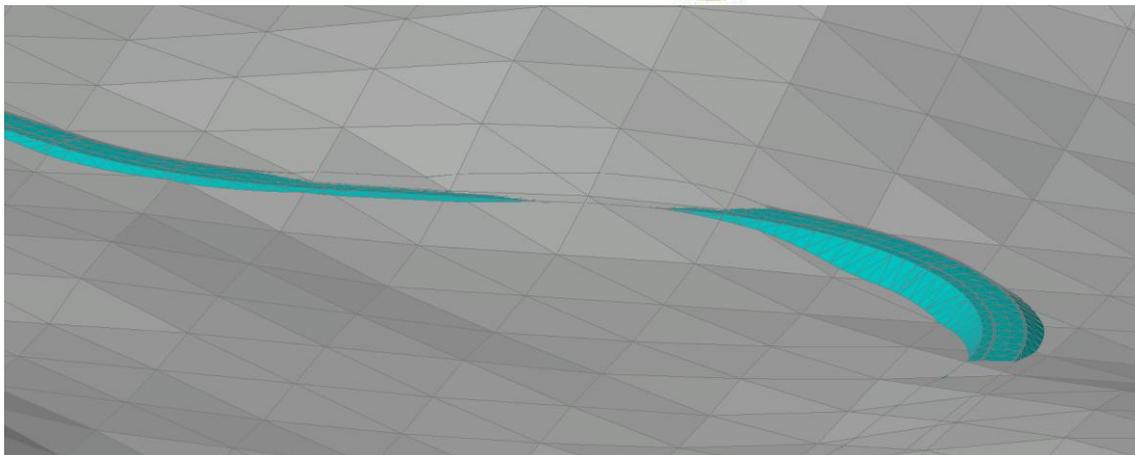


Figura 64: Modelagem do Terreno com a Via Projetada 3/3 (Autoria Própria)

Para apoiar o planejamento e a execução da obra, etapas posteriores ao projeto geométrico, foi criada uma superfície de comparação que possibilita a identificação das áreas e os volumes de corte e aterro necessários para a implantação da via local projetada. Essa superfície funciona como uma referência para medir as diferenças entre o terreno natural existente e o terreno proposto no projeto, facilitando a quantificação do material a ser removido ou adicionado, conforme exemplificado na Figura 65 e no Quadro 33, em que a cor verde identifica áreas de aterro e a cor vermelha, áreas de corte.

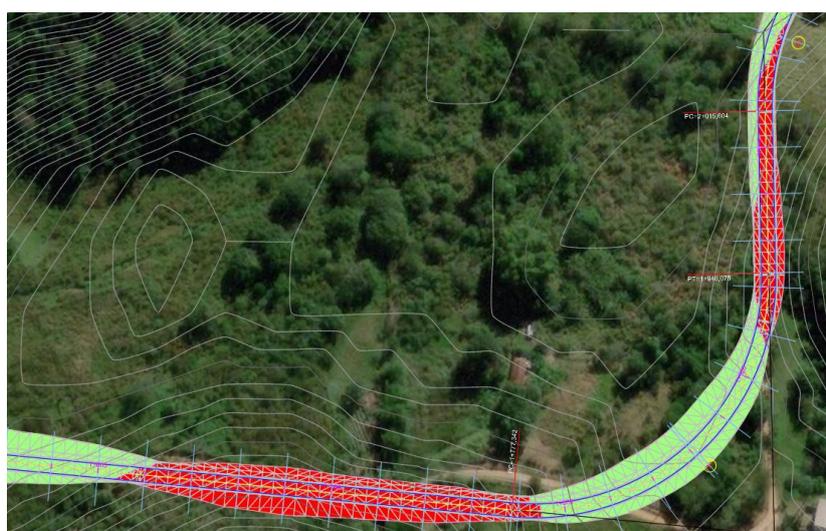


Figura 65: Manchas de Elevação - Corte e Aterro (Autoria Própria)



Quadro 33: Tabela de Elevações - Corte e Aterro (Autoria Própria)

Elevations Table					
Number	Minimum Elevation	Maximum Elevation	Area	Color	VOLUME
1	-8.77	0.00	30433.38		60.730,20
2	0.00	6.99	31561.09		58.273,53

Destaca-se que o greide da via local foi cuidadosamente elaborado, considerando criteriosamente as características do terreno e as normas técnicas aplicáveis. Essa atenção no projeto resultou em um perfil longitudinal equilibrado, que contribuiu para que os volumes de terraplenagem fossem bastante próximos, otimizando o uso do material disponível no local.

Essa otimização não apenas reduz os custos e impactos ambientais associados à movimentação de terra, como também facilita o planejamento e a execução das obras. Dessa forma, o projeto do greide demonstra eficiência técnica e sustentabilidade, consolidando uma base sólida para as etapas posteriores do desenvolvimento da via projetada.

4.15 Análise de Interferências Físicas de Projeto

A análise das interferências físicas observadas decorrentes do projeto de adequação geométrica da Estrada de Carlos Sampaio, via local com pista simples em ambos os sentidos, evidencia impactos em processos de modernização de estradas de terra. Embora o traçado projetado busque seguir o percurso original da via, pequenas alterações foram consideradas necessárias, especialmente nas curvas, para melhorar a geometria e a segurança do tráfego. Essas modificações implicam um afastamento parcial do traçado existente, o que ocasionam possíveis desapropriações de imóveis situados ao longo da via.

A desapropriação é uma consequência em obras de modernização viária, pois a ampliação ou adequação do traçado geralmente exige a incorporação de faixas adicionais de terreno

para garantir larguras adequadas, raios de curva compatíveis e áreas para drenagem e infraestrutura complementar. No caso da Estrada de Carlos Sampaio, essas necessidades se refletem tanto nos trechos retilíneos quanto nas curvas, onde o aumento dos raios e a adequação do alinhamento horizontal demandam a ocupação de áreas adjacentes, afetando propriedades privadas, conforme indicado na Figura 66 e Figura 67.

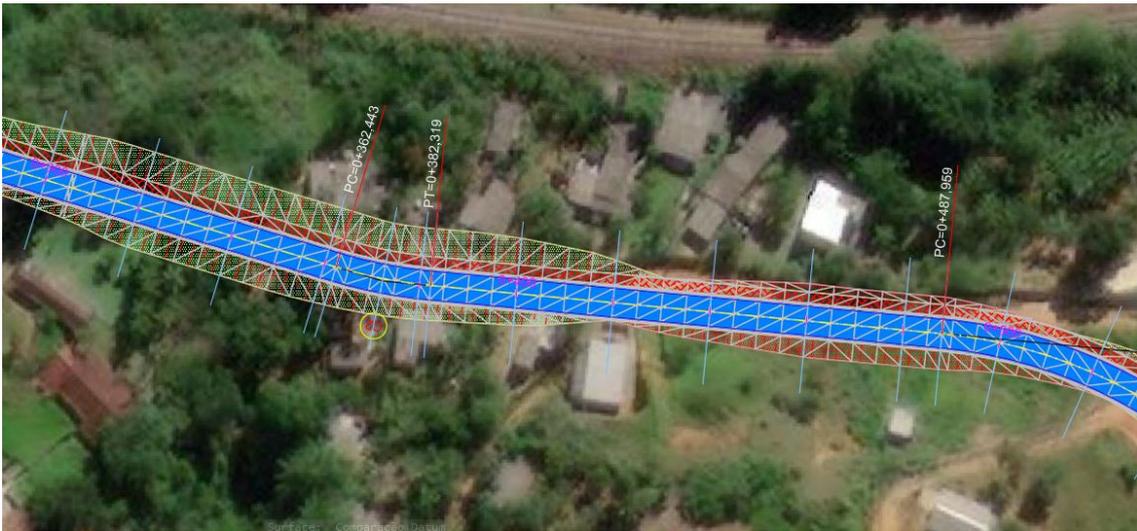


Figura 66: Desapropriação devido à proximidade da via projetada (Autoria Própria)



Figura 67: Desapropriação devido à proximidade com a via projetada (Autoria Própria)



É importante destacar que a desapropriação, quando necessária, deve seguir os procedimentos legais previstos, assegurando o pagamento de justa indenização aos proprietários afetados, conforme regulamentações do DNIT e legislações municipais e federais. O processo envolve avaliações técnicas, negociações e, em alguns casos, ações judiciais, o que pode influenciar o cronograma da obra.

Do ponto de vista ambiental, a construção da via pode ocasionar desmatamento e perda da vegetação nativa, resultando na fragmentação dos habitats naturais e afetando diretamente a fauna e a flora locais, comprometendo a biodiversidade e a integridade dos ecossistemas da região.

A terraplenagem pode provocar erosão do solo, assoreamento de corpos d'água e modificações nos cursos naturais das águas pluviais, comprometendo a qualidade dos recursos hídricos. A compactação do solo e a remoção da cobertura vegetal diminuirá a capacidade de infiltração da água no solo, aumentando o escoamento superficial, o que eleva o risco de enchentes e deslizamentos nas áreas adjacentes.

Os projetos complementares que serão vinculados ao presente trabalho de adequação normativa da via deverão prosseguir com o objetivo central de modernizar a infraestrutura viária e alinhando-a às normas técnicas vigentes. Além disso, esses projetos terão papel na identificação e implementação de medidas que visem mitigar os riscos e as consequências físicas decorrentes da intervenção no ambiente, minimizando os impactos ambientais e sociais associados.

4.16 Planta–Perfil e Seção–Tipo do Traçado Projetado

Os desenhos foram confeccionados em formato A0, conforme indicado na Figura 69, contemplando o estaqueamento contínuo do eixo da via. Foram claramente identificados os pontos notáveis do alinhamento horizontal, tais como Pontos de Curva (PC), Pontos de Tangente (PT), com suas respectivas marcações de Km e coordenadas geográficas, assegurando precisão e rastreabilidade do traçado.



Para a definição planialtimétrica, o projeto foi apresentado em escala mínima de 1:1000 sobre plantas topográficas detalhadas, que evidenciam as curvas de nível a cada 5 metros de distância. A planta incluiu o alinhamento da via projetada e as dimensões planimétricas essenciais para a completa definição das obras.

Além disso, foram apresentados dados analíticos do alinhamento horizontal, como raios das curvas circulares, comprimentos das curvas, ângulos centrais, comprimentos das tangentes retas e coordenadas dos centros das curvas, elementos determinantes da concordância geométrica e a segurança do traçado.

Para facilitar a leitura e análise, a planta foi dividida em quatro pranchas distintas, sendo que cada prancha corresponde a um trecho específico da via, acompanhada do seu respectivo perfil longitudinal, conforme destacadas as ViewPorts de cada prancha na Figura 68.

Diferentemente das pranchas de planta-perfil, a prancha da seção tipo será elaborada em formato A1 concentrando-se em apresentar a configuração transversal padrão da via, evidenciando as larguras, inclinações e relações espaciais entre os elementos que compõem a estrutura viária. O uso da escala 1:25 possibilita destacar detalhes construtivos essenciais, garantindo que as informações estejam acessíveis e possam ser aplicadas com precisão durante a execução da obra, e seguindo as mesmas normas aplicadas pelo Caderno de Instruções da Prefeitura do Rio de Janeiro.

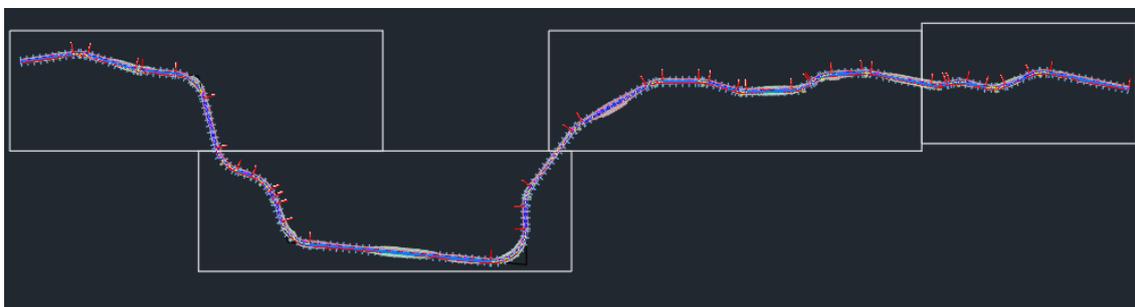


Figura 68: Delimitação das pranchas para visualização da planta-perfil (Autoria Própria)

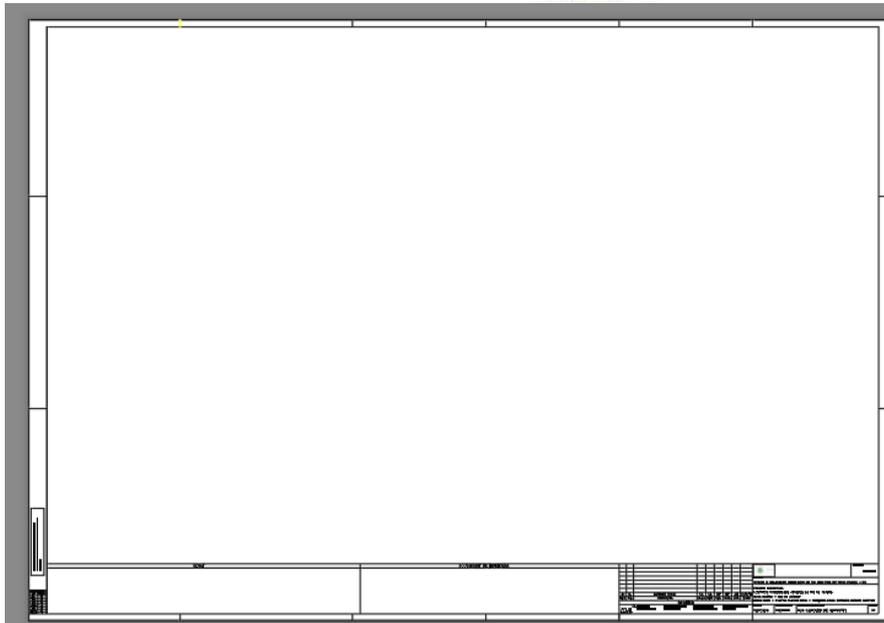


Figura 69: Layout A0 Planta-Perfil (Autoria Própria)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A adequação normativa de vias urbanas configura-se como uma necessidade não apenas no estado do Rio de Janeiro, mas em todo o Brasil, diante do acelerado crescimento urbano das cidades e da crescente demanda por infraestrutura viária mais segura, eficiente e sustentável. Projetos dessa natureza desempenham um papel de extrema importância na melhoria da mobilidade urbana, na redução de acidentes e na promoção do desenvolvimento urbano, refletindo positivamente na qualidade de vida da população e no dinamismo econômico das regiões atendidas.

O projeto geométrico assume papel estratégico para a sociedade ao garantir que as vias sejam projetadas em conformidade com as condições de tráfego, respeitando os critérios de segurança, conforto e funcionalidade. A elaboração desses projetos, alinhada às normas técnicas vigentes e pautada no rigor profissional, possibilita a integração harmoniosa entre o espaço urbano e a circulação de veículos e pedestres, assegurando a eficiência da infraestrutura viária.



Ao longo do desenvolvimento deste trabalho, o autor manifesta profunda satisfação e gratidão pelo conhecimento adquirido, que ampliou sua visão técnica e crítica acerca do tema, consolidando a adequação normativa como objeto central do projeto final de graduação. Essa experiência contribuiu significativamente para o aprimoramento profissional e para a compreensão da complexidade inerente à elaboração de projetos viários.

O domínio e a aplicação de ferramentas tecnológicas como Infra Works, Civil 3D e Google Earth Pro mostraram-se essenciais para o desenvolvimento eficiente e preciso de projetos de engenharia civil, especialmente na área de infraestrutura viária. Essas plataformas fornecem recursos complementares que abrangem desde a análise preliminar do terreno até a elaboração detalhada do projeto geométrico, promovendo maior integração, precisão e agilidade no processo projetual. O uso qualificado dessas ferramentas potencializa a eficiência, a qualidade e a sustentabilidade dos projetos, sobretudo na fase conceitual, além de facilitar a avaliação de alternativas.

Durante o desenvolvimento do presente trabalho, tornou-se evidente que a estruturação de um estudo de viabilidade técnico-econômica (EVTEA) baseado no traçado projetado para a região de Nova Iguaçu, especialmente nos bairros Carlos Sampaio e Santa Rita, apresenta limitações significativas. Isso se deve, principalmente, ao fato de que muitas das premissas adotadas foram fundamentadas em hipóteses de caráter conceitual e acadêmico, sem o suporte de fontes e dados consistentes e específicos da área.

A fundamentação do projeto em premissas acadêmicas, embora válida para fins conceituais e de aprendizado, não substitui a necessidade de dados concretos para a tomada de decisões técnicas e econômicas. Estudos baseados exclusivamente em hipóteses tendem a apresentar elevado grau de incerteza, o que pode resultar em análises superficiais e pouco aplicáveis à realidade local, aumentando o risco de retrabalhos, custos adicionais e insucesso na execução.



Outro aspecto é a integração dos estudos técnicos multidisciplinares, que envolvem levantamentos topográficos, geotécnicos, ambientais e socioeconômicos, essenciais para a compreensão completa do contexto e para a elaboração de soluções viáveis e sustentáveis. A inexistência desses dados específicos para Carlos Sampaio e Santa Rita impede a avaliação adequada dos impactos sociais e ambientais e a proposição de alternativas eficazes.

Diante dessas limitações, conclui-se que a elaboração de um estudo de viabilidade técnico-econômica para o traçado projetado em Nova Iguaçu deve ser precedida por pesquisas e levantamentos detalhados, que garantam a coleta de informações confiáveis e representativas da realidade local. Somente assim será possível desenvolver análises precisas, fundamentadas e aplicáveis, que possam orientar a tomada de decisão e assegurar a viabilidade técnica, econômica e social do empreendimento.

Em suma, recomenda-se que futuros estudos contemplem visitas técnicas, levantamento de campo, consulta a documentos oficiais e diálogo com a comunidade local, a fim de superar as limitações atuais e promover um planejamento urbano e viário mais eficaz, seguro e sustentável para os bairros Carlos Sampaio e Santa Rita, ou seja, a realização de projetos complementares, que possam aprofundar e ampliar os estudos aqui desenvolvidos.

Tais iniciativas são necessárias para incorporar dados mais detalhados, avaliar impactos ambientais e sociais de forma mais abrangente, e propor soluções integradas que potencializem os benefícios da adequação normativa.

A ausência de um orçamento detalhado para o presente projeto de infraestrutura justifica-se pela complexidade envolvida e pelo fato de que o estudo se encontra em nível conceitual e acadêmico, não atendendo, portanto, às condições necessárias para a elaboração de uma estimativa financeira precisa. Nesta fase inicial, as informações disponíveis são limitadas e baseadas em premissas gerais, o que impossibilita a definição de custos confiáveis para os serviços, materiais e recursos necessários à execução da obra.



Além disso, a falta de projetos executivos, memoriais descritivos detalhados e levantamentos de campo específicos impede a identificação clara do escopo e das quantidades exatas envolvidas, elementos essenciais para a composição de um orçamento realista. Em trabalhos acadêmicos, o foco está voltado para o desenvolvimento conceitual e metodológico, não sendo comum a inclusão de orçamentos detalhados, que demandam um grau de aprofundamento técnico e informações que ainda não foram obtidas.

Porém, é importante destacar que a elaboração de um orçamento é uma etapa de extrema importância para o planejamento, controle e viabilidade financeira de qualquer projeto de infraestrutura. Um orçamento bem estruturado permite avaliar custos, identificar riscos financeiros, garantir a sustentabilidade econômica do empreendimento e proporcionar maior transparência e credibilidade junto aos investidores.

Para que a elaboração do orçamento seja conduzida de forma adequada e profissional deve-se desenvolver o projeto executivo, com detalhamento técnico e especificações claras. Em seguida, realiza-se o levantamento quantitativo dos serviços e materiais, preferencialmente com apoio de visitas técnicas e coleta de dados em campo, garantindo maior precisão.

Posteriormente, procede-se à composição dos custos, que envolve a pesquisa de preços atualizados para insumos, mão de obra e equipamentos, utilizando bases de dados oficiais e cotações de mercado. Sendo assim, o orçamento deve ser consolidado, revisado e atualizado periodicamente durante a execução do projeto, assegurando o controle financeiro e a adequação às condições reais da obra.

Quanto a compatibilização das disciplinas envolvidas em um projeto de infraestrutura viária, em um contexto acadêmico e conceitual, como o presente trabalho, essa integração plena não pôde ser realizada de forma completa, devido à limitação de dados específicos, à ausência de detalhamento executivo e à natureza preliminar do estudo.

No presente trabalho, a compatibilização foi abordada em nível conceitual, com base em premissas gerais e hipóteses acadêmicas, sem o suporte de dados detalhados e específicos



da região estudada, como os bairros Carlos Sampaio e Santa Rita, em Nova Iguaçu. Essa limitação compromete a profundidade da análise e impede a elaboração de soluções integradas plenamente consistentes, o que reforça a necessidade de estudos complementares e detalhados para avançar nessa etapa.

Para que a compatibilização das disciplinas envolvidas em um projeto de infraestrutura viária seja conduzida de forma, primeiramente, cada área deve desenvolver seus projetos executivos com especificações técnicas completas, incluindo memoriais descritivos, quantitativos e desenhos detalhados, garantindo um detalhamento preciso e consistente.

Além disso, é necessário promover a integração multidisciplinar por meio de reuniões regulares e canais de comunicação eficientes entre as equipes responsáveis pelo projeto geométrico, terraplenagem, drenagem e pavimentação entre as equipes presentes. Esse alinhamento contínuo possibilita a discussão e o ajuste conjunto das soluções técnicas, evitando incompatibilidades e retrabalhos.

Outro ponto importante é o uso de ferramentas digitais integradas, como os softwares Civil 3D e Infra Works, que permitem a modelagem conjunta do terreno, das estruturas e dos sistemas envolvidos. Essas plataformas facilitam a identificação precoce de eventuais conflitos entre as disciplinas, promovendo maior precisão e agilidade no processo projetual.

Também deve ser realizada uma análise conjunta dos impactos técnicos, econômicos e ambientais das soluções propostas, buscando otimizar recursos e assegurar a sustentabilidade do projeto. Essa avaliação integrada contribui para a tomada de decisões mais informadas e equilibradas.

Além de que, a compatibilização do projeto geométrico com a terraplenagem, drenagem e pavimentação se faz necessária para garantir a viabilidade técnica, a segurança e a eficiência da infraestrutura viária. Essa integração deve ocorrer desde as fases iniciais do projeto, promovendo um desenvolvimento harmônico e evitando retrabalhos e conflitos entre as alternativas adotadas.



Diante disso, evidencia-se a necessidade de estudos futuros mais detalhados e fundamentados, que incluam levantamento de campo, coleta de dados atualizados e consulta a documentação técnica oficial, a fim de assegurar a excelência, a aplicabilidade prática e a conformidade normativa dos projetos elaborados.

Para encerrar o presente trabalho de conclusão de curso, ressalto a importância do tema abordado, que reflete desafios atuais e relevantes na área de engenharia civil, especialmente no que tange à adequação normativa, projeto geométrico e terraplenagem.

A realização deste trabalho proporcionou uma valiosa oportunidade de aprofundamento técnico e crítico, ampliando minha compreensão sobre a complexidade dos processos envolvidos na elaboração de projetos viários e a necessidade da integração multidisciplinar para garantir a eficiência, segurança e sustentabilidade das obras.

Durante o desenvolvimento do projeto, reconheci as limitações relacionadas à fase conceitual e acadêmica, como a ausência de dados detalhados e a impossibilidade de realizar levantamentos de campo, o que reforça a necessidade de estudos futuros mais aprofundados, com base em informações concretas e projetos executivos completos.

Este trabalho representa não apenas uma etapa acadêmica, mas um marco no meu desenvolvimento profissional, consolidando conhecimentos e habilidades que certamente serão aplicados em minha carreira. Agradeço profundamente aos meus orientadores, cuja orientação e apoio foram fundamentais para a concretização deste estudo, bem como a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para esta jornada.

Por fim, agradeço a você, leitor, por dedicar seu tempo e atenção à leitura deste trabalho. Espero que as reflexões e resultados aqui apresentados possam contribuir para o avanço do conhecimento na área e para a melhoria da infraestrutura viária, promovendo benefícios reais para a sociedade. Que este seja apenas o início de um percurso de aprendizado contínuo, perseverança e compromisso com a excelência na engenharia civil.



6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. **Mobilidade urbana sustentável no Brasil: desafios e perspectivas**. Brasília: IPEA, 2016.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. **Manual de projeto geométrico de travessias urbanas**. Brasília: DNIT, 2018.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. **Manual de projeto de interseções**. Brasília: DNIT, 2005.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. **Manual de estudos de tráfego (IPR-723)**. Brasília: DNIT, 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. **Diretrizes básicas para elaboração de estudos e projetos rodoviários (IPR-726)**. Brasília: IPR, DNIT, 2006.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO – DER-SP. **IP-03/2004 - Projeto Geométrico**. São Paulo: DER-SP, 2005.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO – DER-SP. **NT-DE-F00/001. Notas Técnicas de projeto geométrico**. São Paulo: DER-SP, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 10520:2002 – Apresentação de citações em documentos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2002.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA. **Expansão imobiliária e adensamento populacional na periferia do Estado do Rio de Janeiro/Brasil: uma análise da cidade de Nova Iguaçu**, 2022. Disponível em: <https://www.mrs.com.br/empresa/ferrovia-frota/>. Acesso em: 16 jun. 2025.

CITY FACTS. Carlos Sampaio, Nova Iguaçu: population. Disponível em: <https://www.city-facts.com/carlos-sampaio-nova-igua%C3%A7u/population>. Acesso em: 05 jun. 2025.

PIMENTA, Carlos R. T.; OLIVEIRA, Márcio P. **Projeto Geométrico de Rodovias**. São Carlos, 2004.

PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO, SECRETARIA MUNICIPAL DE OBRAS, SUBSECRETARIA DE OBRAS E PROJETOS VIÁRIOS, COORDENADORIA GERAL DE PROJETOS. **Caderno de instruções para elaboração, apresentação e aprovação de projetos geométricos viários urbanos – RJ. ET-GPV-11EU-000000-0001_01 – Edição ampliada e revisada**, 2016.



INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA – IME. **Formulário de estradas**. [s.l.], [s.d.].

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM – DNER. **Manual de projeto geométrico de rodovias rurais**. Brasília: DNER, 1999.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, SECRETARIA DE ESTADO DE INFRAESTRUTURA E OBRAS PÚBLICAS, DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM – DER-RJ. **Mapa rodoviário do Rio de Janeiro 2024**. Rio de Janeiro: DER-RJ, 2024.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE – CNT; SERVIÇO SOCIAL DO TRANSPORTE E SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM DO TRANSPORTE – SEST SENAT; INSTITUTO DE TRANSPORTE E LOGÍSTICA – ITL. **Pesquisa CNT de Rodovias 2024**. Brasília: CNT; SEST SENAT; ITL, 2024.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PRESIDENTE KENNEDY – ESPÍRITO SANTO. **Projeto Executivo de Engenharia para melhorias operacionais e pavimentação de rodovias municipais. Presidente Kennedy**, 2015.

PROJETO EXECUTIVO DE REQUALIFICAÇÃO DAS VIAS TANCREDO NEVES, PARAÍSO E GETÚLIO VARGAS, DE LUÍS EDUARDO MAGALHÃES. Bahia, 2019.

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

CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS, PALMAS. **Verificação da eficiência da geometria de um traçado rodoviário localizado no estado do Tocantins com o auxílio da ferramenta computacional: SAEPRO**. Palmas, 2020.

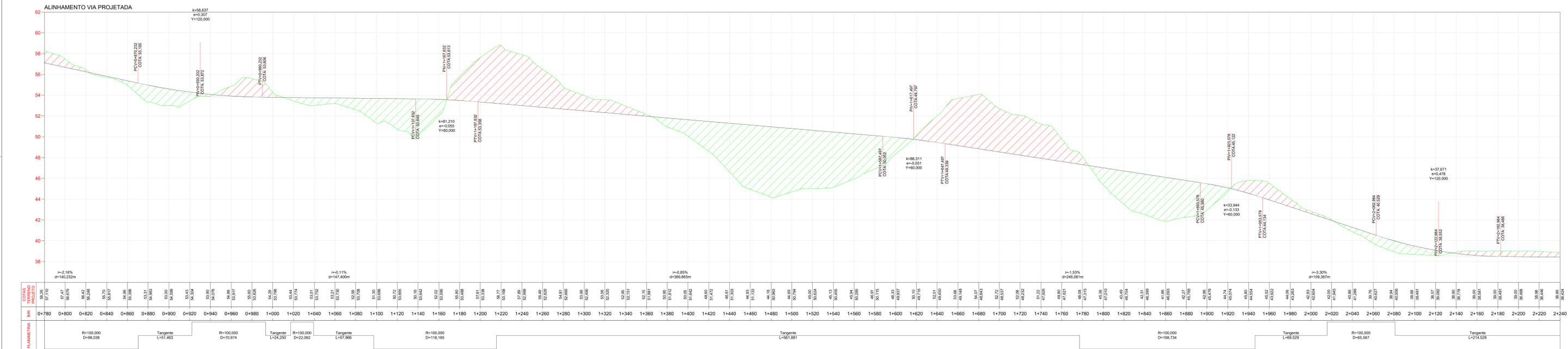


ANEXO I – Plantas-Perfis e Seção-Tipo da adequação normativa da via local Estrada de Carlos Sampaio, Nova Iguaçu, Rio de Janeiro



QUADRO DE CURVAS – EIXO ALINHAMENTO VIA PROJETADA

CURVA N°	RAIO	AC	D	T	PONTOS NOTÁVEIS	NORTE	ESTE
C4	100,000	56°10'19"	98,038	53,364	PC=7+72,541 PT=8+70,580	7.489.469,002 7.489.417,220 7.489.399,104	653.621,133 653.634,028 653.684,222
C5	100,000	40°39'55"	70,974	37,056	PC=9+22,042 PT=9+93,017	7.489.381,634 7.489.369,054 7.489.336,799	653.732,629 653.767,484 653.785,728
C6	100,000	12°38'27"	22,062	11,076	PC=10+17,267 PT=10+39,329	7.489.315,691 7.489.306,049 7.489.295,449	653.797,663 653.803,116 653.806,326
C7	100,000	67°42'13"	118,165	67,075	PC=10+97,296 PT=12+15,461	7.489.239,971 7.489.175,775 7.489.163,417	653.823,127 653.842,569 653.903,341
C8	100,000	96°40'39"	168,734	112,390	PC=17+77,342 PT=19+46,075	7.489.116,063 7.489.105,393 7.489.217,758	654.466,684 654.580,567 654.578,155
C9	100,000	37°34'01"	65,567	34,011	PC=20+15,604 PT=20+81,171	7.489.287,270 7.489.321,273 7.489.348,670	654.576,663 654.575,933 654.596,085



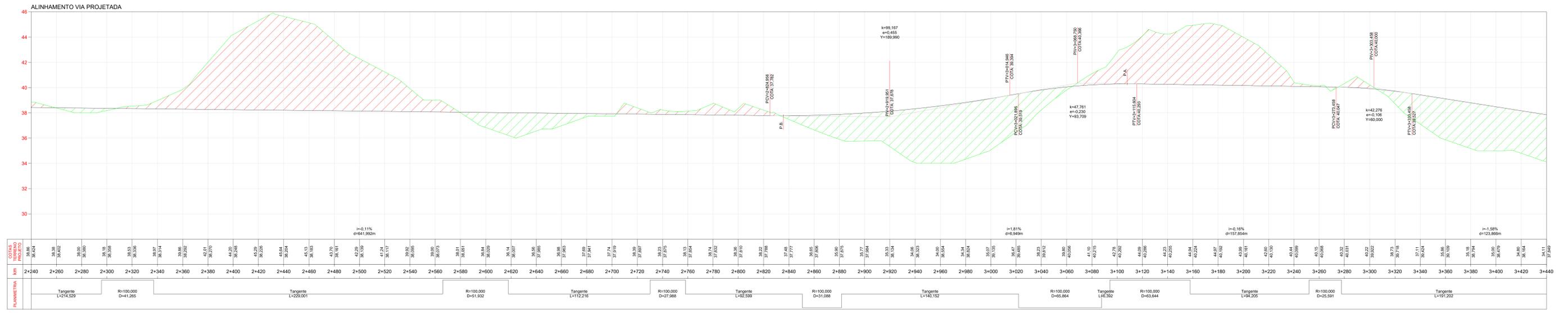
ESTACÃO	ALTIMETRIA (m)	PLANIMETRIA (m)
780	56,26	R=100,000 D=88,036
800	57,47	Tangente L=51,463
820	56,42	
840	55,70	
860	55,87	
880	55,39	
900	53,31	
920	54,82	
940	54,99	
960	54,06	
980	54,86	
1000	53,97	
1020	53,60	
1040	52,54	
1060	53,90	
1080	54,06	
1100	54,86	
1120	53,97	
1140	53,60	
1160	52,54	
1180	53,90	
1200	54,06	
1220	54,86	
1240	53,97	
1260	53,60	
1280	52,54	
1300	53,90	
1320	54,06	
1340	54,86	
1360	53,97	
1380	53,60	
1400	52,54	
1420	53,90	
1440	54,06	
1460	54,86	
1480	53,97	
1500	53,60	
1520	52,54	
1540	53,90	
1560	54,06	
1580	54,86	
1600	53,97	
1620	53,60	
1640	52,54	
1660	53,90	
1680	54,06	
1700	54,86	
1720	53,97	
1740	53,60	
1760	52,54	
1780	53,90	
1800	54,06	
1820	54,86	
1840	53,97	
1860	53,60	
1880	52,54	
1900	53,90	
1920	54,06	
1940	54,86	
1960	53,97	
1980	53,60	
2000	52,54	
2020	53,90	
2040	54,06	
2060	54,86	
2080	53,97	
2100	53,60	
2120	52,54	
2140	53,90	
2160	54,06	
2180	54,86	
2200	53,97	
2220	53,60	
2240	52,54	

LEGENDA		NOTAS		DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA		REVISÕES		ESCALA		N° CONTRATADA		ENDEREÇO CONTRATANTE		REVISÃO			
LEGENDA PERFIL: --- TERRENO NATURAL --- GREDE PROJETADA --- PASSIEIRO PROJETADO --- PAVIMENTO PROJETADO --- ATERRICOORTE		LEGENDA PLANTA: --- EIXO DE ESTACQUEAMENTO --- PASSIEIRO PROJETADO --- PAVIMENTO PROJETADO		1. MEDIDAS EM METROS, EXCETO INDICAÇÃO CONTRÁRIA; 2. TOPOGRAFIA EM SISTEMA DE REFERÊNCIA SIRGAS 2000, PROJEÇÃO UTM FUSO 23S.		IPR 726 – DIRETRIZES BÁSICAS PARA ELABORAÇÃO DE ESTUDOS E PROJETOS RODOVIÁRIOS CADERNO DE INSTRUÇÕES PARA ELABORAÇÃO, APRESENTAÇÃO E APROVAÇÃO DE PROJETOS GEOMÉTRICOS INSTRUÇÃO DE PROJETO DO DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO (DER-SP) NOTA TÉCNICA DE PROJETO DO DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO (DER-SP) A POLICY ON GEOMETRIC DESIGN OF HIGHWAYS AND STREETS – AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (AASHTO) MANUAL DE PROJETO GEOMÉTRICO DE RODOVIAS RURAIS – DNER		A1 B EMISSÃO INICIAL REV. T.E. DESCRIÇÃO PROJ. DES. VER. APR. AUT. DATA		1:1000		1620590		RUA MARQUÊS DE ABRANTES		A1	

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO
 DISCIPLINA GEOMÉTRICO
 PROJETO CONCEITUAL
 NOVA IGUAÇU – RIO DE JANEIRO
 GEOMÉTRICO – PLANTA PERFIL-ESTRADA CARLOS SAMPAIO 2/4



QUADRO DE CURVAS - EIXO ALINHAMENTO VIA PROJETADA						
CURVA Nº	RAIO	AC	D	T	PONTOS NOTÁVEIS	
C10	100,000	23°38'35"	41,265	20,930	PC=22+95,699	7.489.521,482
					PT=23+36,964	654.723,201
C11	100,000	29°45'18"	51,932	26,566	PC=25+65,965	7.489.663,382
					PT=26+17,897	655.001,575
C12	100,000	16°02'09"	27,988	14,086	PC=27+30,113	7.489.677,315
					PT=27+58,101	655.141,431
C13	100,000	17°48'43"	31,088	15,670	PC=28+50,700	7.489.648,383
					PT=28+81,788	655.230,544
C14	100,000	37°44'14"	65,864	34,176	PC=30+21,940	7.489.649,673
					PT=30+87,804	655.461,768
C15	100,000	36°27'55"	63,644	32,941	PC=30+94,195	7.489.676,846
					PT=31+57,839	655.466,680
C16	100,000	14°39'46"	25,591	12,866	PC=32+52,044	7.489.705,270
					PT=32+77,635	655.618,931



ALINHAMENTO	ESTACIONAMENTO	COTAS
2+240	38,64	38,66
2+260	38,35	38,62
2+280	38,30	38,50
2+300	38,18	38,35
2+320	38,03	38,15
2+340	38,07	38,34
2+360	38,06	38,22
2+380	42,01	38,07
2+400	45,15	38,24
2+420	45,29	38,22
2+440	45,64	38,20
2+460	45,13	38,18
2+480	43,70	38,01
2+500	42,52	38,19
2+520	41,24	38,11
2+540	39,92	38,05
2+560	39,00	38,07
2+580	38,01	38,01
2+600	38,64	38,05
2+620	38,14	38,20
2+640	38,56	37,95
2+660	38,08	37,95
2+680	37,69	37,81
2+700	37,74	37,74
2+720	38,25	37,89
2+740	38,23	37,87
2+760	38,13	37,84
2+780	38,74	37,82
2+800	38,35	37,81
2+820	38,22	37,74
2+840	37,45	37,77
2+860	38,65	37,85
2+880	35,90	37,87
2+900	35,77	37,84
2+920	35,33	38,14
2+940	38,05	38,22
2+960	34,00	38,54
2+980	34,34	38,54
3+000	35,07	38,15
3+020	35,47	38,85
3+040	38,52	38,72
3+060	38,95	42,05
3+080	41,10	42,15
3+100	42,78	40,22
3+120	44,09	42,22
3+140	44,25	42,25
3+160	44,84	42,24
3+180	44,87	42,02
3+200	45,18	42,01
3+220	42,92	39,22
3+240	38,73	38,73
3+260	37,11	39,42
3+280	35,85	38,19
3+300	35,15	38,14
3+320	35,00	38,17
3+340	34,80	38,14
3+360	34,80	38,14
3+380	34,11	37,84
3+400	34,11	37,84
3+420	34,11	37,84
3+440	34,11	37,84

LEGENDA

LEGENDA PERFIL:

- TERRENO NATURAL
- GREDE PROJETADO
- COMPRISSO DA PARABÓLICA
- PCV PONTO DE CURVATURA VERTICAL
- PVI PONTO DE INTERSEÇÃO VERTICAL
- PTV PONTO DE TANGÊNCIA VERTICAL
- ATERROCORTE

LEGENDA PLANTA:

GEOMETRIA

- 100
- EIXO DE ESTACQUEAMENTO
- PASSEIO PROJETADO
- PAVIMENTO PROJETADO

INCLINAÇÃO

- PC PONTO DE CURVA
- PT PONTO DE TANGÊNCIA

NOTAS

1. MEDIDAS EM METROS, EXCETO INDICAÇÃO CONTRÁRIA;
2. TOPOGRAFIA EM SISTEMA DE REFERÊNCIA SIRGAS 2000, PROJEÇÃO UTM FUSO 23S.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

IPR 726 - DIRETRIZES BÁSICAS PARA ELABORAÇÃO DE ESTUDOS E PROJETOS RODOVIÁRIOS

CADERNO DE INSTRUÇÕES PARA ELABORAÇÃO, APRESENTAÇÃO E APROVAÇÃO DE PROJETOS GEOMÉTRICOS

INSTRUÇÃO DE PROJETO DO DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO (DER-SP)

NOTA TÉCNICA DE PROJETO DO DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO (DER-SP)

A POLICY ON GEOMETRIC DESIGN OF HIGHWAYS AND STREETS - AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (AASHTO)

MANUAL DE PROJETO GEOMÉTRICO DE RODOVIAS RURAIS - DNER

REVISÕES

REV.	T.E.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	AUT.	DATA
A1	B	EMISSÃO INICIAL	LA	LA	DC	CD	AK	27/6/25

ESCALA

1:1000

Nº CONTRATADA

1620590

ENDEREÇO CONTRATANTE

RUA MARQUÊS DE ABRANTES

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO

DISCIPLINA GEOMÉTRICO

PROJETO REQUALIFICAÇÃO GEOMÉTRICA DE VIA LOCAL EM NOVA IGUAÇU - RJ

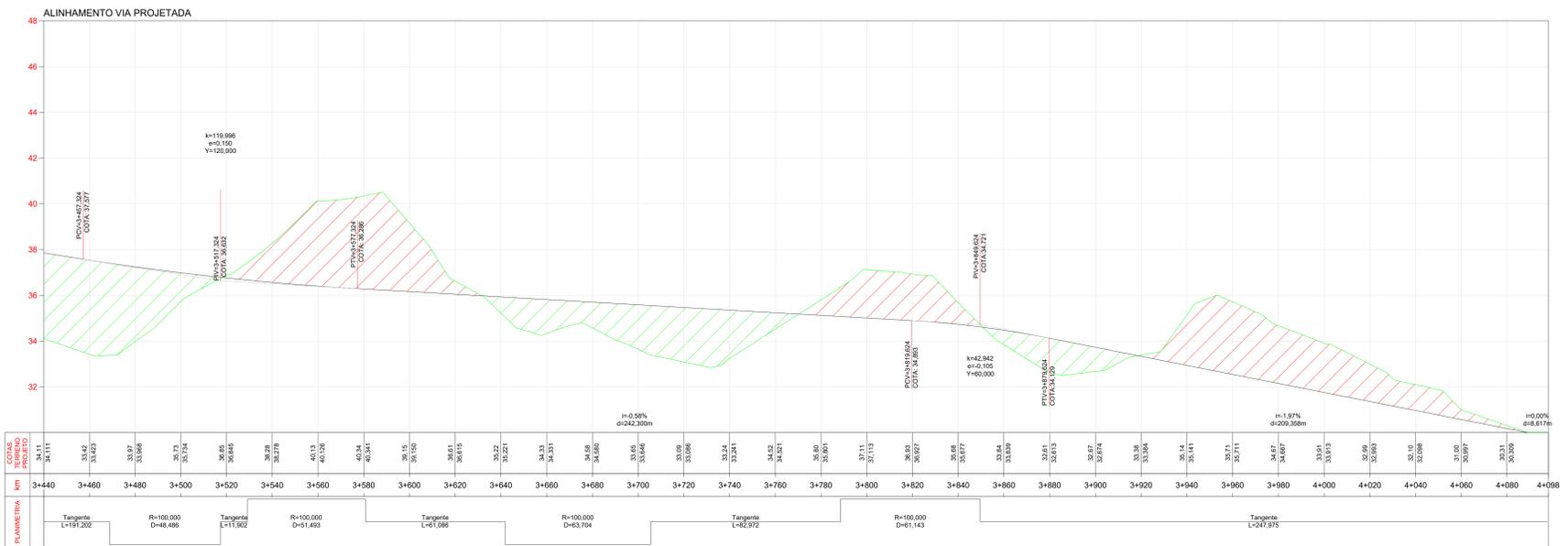
PROJETO CONCEITUAL

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO

NOVA IGUAÇU - RIO DE JANEIRO

GEOMÉTRICO - PLANTA PERFIL - ESTRADA CARLOS SAMPAIO 3/4

REVISÃO A1



PROJETO DE REQUALIFICAÇÃO GEOMÉTRICA DE VIA LOCAL EM NOVA IGUAÇU - RJ
 INSTITUTO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA (ICT) - UFRJ
 AV. PAVÃO, 9 - MARACÁ - RIO DE JANEIRO - RJ
 CEP: 22461-900

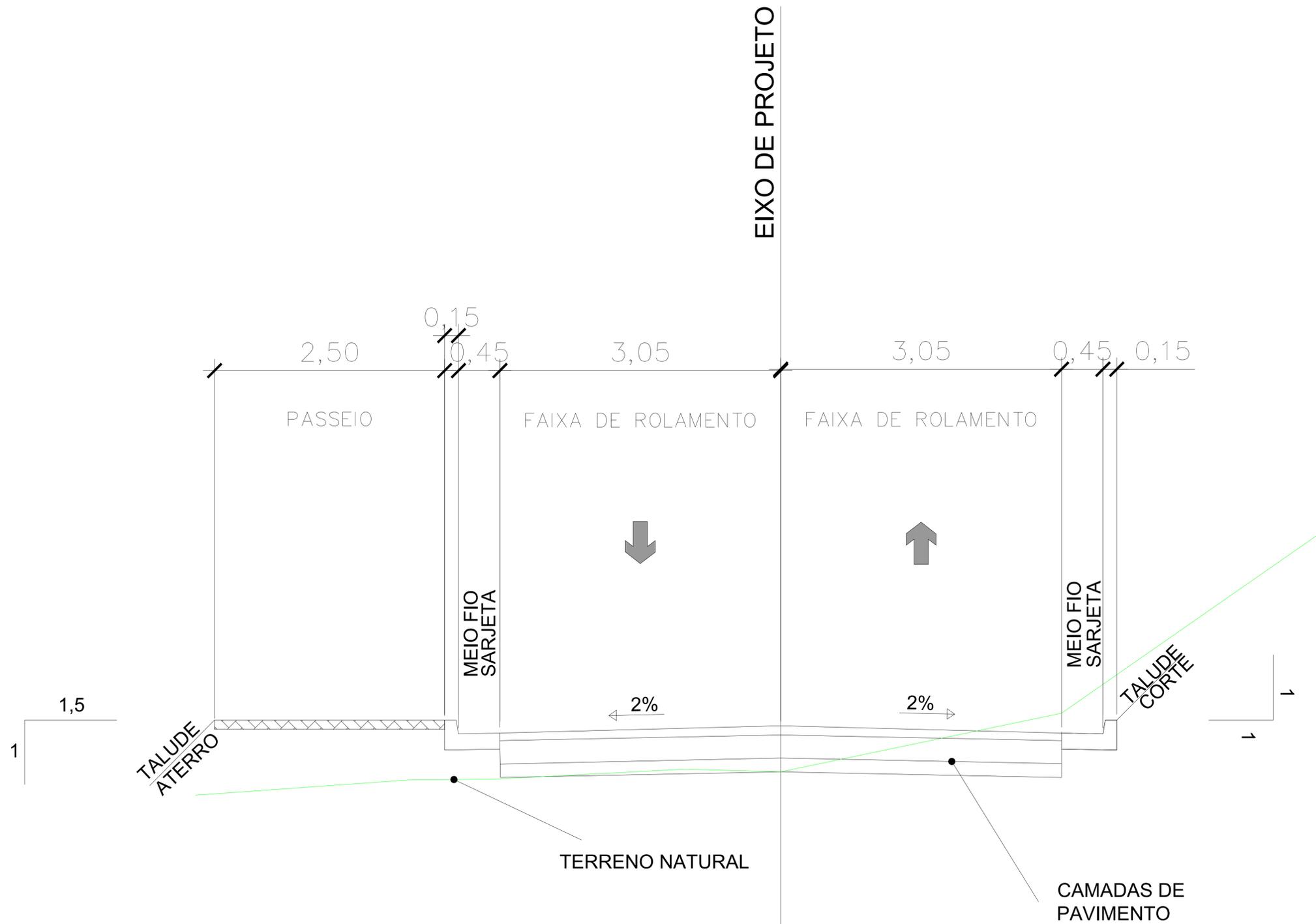
LEGENDA	
	TERRENO NATURAL
	GREDE PROJETADO
	EIXO DE ESTOQUEAMENTO
	COMPRIMENTO DA PARABÓLICA
	PASSEIO PROJETADO
	PAVIMENTO PROJETADO
	PONTO DE CURVATURA VERTICAL
	PONTO DE INTERSEÇÃO VERTICAL
	PONTO DE TANGÊNCIA VERTICAL
	ATERROCORTE

NOTAS	
1.	MEDIDAS EM METROS, EXCETO INDICAÇÃO CONTRÁRIA;
2.	TOPOGRAFIA EM SISTEMA DE REFERÊNCIA SIRGAS 2000, PROJEÇÃO UTM FUSO 25S.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	
IPR 726	- DIRETRIZES BÁSICAS PARA ELABORAÇÃO DE ESTUDOS E PROJETOS RODOVIÁRIOS
CADERNO DE INSTRUÇÕES	PARA ELABORAÇÃO, APRESENTAÇÃO E APROVAÇÃO DE PROJETOS GEOMÉTRICOS
INSTRUÇÃO DE PROJETO	DO DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO (DER-SP)
NOTA TÉCNICA DE PROJETO	DO DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO (DER-SP)
A POLICY ON GEOMETRIC DESIGN	OF HIGHWAYS AND STREETS - AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (AASHTO)
MANUAL DE PROJETO GEOMÉTRICO	DE RODOVIAS RURAIS - DNER

REVISÕES	
A1	B. EMISSÃO INICIAL
REV. T.E.	DESCRIÇÃO
PROJ.	DES.
VER.	APR.
AUT.	DATA

PONTIFÍCA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO	
DISCIPLINA	GEOMÉTRICA
PROJETO	REQUALIFICAÇÃO GEOMÉTRICA DE VIA LOCAL EM NOVA IGUAÇU - RJ
PROJETO CONCEITUAL	PONTIFÍCA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO
NOVA IGUAÇU - RIO DE JANEIRO	GEOMÉTRICO - PLANTA PERFIL - ESTRADA CARLOS SAMPAIO TRECHO 4/4
ESCALA	1:1000
Nº CONTRATADA	1620590
ENDEREÇO CONTRATANTE	RUA MARQUÊS DE ABRANTES
REVISÃO	A1



ESTE DOCUMENTO E DE PROPRIEDADE DA NORDESTE LOGÍSTICA S.A. NÃO PODEM SER COPIADO, REPRODUZIDO E FORNECIDO A TERCEIROS SEM PREVIA EXPRESSA AUTORIZAÇÃO.

NOTAS

- MEDIDAS EM METROS, EXCETO INDICAÇÃO CONTRÁRIA;
- CAMADAS DE PAVIMENTOS E TERRENO NATURAL MERAMENTE ILUSTRATIVOS, PARA FINS DIDÁTICOS.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

IPR 726 – DIRETRIZES BÁSICAS PARA ELABORAÇÃO DE ESTUDOS E PROJETOS RODOVIÁRIOS
 CADERNO DE INSTRUÇÕES PARA ELABORAÇÃO, APRESENTAÇÃO E APROVAÇÃO DE PROJETOS GEOMÉTRICOS
 INSTRUÇÃO DE PROJETO DO DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO (DER-SP)
 NOTA TÉCNICA DE PROJETO DO DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO (DER-SP)
 A POLICY ON GEOMETRIC DESIGN OF HIGHWAYS AND STREETS – AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (AASHTO)
 MANUAL DE PROJETO GEOMÉTRICO DE RODOVIAS RURAIS – DNER

REV.	T.E.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	AUT.	DATA
A1	B.	EMISSÃO INICIAL	LA	LA	CD	CD	AK	27/6/25
REVISÕES								
T.E.		(A) PRELIMINAR	(C) PARA CONHECIMENTO	(E) PARA CONSTRUÇÃO	(G) CONFORME CONSTRUÍDO			
TIPO DE EMISSÃO		(B) PARA APROVAÇÃO	(D) PARA COTAÇÃO	(F) CONFORME COMPRADO	(H) CANCELADO			

			DISCIPLINA GEOMÉTRICO
PROJETO REQUALIFICAÇÃO GEOMÉTRICA DE VIA LOCAL EM NOVA IGUAÇU – RJ			
PROJETO CONCEITUAL PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO NOVA IGUAÇU – RIO DE JANEIRO GEOMÉTRICO – SEÇÃO TIPO – ESTRADA CARLOS SAMPAIO			
ESCALA 1:25	Nº CONTRATADA 1620590	ENDEREÇO CONTRATANTE RUA MARQUÊS DE ABRANTES	REVISÃO A1

INSTRUÇÕES P/ PLANEJAM	
COR	ESPESSURA
RED	0,05
YELLOW	0,2
GREEN	0,3
ORAN	0,4
BLUE	0,5
MAIZENTA	0,6
WHITE	0,1
COR N. 8	0,1
COR N. 9	0,2