



UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**PROPOSTA DE ALTERAÇÃO GEOMÉTRICA PARA IMPLANTAÇÃO
DE INTERSEÇÃO RODOVIÁRIA NA ERS-129, MUNICÍPIO DE
DOIS LAJEADOS-RS**

Lucas Mattei Filipi Chiela

Lajeado, julho de 2022

Lucas Mattei Filipi Chiela

**PROPOSTA DE ALTERAÇÃO GEOMÉTRICA PARA IMPLANTAÇÃO
DE INTERSEÇÃO RODOVIÁRIA NA ERS-129, MUNICÍPIO DE
DOIS LAJEADOS-RS**

Monografia apresentada na disciplina de Trabalho de Conclusão II, do curso de Engenharia Civil, da Universidade do Vale do Taquari Univates, como parte da exigência para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof^a Ma Carolina Becker Pôrto Fransozi

Lajeado, julho de 2022

Lucas Mattei Filipi Chiela

**PROPOSTA DE ALTERAÇÃO GEOMÉTRICA PARA IMPLANTAÇÃO
DE INTERSEÇÃO RODOVIÁRIA NA ERS-129, MUNICÍPIO DE
DOIS LAJEADOS-RS**

A Banca examinadora abaixo aprova a Monografia apresentada no componente curricular Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Civil, da Universidade do Vale do Taquari - Univates, como parte da exigência para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil:

Prof^a Ma. Carolina Becker Pôrto Fransozi - orientadora
Universidade do Vale do Taquari - Univates

Prof^a Ma. Betina Hansen
Universidade do Vale do Taquari - Univates

Prof. Ms. Matheus Lemos Nogueira
Universidade de Caxias do Sul - UCS

Lajeado, 06 de julho de 2022

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por estar comigo lado a lado, guiando meus passos nos momentos mais difíceis da minha vida, mesmo quando me senti só, com vontade de desistir de tudo, ele sempre esteve comigo e segurou na minha mão.

Agradeço aos meus pais, Nediomar e Simone, pelo apoio prestado a mim durante toda a graduação do curso de Engenharia Civil e me ensinando todo dia a ser uma pessoa melhor.

Agradeço ao meu avô, Valdemiro, por ter feito do seu sonho a inspiração para o meu trabalho de conclusão de curso. Sonho que era dele e hoje é nosso.

A todas as pessoas que fazem parte do meu círculo de amizades e me apoiaram nessa reta final de curso, principalmente os amigos Bruno e Ednei, que compartilharam comigo minhas alegrias e tristezas. Vocês são os irmãos que a vida me presenteou.

Aos meus professores durante toda a graduação, em especial, a Prof.^a Carolina, por todo o serviço e apoio prestado durante as disciplinas de Trabalho de Conclusão de Curso I e II.

RESUMO

As condições das rodovias devem ser revisadas periodicamente, desde a sua geometria, até sua manutenção e sinalização, com o objetivo de promover a segurança dos usuários, evitando que os mesmos realizem manobras bruscas. Dentro desse contexto, a presente monografia refere-se ao projeto de uma interseção rodoviária em local onde não há plena segurança na realização de manobras. A proposta consiste na elaboração de um projeto geométrico de interseção, que priorize a segurança de um cruzamento localizado no km 115+290 da rodovia ERS-129, situado entre as cidades de Dois Lajeados-RS e Guaporé-RS, onde deve atender a uma demanda de tráfego futura de 10 anos. Foram realizadas contagens volumétricas do fluxo de tráfego que circula no local, recolhidos dados referente à topografia e remanejamento de acessos privados e, posteriormente, apresentada uma remodelação do respectivo trecho através de um projeto geométrico de interseção utilizando o modelo da rótula tipo cheia, mesclada com o acesso aos ramos deslocados. Foi possível elaborar uma interseção em que os pontos de conflito diminuíram de 47 para 20, comparando a situação atual com o projeto de interseção, o que indica que a proposta de alteração geométrica pode promover melhorias no local de estudo, principalmente na segurança dos usuários que fazem conversões à esquerda e retornos, além do tempo de espera na realização das manobras.

Palavras-chave: Rodovias; Projeto Geométrico; Interseção; Cruzamento.

ABSTRACT

The conditions of highways must be periodically reviewed considering their geometry, maintenance and signaling, with the aim of promoting users safety, avoiding them from performing sudden maneuvers. Within this context, this monograph refers to the design of a road intersection in a place where there is no complete safety in carrying out maneuvers. The proposal consists of proposing a geometric intersection project design, which prioritizes the safety of a highway intersection located at km 115+290 of the ERS-129 highway between the cities of Dois Lajeados-RS and Guaporé-RS in order to meet a demand traffic 10 years into the future. Traffic volume counts in the place were carried out, data related to the topography of the place and the relocation of private accesses were collected, and, later, a remodeling of the respective section was presented through a geometric design of intersection using the model of modern roundabout, merged with auxiliary approach branches. It was possible to elaborate an intersection in which the points of conflict decreased from 47 to 20, when comparing to the current situation, which indicates that the proposed geometric alteration could result in improvements in the studied site, mainly in the safety of users who make left turns and u turns, in addition to diminishing the waiting time in carrying out the manoeuvres.

Keywords: Highways, Geometric Design; Intersection; Crossing.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	3
1.1 Problema de pesquisa	5
1.2 Objetivos	5
1.2.1 Objetivo geral	5
1.2.2 Objetivos específicos	6
1.3 Justificativa da pesquisa	6
1.4 Delimitações e limitações da pesquisa	8
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
2.1 Classificação das rodovias	9
2.1.1 Classificação funcional das rodovias	9
2.2 Influência da topografia nas rodovias	11
2.3 Fluxo de veículos	12
2.4 Interseções	14
2.4.1 Tipo de movimentos e conflitos em interseções	16
2.4.2 Classificação técnica	18
2.5 Classe de projeto	19
2.6 Condicionantes de cálculo	20
2.6.1 Volume de tráfego	20
2.6.2 Volume horário de projeto	21
2.6.3 Volume médio diário	22
2.6.4 Capacidade	22
2.6.5 Nível de serviço	23
2.6.6 Veículo de projeto	25
2.6.7 Largura dos ramos	27
2.6.8 Superelevação	31
2.6.9 Faixas de mudança de velocidade	32
2.7 Critérios para determinação do tipo de interseção	35

2.8 Fatores determinantes de implantação	37
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	39
3.1 Informações acerca do local de estudo	39
3.2 Dados referentes à topografia	43
3.3 Contagem de tráfego	43
3.3.1 Volume de tráfego local	44
3.3.2 Projeção exponencial	46
3.3.3 Volume horário de projeto (VHP)	46
3.3.4 Caracterização do tipo de interseção	47
3.4 Elementos geométricos da interseção	48
3.4.1 Veículo de projeto	48
3.4.2 Velocidade diretriz	49
3.4.3 Distância de visibilidade	50
3.4.4 Raio mínimo	50
3.4.5 Superelevação	51
3.4.6 Largura dos ramos	51
3.4.7 Comprimento das faixas de mudança de velocidade	51
3.5 Projeto geométrico da interseção	52
3.6 Análise de pontos de conflito	52
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
4.1 Localidades presentes no estudo	54
4.2 Topografia do local e condicionantes	56
4.3 Contagem de tráfego	60
4.3.1 Determinação do Volume médio diário (VMD)	64
4.3.2 Determinação do VDM do ano de projeto	64
4.3.3 Determinação do Volume horário de projeto (VHP)	65
4.3.4 Escolha do tipo de interseção	66
4.4 Elementos geométricos da interseção	67
4.4.1 Veículo de projeto	67
4.4.2 Velocidade diretriz	69
4.4.3 Distância de visibilidade	69
4.4.4 Raio mínimo	69
4.4.5 Superelevação	70
4.4.6 Largura da pista	70
4.4.7 Comprimento das faixas de mudança de velocidade	70
4.5 Projeto geométrico da interseção	71
4.6 Análise dos pontos de conflito	75
5 CONCLUSÃO	78
5.1 Sugestões para trabalhos futuros	80

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
APÊNDICE A - PROJETO GEOMÉTRICO DE INTERSEÇÃO	85
ANEXO A - REDE RODOVIÁRIA ESTADUAL (DIVISÃO EM TRECHOS)	87
ANEXO B - MAPA TOPOGRÁFICO DO SITE TOPOGRAPHIC-MAP	88
ANEXO C - CARTA TOPOGRÁFICA DO EXÉRCITO BRASILEIRO	89

1 INTRODUÇÃO

O aumento da frota de veículos é consequência do crescimento econômico, mudanças de hábitos, tendências de mercado, aumento populacional e urbanização. O crescimento do fluxo de transporte rodoviário, em especial o automóvel, faz com que alterações no sistema viário sejam necessárias, requerendo mudanças como alargamento das vias (onde muitas vezes isso ocorre reduzindo a largura das calçadas) e construções de obras de arte. Essas transformações se fazem mais presentes do que quando comparadas a outros modais de transporte devido à taxa de trafegabilidade, que seria a porcentagem de pessoas que utilizam o determinado meio de locomoção (ALVES; RAIA JUNIOR, 2000). Segundo estudos e pesquisas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018), entre 2008 e 2018, o total de carros no país passou de 37,1 para 65,7 milhões. No mesmo período, o aumento no número de motocicletas foi de 13,7 milhões, dobrando o número de veículos deste porte que o país tinha no primeiro ano citado.

A infraestrutura com o passar dos anos foi um dos empecilhos para o crescimento do Brasil. Quando o assunto abordado são as condições indispensáveis para uma economia avançada, somado à logística, o país apresenta baixo índice de evolução. Comparado a outras nações com semelhante área territorial, o Brasil tem sofrido inúmeras perdas de valor em decorrência da não adequação do modal rodoviário frente à demanda exigida pela economia (VIEIRA, 2006).

Segundo a Lei nº 9.503/97, que institui o Código de Trânsito Brasileiro CTB (CTB, 2008), é assegurado que a utilização de vias públicas de transporte devem oferecer condições seguras para quem as trafega, sejam pessoas, animais ou veículos. A Confederação Nacional de Transporte (CNT) realizou, em 2019, uma pesquisa que apontou que a qualidade das rodovias brasileiras havia piorado quando comparada com a mesma análise realizada no ano anterior. De acordo com o estudo, 59% da extensão avaliada apresentava problemas, sendo os principais referentes ao pavimento, sinalização e geometria (CNT, 2019). Esta última, no estudo elaborado em 2018, apresentou irregularidade em 85,3% da extensão analisada, onde estão incluídas avaliações do tipo de rodovia (pista simples ou dupla), presença de faixa adicional, inclusão de obras de arte, curvas perigosas, acostamento e interseções. Essas deficiências acabam impactando na segurança da via, o que aumenta a probabilidade da ocorrência de incidentes. Houve um aumento da porcentagem de inconsistências comparando o ano de 2018 com o ano seguinte, o que sugere que seja revisto tais parâmetros e os mesmos sejam readequados. (CNT, 2018).

A Organização Mundial da Saúde (OMS) realizou, em 2018, um relatório contabilizando o número de mortes nas estradas sugerindo uma redução de velocidade em vias urbanas; foram registradas 1,35 milhão de óbitos (ONSV, 2019). O Brasil é um dos países com maior número de mortes no trânsito, perdendo apenas para países como Índia, China, Estados Unidos e Rússia, de acordo com estudo realizado pela OMS (2013). Em cerca de 31 anos, de 1980 a 2011, aproximadamente um milhão de pessoas morreram por acidentes de trânsito no país sul-americano, já em intervalo de tempo entre 2000 a 2010, o número de óbitos subiu de 28.995 para 42.844, um aumento de 32,3% na década. Em 2011 a taxa de mortalidade atingiu incríveis 22,5 óbitos para cada 100 mil habitantes; no comparativo de gênero, o sexo masculino é responsável por cerca de 82,3 % do total (WAISELFISZ, 2013).

No que diz respeito à malha viária, os cruzamentos são locais que possuem número expressivo de estatística de acidentes, pois são pontos de divergência no

trânsito, em função dos diversos movimentos que são realizados, conflitantes entre si. As interseções são projetadas buscando uma melhor segurança na trafegabilidade e buscando diminuir as estatísticas de acidentes.

As interseções, segundo o DNIT (2005), são projetadas para satisfazer as exigências impostas pelo tráfego até o 10º ano após a abertura da via. Resultante disso, nos últimos anos o volume de fluxo de veículos têm aumentado e muitas das interseções projetadas já não são consideradas suficientes para atender de forma plena a segurança exigida, sendo necessário reconformação desses empreendimentos. Negativamente, o que tem ocorrido em consequência disso são acidentes, congestionamentos e estresse (MARCUSO; SOLEK, 2018).

Diante do exposto, fica evidente a necessidade de que as interseções sejam reavaliadas ao longo do tempo, acrescentando a isso as condições das rodovias, que devem ser revisadas periodicamente desde a sua geometria, manutenção até a sinalização, com o objetivo de promover a segurança dos usuários (SCHMIDT, 2021).

1.1 Problema de pesquisa

Considerando o fluxo de veículos nos dias atuais e a projeção futura para 10 anos, qual seria a geometria mais adequada, priorizando a segurança, para um cruzamento localizado no km 115+290 da rodovia ERS-129, situado entre as cidades de Dois Lajeados-RS e Guaporé-RS?

1.2 Objetivos

Nos itens a seguir são apresentados os objetivos geral e específicos.

1.2.1 Objetivo geral

Propor um projeto geométrico de uma interseção, no entroncamento localizado no km 115+290 na rodovia ERS-129, entre as cidades de Dois Lajeados-RS e Guaporé-RS.

1.2.2 Objetivos específicos

São objetivos específicos deste trabalho:

- a) Coletar dados referente às localidades que detém acesso através do cruzamento;
- b) Determinar a topografia do local de estudo;
- c) Determinar o fluxo de tráfego que circula no local;
- d) Propor uma remodelação do projeto geométrico de interseção;
- e) Identificar pontos de conflito para identificar se a proposta de alteração geométrica promove melhorias no local.

1.3 Justificativa da pesquisa

Na matriz de transportes brasileira, o modo rodoviário é responsável por cerca de 65% do total de mercadorias transportadas, quando, em relação ao PIB, o modelo de locomoção equivale a 6,8% dos custos logísticos. A concentração na utilização do determinado modal, acrescido ao elevado custo de manutenção do mesmo, somado à precária infraestrutura, eleva os custos de operação (BRASIL, 2019). Diante do exposto, isso faz com que o modal rodoviário seja o mais utilizado para movimentação de mercadorias, o que ocasiona no elevado número de caminhões trafegando nas rodovias brasileiras necessitando de estradas, interseções e sinalização plenamente adequadas para sua segura mobilização.

No Brasil, o aumento gradativo na ocorrência de acidentes vem trazendo à sociedade custos cada vez mais elevados. Segundo a CNT (2021), no ano de 2020 foram contabilizados mais de 5.200 vidas perdidas nas rodovias federais brasileiras, dados estes que foram disponibilizados para estudo via Polícia Rodoviária Federal, PRF. O custo estimado de todos os incidentes foi de cerca de R\$ 10,22 bilhões, sendo que a média diária de óbitos foi de 14 pessoas.

A geometria de uma rodovia pode tanto prevenir quanto estimular a ocorrência de acidentes (GARCÍA, 2008). Interseções rodoviárias são definidas como locais onde ocorrem cruzamentos ou entroncamentos de duas ou mais vias. As soluções adotadas nas interseções são fundamentais para o projeto viário, pois afetam diretamente a capacidade de tráfego, a segurança e a velocidade de operação. As interseções são projetadas a fim de evitar ou reduzir pontos de conflitos, a maioria das soluções de um projeto de interseção ocorre em estradas sem grande volume de tráfego onde alguns pontos de conflito podem ser aceitos desde que adequadamente localizados, estando alocados em lugares que não comprometem o livre escoamento do tráfego e, principalmente, a segurança dos veículos (PIMENTA; OLIVEIRA, 2004).

Segundo o DNIT (2005), as interseções são projetadas para atender uma demanda de veículos de até 10 anos posteriormente no futuro. Com o aumento exagerado do volume de tráfego ao longo dos últimos anos, a partir do final do século XX, muitas rodovias e interseções já atingiram sua capacidade máxima de tráfego e não suportam mais a demanda, sendo assim necessário um novo estudo para remodelação dessas estruturas com propósito de aumentar a segurança e a trafegabilidade do condutor na via e evitar acidentes e congestionamentos (MARCUSO; SOLEK, 2021).

Pretende-se analisar o entroncamento situado na ERS-129 km 115+290 localizado na entrada principal da Comunidade Linha Dona Cândida - Mattei no município de Dois Lajeados-RS, considerada a cidade de estudo. Esse ponto ainda dá acesso para outras quatro comunidades: Linha Felipe de Noronha, Linha Auxiliadora e Comunidade Linha Emília, ambas situadas em zona rural no território de estudo, e, Linha Félix da Cunha, situada na cidade vizinha de Guaporé-RS.

A escolha desse ponto se dá pelo fato de que a rodovia é uma pista simples e não encontra-se uma interseção adequada no local; quando necessário conversão à esquerda, o veículo de tráfego tem que se alocar no acostamento da via e esperar para poder realizar a conversão de forma segura. As comunidades citadas contam

com empresas, vinícolas, pontos turísticos como o Viaduto Mula Preta, diversos agricultores produtores de uva e soja e criadores de gado e frango, o que ocasiona no elevado tráfego de caminhões que acessam as regiões.

Uma interseção adequada se faz necessária principalmente ao fator de segurança primordial, a rodovia conta com faixa de domínio de 40 metros de cada lado a contar do eixo, sendo que pretende-se elaborar o projeto geométrico. Uma das dificuldades encontradas é a questão topográfica por causa dos acessos das comunidades não se encontrarem planamente alinhados com a ERS, portanto, procedimentos de corte e aterro se farão necessários.

1.4 Delimitações e limitações da pesquisa

O escopo dessa proposta de alteração da geometria de interseção rodoviária localizada na ERS-129, município de Dois Lajeados-RS, apenas contempla o projeto geométrico.

O presente trabalho não leva em consideração projetos auxiliares, como terraplenagem, drenagem, sinalização, pavimentação e projetos estruturais de muros de contenção.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta seção será indicada a revisão bibliográfica necessária para o desenvolvimento do trabalho de conclusão.

2.1 Classificação das rodovias

Segundo DNER (1999, p. 11), a “classificação das rodovias está diretamente relacionada com o nível de qualidade dos serviços que a rodovia se propõe prestar”, sendo de natureza técnica ou funcional. Assim sendo, por meio da classificação da rodovia é possível prever quais os serviços são prestados por ela. Neste estudo, a classificação da rodovia é um fator importante para o apontamento do tipo de interseção a ser adotada.

2.1.1 Classificação funcional das rodovias

O sistema, quanto à classificação funcional, se dá pelo agrupamento em subsistemas, dependendo do tipo de serviço que é oferecido e a função que exercem. Nesse aspecto é preciso considerar as rodovias quanto a sua acessibilidade e mobilidade, uma vez que estas características influenciam diretamente no tráfego dos veículos (DNER, 1999).

De acordo com DNIT (2010, p. 43), a “mobilidade é o grau de facilidade para deslocar-se e acessibilidade é o grau de facilidade que oferece uma via para conectar a origem de uma viagem com seu destino”. O DNER (1999) determina a seguinte hierarquia de movimentos (FIGURA 1):

a) acesso: o estágio final ou inicial de uma viagem se dá pelo uso de uma via local, apresentando tráfego reduzido;

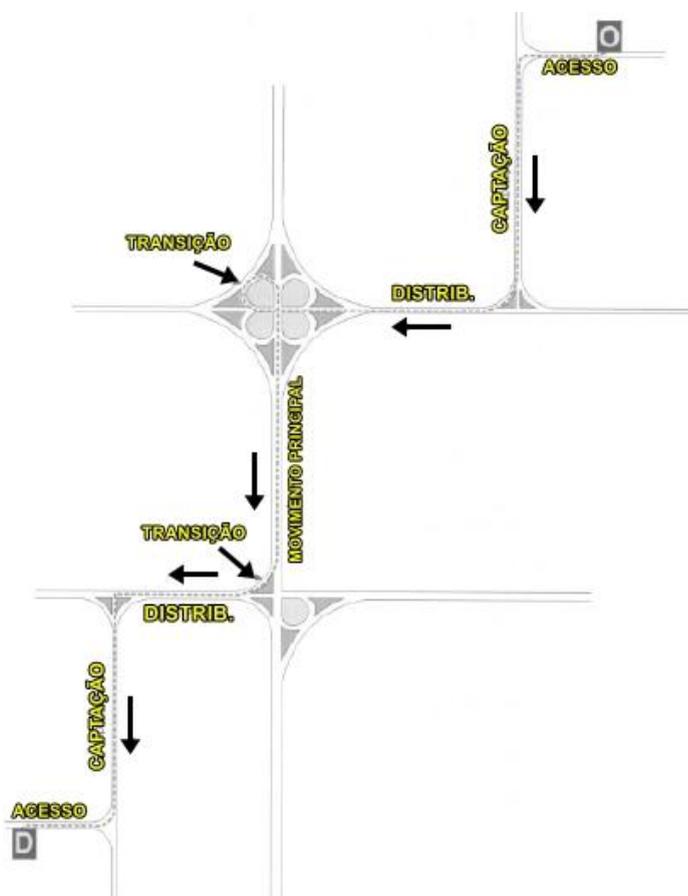
b) captação: por meio da via coletora ocorre a captação dos veículos das vias locais, apresentando maior tráfego;

c) distribuição: via a qual apresenta como função principal a mobilidade, caracterizada como Via Arterial Secundária;

d) transição: esta etapa é compreendida através de uma rampa de acesso ou ramal de interseção;

e) movimento principal: denominada como via de alto padrão, expressa ou então Via Arterial Principal, apresentando alto nível de performance.

Figura 1 - Hierarquia dos movimentos



Fonte: DNER (1999).

Um dos fatores mais importantes quando se está observando uma via, independente do tipo dela, é a topografia, pois para a elaboração de um projeto geométrico de cunho rodoviário, seja ele urbano ou rural, é necessário estar-se subjugado ao terreno do local para evitar custos operacionais excessivos com a implantação do corpo estradal e degradação desnecessária do meio ambiente.

2.2 Influência da topografia nas rodovias

As rodovias são estruturas fixas complexas cujo principal objetivo tende a ser uma via de transporte terrestre para cargas e pessoas. A implantação e manutenção de uma estrutura desse porte tende a causar impactos negativos ao ambiente caso a mesma não possua um adequado planejamento, impactando em grande escala sobre elementos naturais do território oriundas de alterações no relevo para possibilitar a eficácia desse tipo de construção (VILHENA; SILVA, 2017). Referente ao processo de abertura das rodovias, essas alterações são realizadas a fim de proporcionar ao usuário otimizar o trajeto e fator de agregação de valor necessário ao processo produtivo, de fundamental importância no processo de fluxibilidade socioeconômica do país (VILHENA; SILVA, 2017).

Conforme Polon (2018), o relevo constitui-se de irregularidades existentes na superfície do planeta, e são sobre o espaço irregular que as obras de engenharia são construídas para satisfazer a infraestrutura rodoviária, causando menor ou maior nível de impacto sobre o relevo e outros elementos que interagem com a topografia. O fluxo de veículos de uma rodovia é impactado significativamente pela topografia pois é ela que indiretamente gere a velocidade de transporte e circulação da mesma.

Segundo DNIT (2005), para um projeto de interseção, o terreno é considerado um fator relevante de alto impacto, a topografia da área de estudo é considerada um fator físico e altamente essencial para a elaboração do projeto. Os dados são obtidos através de aerofotogrametria, levantamentos topográficos com uso de equipamentos eletrônicos modernos (ou clássicos) e por meio de sistemas de processamento de dados. Dependendo das condições topográficas do local, uma

interseção em nível torna-se antieconômica, sendo necessário realizar viadutos que caracterizam-se como interseções em desnível, também de alto valor financeiro.

A topografia tem influência direta na predominância do projeto, e ele deve se ater o mais estritamente possível à ela, o terreno não favorece qualquer configuração, quanto aos controles de traçado e greide de uma estrada, são de extrema importância para impor subordinações, através deles é possível perceber uma configuração contrária à que se adaptaria ao relevo local (DNIT, 2006).

Conforme o DNIT (2006), adota-se uma regra geral que um projeto que melhor se adeque ao relevo local existente será o mais estético e econômico para a construção de uma interseção e mantimento do cruzamento, o que torna esse o fator principal de preocupação do projeto.

2.3 Fluxo de veículos

O fluxo de veículos ou fluxo de tráfego, como também é chamado, é a taxa de passagem de veículos em uma determinada seção por um intervalo de tempo definido, quanto maior a intensidade do tráfego a velocidade tende a ser menor. A medida é relacionada à demanda por deslocamento, outras medidas relacionadas às funções da via são: circulação, acesso, ambiente urbano, movimentos de estacionamento, acesso/egresso, paradas em pontos de ônibus e travessia de pedestres (SILVA, 1994).

O fluxo de tráfego pode ser contínuo ou ininterrupto quando não existirem interrupções na corrente, ocasionadas por semáforos e sinais de pare. Os locais onde ocorre esse tipo de fluxo são as *freeways* e rodovias, fora de cruzamentos. Já o fluxo interrompido é onde ocorre a presença de sinais luminosos ou de pare, estes interrompem periodicamente o deslocamento dos veículos (SILVA, 1994).

Para poder determinar o volume de tráfego na área de estudo, é necessário realizar a contagem volumétrica do fluxo de veículos que transitam pelo local, seus parâmetros de sentido e composição. A contagem é realizada verificando o

escoamento da frota de automóveis que se cruzam e também dos seus ramos de ligação (DNIT, 2006).

Segundo o DNIT (2006), existem duas localizações para realizar as contagens: nos trechos entre interseções e nas interseções. A primeira citada tem como objetivo identificar os fluxos de uma rodovia, já a segunda, em levantar dados dos fluxos da via que se interceptam e dos seus ramos de ligação. As contagens volumétricas para análise em áreas rurais são classificadas das seguintes maneiras:

a) Contagens globais: é registrado o número de veículos que transitam por um determinado trecho da via, independente do sentido, classificado conforme a classe de veículos. São realizados cálculos de volumes diários, projeção de mapas de fluxo e tendências de tráfego.

b) Contagens direcionais: são registrados o número de veículos que se dirigem por um sentido de fluxo. São contabilizados através de cálculos, os parâmetros de capacidade, análise de acidentes, determinação de intervalos de sinais, previsão de acresção de faixas adicionais em rampas ascendentes, etc.

c) Contagens classificatórias: são catalogados os volumes para os variados tipos ou classes de veículos. São empregados cálculos para dimensionamento estrutural e projeto geométrico de interseções, além de cálculos de capacidade, benefícios aos usuários (motoristas e pedestres) e determinação de fatores de correção quando usa-se contagens mecânicas.

Segundo o DNIT (2006), as contagens de tráfego podem ser realizadas de formas manuais ou automáticas (através de sensores), por meio de contagem unidirecional ou bidirecional e pelo método de faixas, sendo uma ou todas as faixas da rodovia. Os fluxos comumente analisados são:

a) anual: utilizado para índice de acidentes, estimativa de receitas de pedágio e estudo de tendências de tráfego;

b) volume diário médio (VDM): utilizado para avaliar a distribuição de tráfego, demanda e programar possíveis melhorias;

c) horário: estudos para fins de análise de capacidade para projetos geométricos e controle de tráfego.

2.4 Interseções

Com o desenvolvimento econômico das nações ao longo dos anos, houve um maior consumo por parte da população, assim, há um aumento significativo no uso de veículos com motores, onde faz-se necessário replanejar as rodovias já implementadas no nosso dia-a-dia para encontrar soluções que atendam a demanda de veículos atual, e futura, utilizando para isso, conceitos de mobilidade. Porém, assim sendo, acabam aparecendo demasiados conflitos entre vias que se cruzam ou então que se unem, tornando fundamental, para mobilidade e segurança, o desenvolvimento de estudos para melhorar a forma com que os usuários utilizam esses locais através de interseções plenamente elaboradas (MILLACK, 2014).

Para o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT (2005, p. 39), uma interseção é definida como “a área em que duas ou mais vias se unem ou se cruzam, abrangendo todo o espaço destinado a facilitar os movimentos dos veículos que por ela circulam”. O órgão federal ainda determina as seguintes definições:

a) interseção: cruzamento, confluência ou entroncamento de duas estradas ou mais;

b) acesso: quando há um entroncamento de uma rodovia com uma via de ligação, essa podendo ser de uso público ou particular;

c) retorno: oferece à veículos de uma determinada corrente de tráfego a possibilidade de realizar o deslocamento para a corrente de sentido contrário.

As interseções podem ser consideradas como interseções em nível e interseções em níveis diferentes, de acordo com os planos em que realizam os movimentos.

Segundo o DNIT (2005), uma interseção em nível acontece quando os cruzamentos resultantes do trânsito se dão no mesmo nível, sem que seja necessário implantação de obras de arte especiais para o deslocamento dos veículos. Para que isso ocorra, são adotadas soluções que tornam a troca de vias entre veículos seguro e eficaz.

As interseções em nível podem ser divididas quanto ao número de ramos, as soluções adotadas e também em função do sistema de controle de sinalização adotado. No que tange a relação ao número de ramos, a interseção pode apresentar de três a cinco ou mais ramos. O recurso financeiro adotado pode ser mínimo, onde não têm-se controle especial, assim sendo, a via deve apresentar um volume horário total inferior a 300 Unidades Carros de Passeio (UCP) na via principal e de 50 UCP na via secundária, ou, deve-se achar outras soluções de ordem complexa que mudam conforme o nível de exatidão do projeto (DNIT, 2005).

Os cruzamentos podem apresentar controle por meio do uso de sinalização vertical ou horizontal ou, no caso de zonas urbanas, também por sinalização vertical e horizontal, acrescidas de semáforos, faixas elevadas e outros meios de identificação visual, auxiliando o motorista a trafegar pelo local indicado (DNIT, 2005).

As interseções em níveis diferentes são assim classificadas pois os ramos se cruzam em cotas diferentes, por isso se torna mais seguras em relação às interseções em nível, visto que não há cruzamentos diretos. Ainda, este tipo de interseção deixa que a construção seja feita em estágios, não atrapalhando o fluxo de veículos, por paralisação. Porém, em virtude do seu alto custo inicial, a implantação tem que ser avaliada de forma muito bem criteriosa. (MILLACK, 2014).

Essa modalidade de interseção é classificada, pelo DNIT (2005), em dois tipos: cruzamento em níveis diferentes sem ramos e interconexão.

Os cruzamentos em níveis diferentes sem ramos não apresentam intercalações no fluxo de veículos entre as rodovias que se interceptam, sendo assim, não apresentam ramos de conexão. Neste modelo são usados níveis de greides diferentes fazendo com que as vias se transpassem em diferentes níveis. Ao contrário desses cruzamentos sem ramos, a interconexão apresenta ramos que conectam os veículos de uma via para outra. Esta solução é adotada em localidades onde o fluxo é intenso e não tem como interferir no mesmo nível da via (DNIT, 2005).

Interseções em desnível não serão aprofundadas no presente estudo, visto que não serão opção para determinação do que se pretende implantar no local de análise.

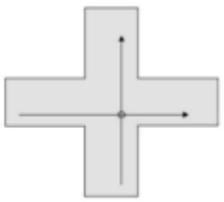
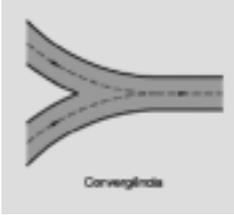
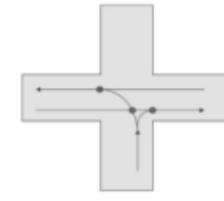
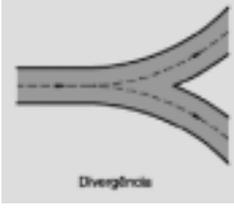
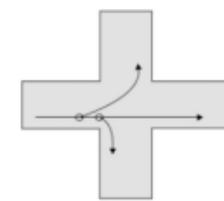
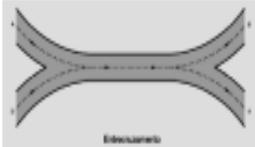
2.4.1 Tipo de movimentos e conflitos em interseções

Os movimentos realizados em interseções guiam as correntes de tráfego a uma determinada ação, que pode ser um cruzamento, afastamento ou união dessas correntes. Pimenta e Oliveira (2004) citam que essas locomoções acabam gerando pontos de conflito devido às interferências causadas por estas correntes e seus componentes, que variam de acordo com a sua composição, volume, velocidade, tipo e formas das interferências.

A análise desses movimentos e seus pontos de conflitos permite que sejam estudadas maneiras de resolver as interferências para garantir segurança e eficiência nas correntes de tráfego, além de assegurar as condições de operação da via (PIMENTA; OLIVEIRA, 2004).

Os movimentos que ocorrem em uma interseção são divididos conforme a natureza de cada corrente de tráfego, conforme o Quadro 1.

Quadro 1 - Tipos de movimentos em uma corrente de tráfego, com pontos de conflito em cada interseção

Tipo de movimento	Definição	Representação da corrente de tráfego	Representação dos pontos de conflito
Cruzamento	Ocorre quando uma corrente de tráfego corta a trajetória da outra corrente. Ponto de conflito gerado por duas correntes de tráfego que se cruzam. Apresenta nesse tipo de movimento, 1 conflito		
Convergente	Ocorre quando duas trajetórias ou mais de veículos se juntam, formando uma única corrente. Apresenta 3 possíveis conflitos		
Divergente	Ocorre quando os veículos de uma mesma corrente se separam em trajetórias independentes. Apresenta a possibilidade de 2 conflitos		
Entrecruzamento - Entrelaçamento	Ocorre quando a trajetória de duas correntes ou mais se mesclam e posteriormente se separam. É o trecho em que é precedido por um ponto de convergência e seguido por uma divergência.		

Fonte: DNIT (2005); Pimenta e Oliveira (2004).

Dependendo do tipo de movimento ocasionado na via, o mesmo acaba tendo um valor financeiro elevado no momento da execução do empreendimento, levando em consideração fatores de topografia. É necessário fazer um estudo prévio para implantação levando em conta os fatores citados, acrescidos de viabilidade,

segurança e maior porcentagem de melhoria no fluxo de veículos que passam pelo determinado local (PIMENTA; OLIVEIRA, 2004).

Os pontos de conflitos são criados pelos movimentos que acontecem em uma interseção, assim sendo elas precisam ser planejadas de forma em que seja reduzido o máximo possível esses pontos. Em algumas ocasiões, essas modificações têm impactos de custos na implantação de uma interseção mais elevada. As variedades de conflitos podem ser observadas no Quadro 1 (PIMENTA; OLIVEIRA, 2004).

Segundo IPT (1991, p. 6) “um conflito de tráfego é um evento envolvendo 2 ou mais usuários da via, em que a ação de um dos usuários leva o outro a fazer uma manobra evasiva para evitar uma colisão”, sendo que esses conflitos podem causar acidentes de trânsito. Também conforme o autor, um conflito de tráfego apresenta as determinadas etapas:

- a) o primeiro usuário toma uma ação determinada;
- b) o segundo usuário fica em risco de acidente;
- c) o segundo reage freando ou desviando;
- d) o segundo usuário segue o seu curso na via.

Em interseções, os pontos de conflitos entre os usuários tendem a ser mais rotineiros e importantes no contexto operacional da mesma, sendo categorizados conforme o tipo de manobra, sendo elas de mesma direção, com conversão à esquerda com o fluxo oposto e travessias (IPT, 1991).

2.4.2 Classificação técnica

Com o conhecimento da via que está sendo estudada e correlacionando com o item anterior apresentado, é possível determinar as características técnicas de volume e composição do tráfego, velocidade, frequência e natureza dos acessos às propriedades e a situação hierárquica dentro da rede viária (DNER, 1999).

Com esses dados técnicos, o nível de serviço da estrada pode ser verificado de acordo com alguns padrões, que são usados principalmente para definir o nível de um determinado trecho da rodovia, são eles, a posição hierárquica dentro da classificação funcional, o volume de tráfego médio diário, os níveis de serviço e outros aspectos técnicos (DNIT, 2006).

O nível de serviço diz respeito à topografia do terreno, essa que é necessária para determinar o volume de tráfego por hora. Neste contexto, está relacionado com as condições do terreno e a possibilidade de ultrapassagem tendo em consideração a composição do tráfego. Referente às demais condicionantes, elas estão diretamente relacionadas a fatores econômicos, que são afetados basicamente pela área onde a rodovia está inserida, e podem ser classificadas como planas, onduladas ou montanhosas (DNER, 1999).

2.5 Classe de projeto

O método de divisão de estradas em categorias específicas é o resultado de um processo de desenvolvimento de longo prazo de implementação da rede de estradas, durante o qual uma grande quantidade de experiência técnica foi obtida. Levando em consideração fatores topográficos, as estradas precisam atender à demanda cada vez maior de tráfego, atentando-se para fatores como economia e segurança do usuário (DNER, 1999).

As rodovias, conforme definição do DNER (1999), são classificadas da seguinte maneira, divididas em classes que vão de 0 até IV, da rodovia considerada expressa até a rodovia local geralmente não pavimentada:

- a) Classe 0: também conhecida como Via Expressa. A classe apresenta elevado padrão técnico, possui pista dupla além de um controle abrangente de todas as vias de acesso, usualmente esses acessos se dão por via de interseções em diferentes níveis;

- b) Classe I: possui uma subdivisão, sendo que a Classe I-A engloba rodovias de pista duplas e a Classe I-B abrange rodovias de pista simples. A primeira citada apresenta controle de forma parcial dos acessos, porém possui uma demanda de tráfego elevada. Já na classe seguinte, além de possuir um padrão elevado, suporta um limite diário de 1.400 veículos;
- c) Classe II: conhecida como Via Expressa Secundária, engloba rodovias de pista simples cujo VDM é de 700 a 1.400 veículos, possui controle total dos acessos semelhante a Classe I, porém podem possuir cruzamentos em nível com Via Arterial;
- d) Classe III: Via Arterial Primária, atende a um elevado grau de mobilidade que oferece altas velocidades de operação e níveis de serviço. Pode ou não ter possuir canteiro central de isolamento e cruzamentos em nível, tem controle de acesso aos acostamentos para minimizar o impacto do atrito lateral, sendo vedado o estacionamento. É uma rodovia de pista simples com valor de volume médio diário de 300 a 700 veículos;
- e) Classe IV: pode ser subdividida em Classe IV-A, cujo tráfego médio diário varia de 50 a 200 veículos no ano de abertura ou classificada como Classe IV-B, onde o tráfego médio diário é inferior a 50 veículos. Geralmente esta classe de rodovias não possui pavimentação e faz parte do sistema local da determinada região.

2.6 Condicionantes de cálculo

A seguir são indicadas as condicionantes de cálculo necessárias para o desenvolvimento do projeto de alteração geométrica para implantação de interseção no local de estudo avaliado.

2.6.1 Volume de tráfego

O sistema de contagem do volume de tráfego nas interseções é denominado classificatório quando são registrados dados para os diversos tipos ou classes de

veículos. Os dados contabilizados são utilizados para dimensionamento estrutural, geométrico e também para calcular-se quanto de capacidade a interseção poderá adotar (DNIT, 2006).

2.6.2 Volume horário de projeto

Segundo o DNIT (2010), o Volume Horário de Projeto (VHP) é definido como sendo “o volume de veículos por hora, que deve ser atendido em condições adequadas de segurança e conforto pelo projeto da via em questão”. Mediante essa colocação, a rodovia deve ser projetada para uma demanda horária previsível durante o ano de projeto, definido como o décimo ano após a conclusão das obras.

Para satisfazer as exigências citadas acima, deve-se adotar medidas que atendam a demanda máxima para o nível de serviço estipulado. Porém, quando ocorre o dimensionamento da rodovia são previstas determinadas horas ao longo do ano em que esse serviço não atenda as exigências necessárias, ficando inferior ao desejado, isso acontece devido uma prevenção de superdimensionamento da rodovia durante as demais horas do ano (DNIT, 2010).

Usualmente, em locais que a contagem de horas é contínua, ou seja, abrangendo os 365 dias do ano, o volume horário é possível ser determinado adotando um critério chamado de curva da enésima hora, é através dele que se determinado um fator “K” que será usado no projeto, obtido pelo trecho em que há uma mudança rápida de declive na curva (DNIT, 2005).

Adota-se, segundo DNIT (2005), o valor da 50ª hora nesses locais em que possuem contagens mecanizadas permanentes. Desta forma, o valor de K é igual a 8,5% do VMD nas rodovias rurais que não dispõem de informações precisas sobre o comportamento do tráfego. Essas contagens, entretanto, ocasionadas pela variação decorrente de fluxos incomuns ou sazonais, podem apresentar mudanças que excedem os valores da 50ª hora.

Essa contagem de tráfego exemplificada acima é realizada nos períodos de pico em um número determinado de dias, é realizado um ajuste nas contagens baseando-se nas variações identificadas, assim sendo possível estimar o volume de tráfego anual em cada um dos ramos da interseção, fazendo a aplicação do valor de “K” na principal rodovia (DNIT, 2005).

2.6.3 Volume médio diário

Caracterizado pelo DNIT (2006) como Volume Médio Diário (VMD), consiste na média dos volumes de veículos que circulam durante 24 horas em um trecho da via, geralmente estipulado para o período de 365 dias, contabilizando um ano. É através desse dado que é possível verificar-se o nível de serviço que a rodovia se enquadra, além disso, o dado indica se faz-se necessária a construção de novas estradas ou então, melhoria nas existentes. Com ele é possível também calcular a taxa de acidentes e prever possíveis postos de pedágio para coleta de receitas.

O VMD é considerado a referência mais importante para cálculos de estudo nas rodovias, a sua unidade de expressão é veículos/dia (vpd), tendo subdivisões de acordo com o fator tempo em que é analisado, podendo ser anual (VMDa), mensal (VMDm), semanal (VMDs) e diário (VMDd), (DNIT, 2006).

2.6.4 Capacidade

A capacidade de uma via expressa se refere ao número máximo de veículos por hora que podem passar por um determinado trecho ou trecho homogêneo em um certo período de tempo, de acordo com algumas vias expressas existentes e condições de tráfego (DNIT, 2010). Isso significa que a análise de capacidade do trecho em estudo deve apresentar tráfego, controle e condições geométricas uniformes ao longo de sua extensão.

A fim de determinar a capacidade de uma rodovia, o método mais recente do *Highway Capacity Manual* (HCM) deve ser utilizado, que se baseia em normas e

critérios nos padrões norte-americanos, ocasionando resultados próximos à realidade, possibilitando uma aplicação direta.

A importância da capacidade da via expressa em seu dimensionamento está principalmente relacionada à largura da pista, ao número de faixas e ao comprimento mínimo da extensão da interseção. Além disso, por meio da capacidade, podem ser identificados trechos de estradas congestionadas para um melhor planejamento operacional, como as condições de controle de tráfego ou mudanças na geometria da rodovia nos pontos mais afetados (MILLACK, 2014). Segundo Millack (2014), quando a via expressa ultrapassa a capacidade, afeta diretamente o deslocamento, causando dificuldade na mudança de faixa, resultando em diminuição da velocidade dos veículos e requerendo uma maior concentração dos usuários que a trafegam

2.6.5 Nível de serviço

O HCM (TRB, 2010) utiliza o conceito nível de serviço, como uma medida da qualidade das condições operacionais da rodovia, procurando refletir a percepção dos usuários que trafegam na via quais são as condições de trafegabilidade de uma rodovia ou interseção, abordando fatores relacionados a tempo do trajeto, velocidade adotada, restrições e interrupções no trânsito, possibilidade de manobra, conforto do usuário, segurança geral e economia.

Esse método, difere seis níveis de serviços que variam do nível A, considerado menos congestionado, até F, mais congestionado. Em uma interseção ele é definido baseado no tempo médio de espera (TME) que os usuários demoram para realizar as manobras, sua unidade é expressa em segundos. No Quadro 2, é apresentado o nível de serviço da interseção, segundo o DNIT (1999).

Quadro 2 - Nível de serviço da interseção

Nível de Serviço	Definição	Representação
A	A maioria dos veículos conseguem trafegar livremente pela interseção, sem que ocorra atraso	
B	Na corrente secundária os veículos são afetados pelo fluxo principal, entretanto, o tempo de espera ainda é considerado curto	
C	Atenta-se para que os motoristas da via secundária ainda estejam cuidadosos para o fluxo expressivo da via principal, quanto ao tempo de espera, se torna perceptível pois começa a apresentar retenção de veículos sem grande duração ou extensão	
D	Os motoristas na via secundária são obrigados a efetuar paradas, o que torna o tempo de espera elevado, ocasionando perda de tempo. Retenções se tornam maiores tornando o tráfego estável.	
E	As retenções se tornam maiores levando em consideração a extensão, interferindo diretamente no tráfego da via. O tempo de espera se torna elevado, o que atinge a capacidade da via	
F	A capacidade total é excedida, ocasionando na formação de longas filas de veículos tornando o tempo de espera dos usuários elevado, sobrecarregando a interseção	

Fonte: DNIT (1999).

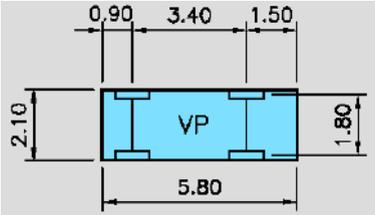
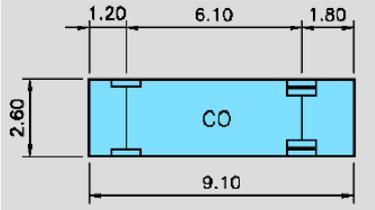
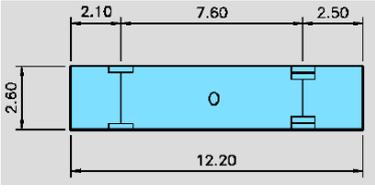
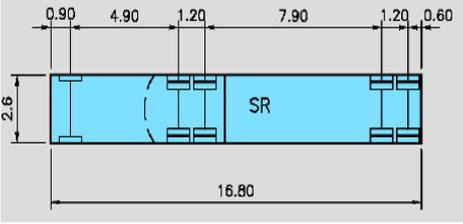
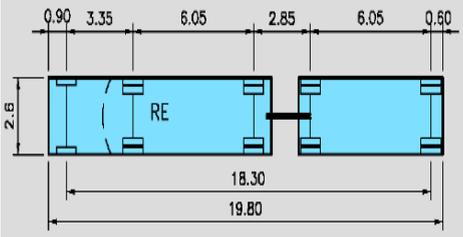
Uma interseção pode apresentar no máximo um nível de serviço D, já as suas vias secundárias são permitidos até no máximo nível de serviço E. Com o intervalo de tempo de espera em cada acesso, é possível determinar o nível de serviço necessário, o ramo que apresentar o menor tempo de serviço acaba sendo determinante para qual será o nível de serviço da interseção em estudo (DNIT, 1999).

2.6.6 Veículo de projeto

O veículo de projeto é considerado um vetor cujas propriedades operacionais e físicas reproduzem atributos da maioria dos veículos existentes na categoria. A predominância de um determinada categoria de automóveis define o veículo de projeto a ser adotado para condicioná-lo às características que a via impõe sobre o condutor (DNIT, 2005).

O DNIT (2005) em seu Manual de Projeto de Interseções apresenta cinco tipos de veículos de projeto que são recomendados pela Associação Americana de Rodovias do Estado e Funcionários de Transporte (AASHTO), levando em consideração as características predominantes no tráfego, esses devem ser adotados. No Quadro 3, são apresentados os tipos básicos de veículos de projeto.

Quadro 3 - Tipos básicos de veículos de projeto

Tipo	Definição	Representação
VP	São considerados veículos leves, onde física e operacionalmente se assimilam aos automóveis em geral, minivans, vans, utilitários e <i>pick-ups</i>	
CO	Representa veículos comerciais rígidos, não articulados, considerando também veículos convencionais como caminhões e ônibus, normalmente de dois eixos e quatro a seis rodas	
O	Considera veículos comerciais rígidos com maiores dimensões, incluindo ônibus longos (urbanos, de percurso e de turismo), além de caminhões com três eixos de dimensões maiores que o CO básico	
SR	Caracteriza veículos comerciais articulados, identificados com uma unidade tratora simples e um semi-reboque, suas dimensões se aproximam do limite máximo admissível para essa categoria	
RE	São os veículos comerciais com reboque, essa categoria considera caminhões tratores trucados, com um semi-reboque e um reboque (conhecido como bitrem), suas dimensões beiram o limite máximo permitido pela legislação	

Fonte: DNIT (2005).

Veículos com dimensões menores possuirão maior facilidade ao realizar curvas quando comparado a veículos de grande porte, o que ocasionalmente pode impedir que os mesmos realizem manobras. Na escolha do veículo de projeto, o dimensionamento será feito levando em consideração as características da determinada classificação para assim adotar-se o veículo (DNIT, 2005).

Na Tabela 1 são apresentadas as dimensões básicas dos veículos de projeto, nela é possível verificar os raios de manobra de acordo com as dimensões do veículo adotado.

Tabela 1 – Dimensões básicas dos veículos de projeto

Designação do Veículo					
Características	Veículos leves (VP)	Caminhões e ônibus convencionais (CO)	Caminhões e ônibus longos (O)	Semi-reboques (SR)	Reboques (R)
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

Fonte: DNIT (2010).

Usualmente, o veículo de projeto adotado, por legislação, deve possuir comprimento inferior a 14 metros. Como a maioria dos veículos que circulam pelo Brasil estão nessa faixa de dimensão, não haverá necessidade de constar maiores dimensões no projeto. Acrescente a isso uma tendência que com o passar dos anos sejam fabricados veículos de menores dimensões e que sejam mais ágeis (DNIT, 2010).

2.6.7 Largura dos ramos

Segundo o DNIT (2005), a largura dos ramos compreende a largura da pista de rolamento, tendo a adição dos acostamentos e possíveis faixas de segurança, os ramos da via devem, obrigatoriamente, permitir a passagem de um veículo que está parado, exceto em casos de ramos com extensões pequenas.

Os ramos de uma interseção podem ou não possuir acostamentos, nesse caso os obstáculos devem ficar afastados das pistas de rolamento. Ramos em que antecedem paradas obrigatórias, mesmo possuindo largura suficiente, não devem possuir acostamentos devido a grande probabilidade destes serem usados para estacionamento ou faixa de espera para possíveis conversões, o que cria problemas de operação e principalmente afeta a segurança da interseção (DNIT, 2005).

Conforme o Manual de Projeto de Interseções (DNIT, 2005), para definir a largura de um ramo deve ser considerado o tipo da operação a ser realizada, a curvatura, o volume e a natureza do tráfego que irá realizar a conversão. A classificação das conversões é exemplificada a seguir em diferentes casos:

- a) Caso I: A operação a ser realizada é em uma única faixa e sentido, não são previstas ultrapassagens, esse caso é adotado para movimentos de conversões de 2ª instância e para baixos volumes de trânsito, onde a pista para realizar a conversão é considerada curta;
- b) Caso II: Também é uma operação em uma única faixa e sentido, se difere do caso I pois este possibilita a ultrapassagem de veículos parados, esse caso é aplicável para todos movimentos de conversão, onde a taxa de trafegabilidade é moderada a pesado e não ultrapasse a capacidade de operação de uma ligação de faixa única;
- c) Caso III: Considera operação realizada em faixa dupla, sendo mão única ou dupla, aplica-se essa classe onde a operação a ser realizada é feita tanto em um ou nos dois sentidos, onde o tráfego de veículos é considerado muito intenso.

As condições de tráfego podem ser classificadas, conforme o DNIT (2005), da seguinte forma:

- a) Condição de Tráfego A: Predominam veículos VP, mas é considerado também alguns veículos do tipo CO;

- b) Condição de Tráfego B: Onde o número de veículos CO é suficiente para impor condições de projeto, considerando alguns veículos do tipo SR, o volume moderado de caminhões varia entre 5% e 12% do tráfego total da rodovia;
- c) Condição de Tráfego C: O número de veículos O é significativamente alto a ponto de impor condições de projeto para esse tipo de veículo, possui uma intensidade elevada de caminhões incluindo alguns semi-reboques.

O Quadro 4 apresenta as hipóteses de tráfego entre as combinações de tipo de operação com condições de tráfego.

Quadro 4 - Condições de tráfego para determinação da largura da pista

Caso	Condição A	Condição B	Condição C
Caso I	VP	CO	VSR
Caso II	VP-VP	VP-CO	CO-CO
Caso III	VP-CO	CO-CO	SR-SR

Fonte: DNIT (2005).

São analisadas as condições de tráfego que explicitam os tipos de veículos, cada condição de A a C relaciona predominâncias e porcentagens de determinadas classes de veículos, já os casos, fazem jus às classificações de conversões.

Teoricamente ocorrem grandes variações na largura dos ramos nas vias, ocasionando dificuldades no projeto e construção, um critério que simplifica esse tipo de caso é adotar uma largura constante em cada um dos ramos onde atendam a sua maior curvatura, em ramos de pequena extensão, essa largura pode ser compreendida em um valor de 4,20 m que é considerada suficiente (DNIT, 2005)

Na Tabela 2 são apresentadas as combinações do tipo de operação da rodovia e a condição de tráfego mediante valores do raio do bordo interno da pista.

Tabela 2 – Largura das Pistas de Conversão (metros)

Raio do bordo interno da pista (m)	Caso I - Uma faixa de trânsito sem previsão de passagem à frente			Caso II - Faixa de trânsito com previsão para passagem de um veículo parado			Caso III - Duas faixas de trânsito, com um ou dois sentidos		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
15	5,4	5,5	7,0	6,0	7,8	9,2	9,4	11,0	13,6
25	4,8	5,0	5,8	5,6	6,9	7,9	8,6	9,7	11,1
30	4,5	4,9	5,5	5,5	6,7	7,6	8,4	9,4	10,6
50	4,2	4,6	5,0	5,3	6,3	7,0	7,9	8,8	9,5
75	3,9	4,5	4,8	5,2	6,1	6,7	7,7	8,5	8,9
100	3,9	4,5	4,8	5,2	5,9	6,5	7,6	8,3	8,7
125	3,9	4,5	4,8	5,1	5,9	6,4	7,6	8,2	8,5
150	3,6	4,5	4,5	5,1	5,8	6,4	7,5	8,2	8,4
Tangente	3,6	4,2	4,2	5,0	5,5	6,1	7,2	7,9	7,9

Fonte: DNIT (2005).

Conforme DNIT (2005), nesta etapa de projeto, também são previstas a construção de acostamentos e possíveis faixas de segurança, a implementação desses elementos objetiva aos veículos pesados transições mais apropriadas. Conforme a Tabela 3, é possível determinar a largura dos acostamentos.

Tabela 3 – Largura do Acostamento ou Espaço Lateral Equivalente

Condição do ramo	Projeto	Largura do acostamento ou espaço livre equivalente (m)	
		à esquerda	à direita
Trechos curtos, geralmente dentro de interseção canalizada	Mínimo	0,60	0,60
	Desejável	1,20	1,20
Trechos médios a longos, em corte ou em aterro	Mínimo	1,20	1,80
	Desejável	3,00	3,60

Fonte: DNIT (2005).

2.6.8 Superelevação

Considera-se a inclinação transversal da via de uma estrada que está em curva, para assim fazer face à força centrífuga dos automóveis em movimentos, sempre expressa em percentagem, conforme DNIT (2010), ela varia entre 2% e 10%, em função da drenagem da superfície da curva e o raio de curvatura da rodovia. No caso explicitado, é aplicada uma inclinação em virtude do plano horizontal da curva a fim de garantir condições de conforto e segurança aos usuários durante as manobras realizadas.

A Tabela 4 relaciona as combinações resultantes de intervalos admissíveis referentes aos valores de superelevação em cada situação. Segundo a norma (DNIT, 2005), os valores adotados devem estar entre a metade ou terço superior do determinado intervalo.

Tabela 4 – Raios mínimos para curvas em interseções

Raio (m)	Velocidade de Projeto da Curva (km/h)					
	20	30	40	50	60	70
15	2-10					
25	2-7	2-10				
50	2-5	2-8	4-10			
70	2-4	2-6	3-8	6-10		
100	2-3	2-4	3-6	5-9	8-10	
150	2-3	2-3	3-5	4-7	6-9	9-10
200	2	2-3	2-4	3-5	5-7	7-9
300	2	2-3	2-3	3-4	4-5	5-6
500	2	2	2	2-3	3-4	4-5
700	2	2	2	2	2-3	3-4
1000	2	2	2	2	2	2-3

Fonte: DNIT (2005).

2.6.9 Faixas de mudança de velocidade

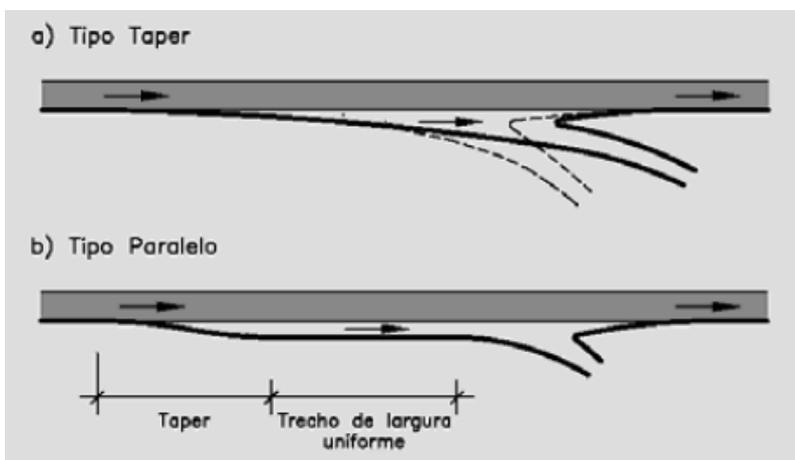
As faixas de mudança são uma faixa auxiliar projetada para fornecer aos motoristas, dos mais variados tipos de veículos, espaço suficiente para operações de aceleração ou desaceleração sem causar conflito ou interferência com o fluxo de tráfego direto. Essas faixas devem possuir largura e comprimento suficientes para permitir aos usuários mudanças de velocidade, e, são, especialmente importantes em faixas de alta velocidade e interseções com tráfego intenso (DNIT, 2005).

Conforme DNIT (2005), a inclusão ou não dessas faixas em uma interseção depende de diversos fatores como: volume de tráfego, porcentagem de veículos pesados, velocidade dos condutores dos veículos, capacidade de tráfego e tipo da rodovia.

Faixas de desaceleração são sempre vantajosas, especialmente em rodovias de alta velocidade. Os veículos que saem da via expressa tendem a reduzir a velocidade, caso não haja pista de desaceleração, uma colisão traseira pode ocorrer devido a falha de freio ou falta de atenção de alguns motoristas. No caso de estacionamento não forçado, ou em vias com tráfego intenso, quando o intervalo entre os veículos é curto e a frequência é baixa nos horários de pico, é vantajoso acelerar a faixa (DNIT, 2005).

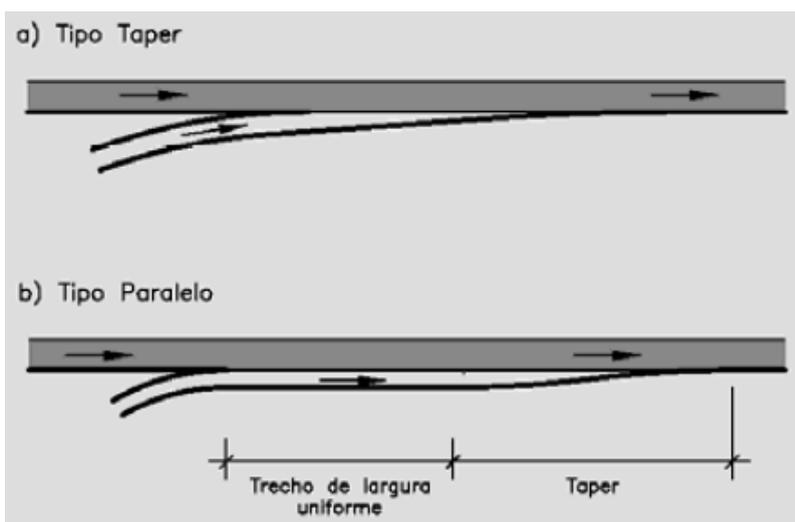
Existem dois tipos de faixas de mudança de velocidade: *taper* e paralelo. O primeiro sugere passagem direta do veículo entre faixas através de um ângulo muito pequeno, já o segundo indicado pressupõe a existência de uma faixa auxiliar de largura constante em determinado trecho. Ambas podem ser observadas a seguir nas Figuras 2 e 3, faixas de desaceleração e aceleração respectivamente (DNIT, 2005).

Figura 2 - Faixas de desaceleração



Fonte: DNIT (2005).

Figura 3 - Faixas de aceleração



Fonte: DNIT (2005).

Através da velocidade da interseção e velocidade dos ramos, é possível adotar os comprimentos recomendados, segundo o Manual de Projeto de Interseções (DNIT, 2005), as faixas de mudança de velocidade são para rampas com inclinação de até 2%, elas transferem, aos usuários da via, segurança ao realizar as manobras de aumento ou diminuição de velocidade sem que haja interferências na trafegabilidade. Nas Tabelas 5 e 6, é possível observar os comprimentos para as faixas de aceleração e desaceleração, respectivamente; o comprimento mínimo de ambas as faixas será sempre o do *taper*.

Tabela 5 – Comprimento das Faixas de Aceleração

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

Fonte: DNIT (2005).

Tabela 6 – Comprimento das Faixas de Desaceleração

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

Fonte: DNIT (2005).

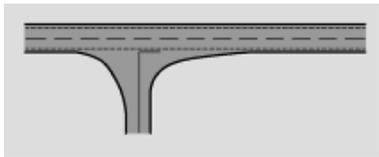
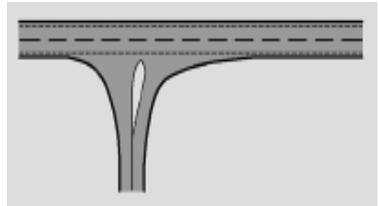
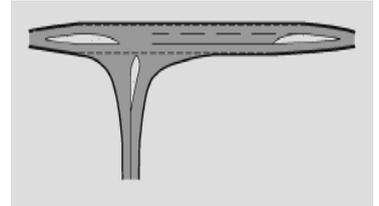
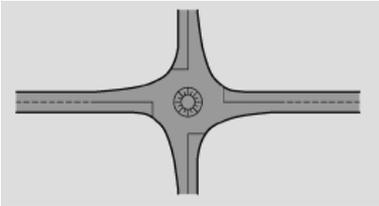
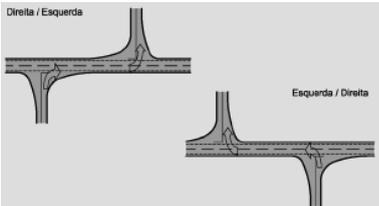
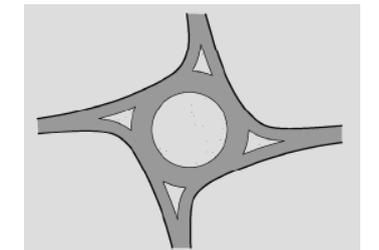
2.7 Critérios para determinação do tipo de interseção

De fato, não existem critérios para definir com precisão o tipo de interseção que deve ser adotado em uma rodovia, isso se deve ao fato de que a escolha constitui num problema complexo envolvendo volumes de tráfego, velocidades, variedade de veículos, aspectos relacionados ao terreno, questões orçamentárias e principalmente o grau de aleatoriedade na taxa de trafegabilidade. Entretanto, existem condições gerais que podem justificar a escolha de um determinado tipo levando em consideração fatores topográficos, de circulação, segurança e custos (DNIT, 2005).

O DNIT (2005) cita normas de origem sueca, as quais explicitam que as interseções exijam uma uniformidade no controle de conflitos de tráfego. As interseções devem apresentar ao usuário as menores dificuldades possíveis na hora de escolha do ramo na interseção, As Normas Suecas (*Vägutformning 94*), publicadas em 2002, explicitam através de fórmulas, gráficos e diversas recomendações qual tipo de solução deve ser adotada em cada caso, uniformizando o projeto como um todo.

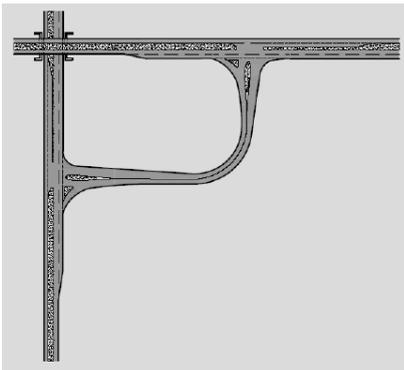
Existem sete tipos agrupados de interseções conforme seu determinado porte, sendo consideradas interseções menores (A, B, C e G), adiciona-se a esse a interseção do tipo “deslocada” que é um caso especial, elas são caracterizadas, por não incluírem medidas substanciais para a melhora na trafegabilidade entre as rodovias. E as interseções maiores (D, E e F), que são exemplificadas para melhoria da circulação do tráfego, entre rodovias principais e secundárias, as interseções maiores requerem aumento significativo na questão de segurança no trânsito. No Quadro 5 serão demonstrados os tipos de interseções (DNIT, 2005).

Quadro 5 - Tipos de Interseções

Tipo	Definição	Representação
Interseções Menores		
A (interseção mínima)	Esse tipo de interseção não possui ilhas canalizadoras de tráfego, geralmente há a presença de uma faixa de trânsito para cada movimento	
B (interseção tipo gota)	Nela inclui uma ilha que divisória tipo gota na via secundária, ela tem a função de canalizar o tráfego que chega ou sai do fluxo principal da rodovia, além de ajudar a controlar o fluxo de tráfego, condições de visibilidade e em certos casos facilitar a travessia de pedestres	
C (interseção canalizada)	Possui na rodovia principal uma faixa de trânsito para giro à esquerda, essas ilhas diminuem o risco de colisão traseira e possibilita uma circulação de tráfego na rodovia principal mais leve	
G (rótula urbana)	São interseções projetadas a fim de diminuir a velocidade dos veículos, nesse caso a preferência é dos veículos que circulam em volta da ilha central, para usuários que “chegam” é necessário ceder passagem	
Deslocada	Possuem formação a partir de uma interseção de quatro ramos em duas interseções de três ramos, esse tipo de interseção pode ser deslocada tanto para a direita quanto esquerda	
Interseções Maiores		
D (rótula)	Possui normalmente uma ou duas faixas de tráfego nos acessos, consiste por um maior giro da ilha central e presença de ilhas canalizadoras. As rótulas podem ser divididas em convencionais (quando a prioridade é do ramo de acesso) e modernas (quando prioriza quem faz a rotatória)	

(continua)

(conclusão)

Tipo	Definição	Representação
Interseções Maiores		
E (sinalizada)	Esse tipo de interseção é controlada através de semáforo (sinais luminosos)	
F (interconexão)	Interseção em que certas correntes de tráfego se cruzam em níveis variados, dessa forma eliminando de forma total ou parcial os cruzamentos em um mesmo nível	

Fonte: DNIT (2005).

2.8 Fatores determinantes de implantação

Segundo DNIT (2005), a escolha do tipo de interseção deve ser baseada a partir do fator socioeconômico levando em consideração aspectos técnicos de trânsito baseados em velocidade de referência, volume e composição de tráfego; e, custos de implantação, operação e manutenção.

A adoção de um tipo de interseção depende principalmente da relação entre a topografia local, os volumes de tráfego e sua composição, a capacidade da via, além da segurança (DNIT, 2005).

A seguir, serão indicados os dados básicos que devem ser considerados determinantes para implantação de uma interseção (DNIT, 2005):

- a) Dados funcionais: refere-se a classificação funcional das vias que fazem interceptação com a rodovia. Afere a dados de classificação de uma determinada rede, tipo de controle dos acessos, velocidades respectivas e prioridades de tráfego;

- b) Dados físicos: considera a topografia da área de estudo do projeto, essencial para a elaboração, deve conter dados que possam afetar ou limitar as possíveis soluções adotadas;
- c) Dados de tráfego: engloba o tráfego de veículos que é determinante através do volume e características de tráfego para adotar-se uma determinada interseção e dimensionamento de seus ramos;
- d) Tráfego de pedestres: quando na interseção há influência de pedestres pode ocasionar problemas na capacidade e segurança dos movimentos. Analisa-se possíveis construções de passarelas ou uma fase para circulação de pessoas no ciclo do semáforo;
- e) Dados de acidentes: é de grande importância que haja relatórios com as estatísticas completas de registros de acidentes e análises de suas causas, quando há ausência dessas informações, faz com que seja necessário a realização de uma pesquisa de condições operacionais da interseção;
- f) Dados econômicos: analisa o custo de implantação da interseção no local de estudo, englobando os fatores de desapropriação e construção, o custo varia muito conforme o tipo de solução que será adotada.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

No presente trabalho foram realizadas pesquisas *in loco*, a fim de determinar os parâmetros de cálculo para o projeto de interseção. É importante ressaltar que a principal interseção da cidade de Dois Lajeados-RS, situada a cerca de 7,20 km do local de estudo, dá acesso à ERS-431 que liga o município com a rota para a cidade de Bento Gonçalves-RS, onde veículos que trafegam sentido posto do pedágio - Dois Lajeados podem vir à migrar para a ERS-431 e não seguir na mesma rodovia estadual, portanto, a contagem de tráfego que poderia vir a ser fornecida pelo órgão governamental não foi utilizada, sendo assim uma medição foi realizada pelo próprio autor.

3.1 Informações acerca do local de estudo

O entroncamento de acesso situado na ERS-129 km 115+290, é um local que, segundo informações da Empresa Gaúcha de Rodovias (EGR), não foram encontrados dados a respeito do valor de VDM no respectivo segmento da rodovia. O trecho situa-se entre a ERS-431 (Dois Lajeados-RS) e a ERS-441 (Guaporé-RS), entre os quilômetros 108,47 até 127,78, com um total de 19,31 km. Como aproximação, o VDM mais próximo com valores é o do trecho entre Guaporé-RS e Serafina Corrêa-RS (VRS-851), com extensão de 19,95 km (ANEXO A), sendo que este trecho, em 2017 (última contagem realizada pelo órgão responsável), possuía valor de 5366 volume diário médio (DAER, 2017).

O trecho da ERS-129, na presente data do trabalho, era administrado pela EGR, uma empresa pública que administra as estradas com pedágio no estado do Rio Grande do Sul. A EGR é responsável por contratar empresas para trabalho de arrecadação, manutenção, conservação, pintura e melhoria das rodovias (EGR, 2021). O trecho em estudo está situado entre as cidades de Dois Lajeados e Guaporé, no RS (FIGURA 4).

Figura 4 – Mapa de Localização do objeto de estudo



Fonte: Google Earth, Autor (2021)

O trecho em estudo possui pista simples. A faixa de domínio da via é de 40 metros de cada lado, totalizando 80 metros no total (ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, 2003) e a largura da pista é de 3,50 metros, conforme Figura 5. A área hachurada indica a faixa de domínio da ERS, contabilizada 40 metros para cada lado do eixo da rodovia (linha amarela), sendo os limites destacados em linha azul.

Figura 5 – Detalhe da Área de Estudo



Fonte: Google Earth, Autor (2021)

O local, que hoje conta com acesso 5 acessos, sejam de estradas vicinais ou entradas particulares, indica que uma melhoria para circulação é necessária, fazendo o uso de um dos elementos que a engenharia de tráfego proporciona, uma interseção, que abranja acesso a todas as localidades citadas no capítulo seguinte, baseando-se nos manuais de infraestrutura de transportes para a elaboração da mesma.

Nas Figuras 6 e 7, podem ser observadas fotos do local, respectivamente do acesso à Linha Dona Cândida Mattei, Comunidade Linha Emília e Linha Félix da Cunha, e, posteriormente, caminho para a Linha Auxiliadora e Linha Felipe de Noronha.

Figura 6 – Vista do acesso às Comunidades Mattei, Linha Emília e Félix da Cunha



Fonte: Autor (2021)

Figura 7 – Vista do acesso às Linhas Auxiliadora e Felipe de Noronha



Fonte: Autor (2021)

Além desses dados já apresentados, foram realizadas pesquisas com as comunidades localizadas nesse entroncamento, questões como quantidade de

famílias pertencentes a cada localidade, forma de subsistência das mesmas e pontos turísticos próximos à localização foram abordados através de pesquisas realizadas nos respectivos salões comunitários.

3.2 Dados referentes à topografia

Foi necessário verificar a topografia do local de estudo. Em função da ausência de dados referentes ao terreno da região estudada, no entroncamento, foram utilizados mapas topográficos fornecidos pelo *site Topographic-map* (ANEXO B) e os levantamentos topográficos das cartas topográficas do Exército Brasileiro (ANEXO C) para a realização de análises e definição dos parâmetros sobre a interseção a ser projetada.

Para o remanejamento de acessos às propriedades privadas foi realizado um estudo baseado na topografia do local e, posteriormente, indicados novos acessos. Foi necessário que os mesmos estivessem dentro do padrão de legislação para inclinações máximas, para isso foi utilizada a Equação 1.

$$i = \frac{\Delta h \times 100}{c} \quad (1)$$

Sendo que:

i = Inclinação (%);

Δh = Diferença de cota;

c = comprimento total.

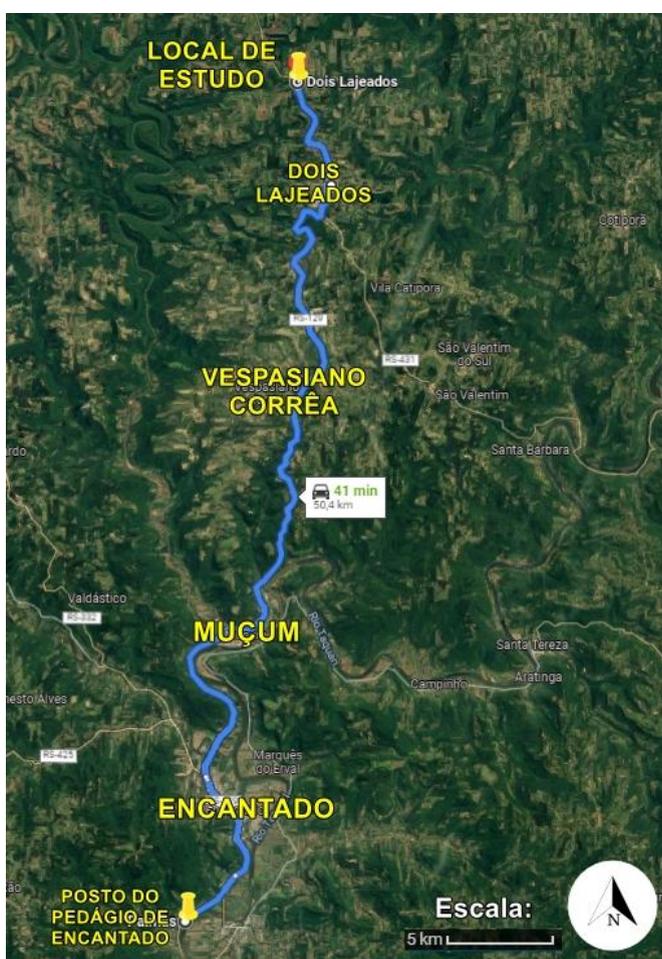
3.3 Contagem de tráfego

A contagem de tráfego foi determinada através dos parâmetros de cálculo do Volume Médio Diário - VMD, mediante referências bibliográficas citadas no capítulo 2 do presente estudo.

3.3.1 Volume de tráfego local

Não foi utilizada a contagem obtida pelo posto de pedágio da cidade de Encantado (ERS-130 - Km 93) devido ao fato do mesmo estar localizado a cerca de 50,4 km do ponto de local de estudo, conforme Figura 8. Com os dados coletados pelo autor, foi possível determinar o volume médio diário (VMD) e a quantificação das conversões (movimentos realizados pelos automóveis).

Figura 8 – Distância entre o pedágio da EGR em relação ao local de estudo



Fonte: Autor (2021)

A primeira contagem de tráfego iniciou no mês de dezembro de 2021. O autor realizou durante uma semana, dos dias 12 ao dia 18 do mês referido, contagens nos turnos da manhã, tarde e noite, sendo cada uma delas com duração de 01:00 hora e nos seguintes horários respectivamente: 07:00 às 08:00; 17:00 às 18:00; e, 19:30 às

20:30. Sendo que nos dias de finais de semana as contagens no turno da manhã foram realizadas no horário das 10:00 às 11:00.

A segunda contagem de tráfego foi realizada durante os meses de janeiro a março de 2022, sendo realizadas *in loco* duas visitas semanais que totalizaram uma hora por dia, duas horas por semana nos dias de maior fluxo analisado. Para determinar o VDM da ERS-129 no referido trecho, foi utilizada a Equação 2, proposta por Senço (2008). Na referida equação, o coeficiente K equivale à porcentagem que representa o volume de hora-pico (V_{hp}), em relação ao VDM.

$$K = \frac{V_{hp}}{VDM} \quad (2)$$

Sendo que:

K = porcentagem de volume hora-pico;

VHP = volume horário de projeto;

VDM = volume diário médio.

No Manual de Estudos de Tráfego (DNIT, 2006), é estabelecido uma porcentagem de 8,5%, como sendo um valor admissível de K em rodovias rurais, portanto adotou-se esse coeficiente para resolução de tal equação.

Recomenda-se utilizar o VHP expresso em unidades de carro de passeio por hora (UCP/h), o qual equivale a carros de passeio que produzem o mesmo impacto nas rodovias que outros tipos de veículos (DNIT, 2006). Na Tabela 7, são apresentados os fatores de conversão para carros de passeio.

Tabela 7 – Fator de equivalência em carros de passeio

Tipo de Veículo	VP	CO	SR/RE	M	B	SI
Fator de Equivalência	1	1,5	2	1	0,5	1,1

VP - veículo de passeio; CO - caminhões/ônibus; SR/RE - semi-reboque/reboque;

M - motocicletas; B - bicicletas; SI - veículos sem identificação

Fonte: DNIT (2006).

3.3.2 Projeção exponencial

A interseção tem por objetivo, quando projetada, suportar o volume de tráfego para determinado período de tempo, assim foi realizado o cálculo da Projeção Exponencial (EQUAÇÃO 3). Conforme o DNIT (2006), aplica-se um coeficiente de crescimento anual com valor de 3% quando não se tem informações variáveis socioeconômicas a respeito do crescimento do fluxo de tráfego no país.

$$V_n = V_o \cdot (1 + a)^n \quad (3)$$

Sendo que:

V_n = volume de tráfego no determinado ano “n”;

V_o = volume de tráfego no ano base;

a = taxa de crescimento anual;

n = número de anos decorridos após o ano base.

3.3.3 Volume horário de projeto (VHP)

Foi possível calcular o VHP, que é estipulado através dos dados obtidos do VMD anual aplicando-se um fator K, que é retirado da Curva da Enésima Hora, em que se relaciona o volume horário de tráfego como porcentagem do VMD (fator K em %) com o número de horas do ano em que o volume horário é de semelhante valor ou maior ao especificado, conforme Equação 4 e Figura 9.

$$VHP = K \cdot V_n \quad (4)$$

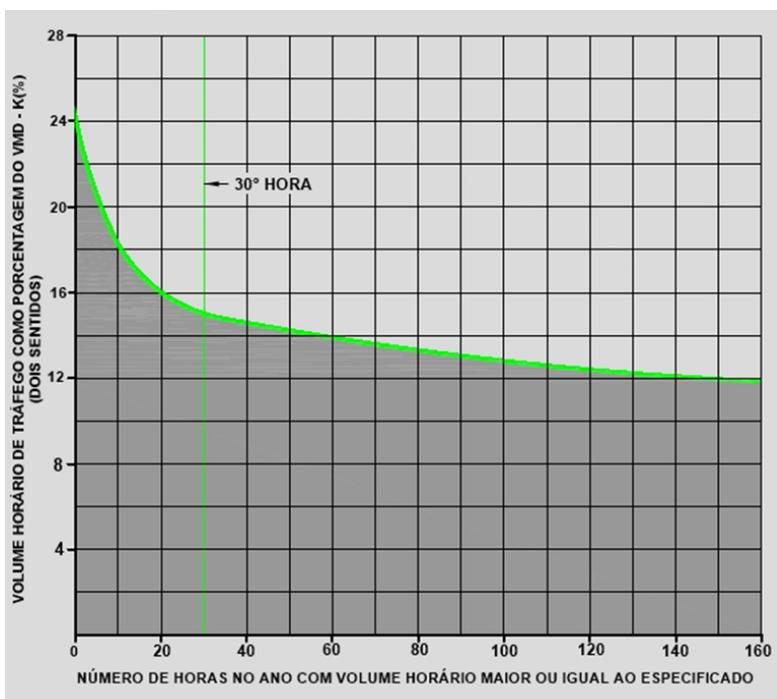
Sendo que:

VHP = volume horário de projeto;

K = coeficiente 8,5;

V_n = volume de tráfego no determinado ano “n”.

Figura 9 – Curva da Enésima Hora



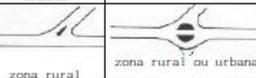
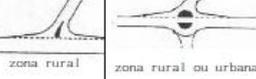
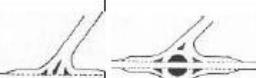
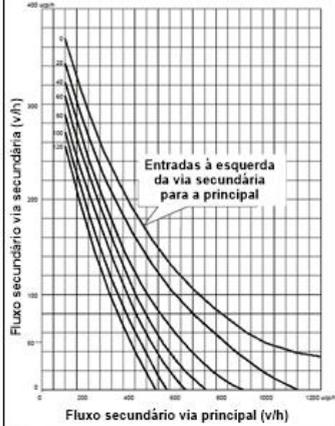
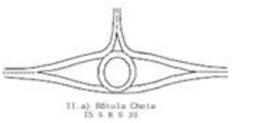
Fonte: DNIT (2005)

3.3.4 Caracterização do tipo de interseção

A fim de definir qual o tipo de interseção mais se adequa para o local de estudo devido às contagens de tráfego realizadas, foi utilizado, tomando como base as Normas de Projetos Rodoviários - Projeto Geométrico de Interseções (DAER,1991) a Figura 10. Com os valores de UCP/h definidos, nela, foi possível verificar o tipo de interseção com base no fluxo da via principal e via secundária que cruzam a interseção.

Definindo a interseção, foi possível definir os demais parâmetros necessários da mesma para poder, assim, iniciar o projeto geométrico do entroncamento situado no local de estudo.

Figura 10 – Tipos de interseções adotadas pelo DAER/RS

CLASSE	Volumes de Tráfego ucp/h (nos dois sentidos)		Entradas a Direita	TIPO DA INTERSEÇÃO			VERIFICAR
	Via Principal	VIA Secundária		Interseção Simples	Projeto mínimo	Diagrama	
I	< 300 qualquer	< 50 < 50	-	Interseção Simples	Projeto mínimo	 zona rural ou urbana	Quadro II
II a	> 300 qualquer	> 50 > 50	-	Interseção Simples	Gota na secundária ou rótula vazada	 zona rural ou urbana	Quadro II
II b	> 300 qualquer	> 50 > 50	> 50	Interseção Simples	Gota na secundária ou rótula vazada + taper	 zona rural ou urbana	Quadro II Quadro XIII
III a	300 a 400	qualquer	> 100	Interseção Simples	Gota e ilhas na secundária ou rótula vazada e ilhas + faixas de mudança de velocidade	 zona rural ou urbana	Quadro III Quadro XIV (caso II) Quadro XV
III b	> 400	qualquer	> 100	Interseção Simples	Gota c/ilhas na secundária c/canteiro central na via principal ou rótula cheia	 zona rural ou urbana	Quadro III Quadro XIV (caso I)
IV	 Fluxo secundário via secundária (v/h) vs Fluxo secundário via principal (v/h)			Interseção Canalizada	Gota c/ilhas na secundária c/canteiro central na via principal ou rótula cheia	 II a) Rótula Cheia 15, 5 x 5, 20	Quadro XIV (caso I)

OBSERVAÇÃO:
O projetista poderá apresentar outras soluções a serem submetidas a apreciação da SEP/EPE.

Fonte: DAER (1991)

3.4 Elementos geométricos da interseção

Após a definição a respeito da contagem de tráfego e da interseção, foi necessário definir parâmetros relacionados aos elementos do projeto.

3.4.1 Veículo de projeto

A partir dos dados coletados de contagem volumétrica, foi possível determinar o veículo de projeto, o qual foi adotado para os cálculos seguintes. Após feita essa escolha, foi tomado como base a Tabela 1, que exemplifica características do veículo adotado.

3.4.2 Velocidade diretriz

O objetivo da velocidade diretriz em uma interseção consiste em garantir aos motoristas que trafegam na via condições seguras de operação. Segundo DNIT (2010), o ideal seria que a velocidade de projeto dos ramos se assemelhasse a das vias que as intersectam, porém, com restrições de traçado oriundas de motivos topográficos ou pela disponibilidade da faixa de jurisdição, acabam por gerar velocidades de projeto mais baixas nos ramos.

Quando a velocidade da rodovia é adotada para a interseção, isto acaba aumentando o custo do projeto. Por este motivo, a velocidade de projeto dos ramos fica em torno de 60% a 70% da velocidade da via. Através da Equação 5 foi possível determinar a velocidade de projeto dos ramos.

$$V_r = k \cdot V_p \quad (5)$$

Sendo que:

V_r = velocidade de projeto dos ramos;

V_p = velocidade das vias;

$k = 0,6$ ou $0,7$.

Segundo Pimenta e Oliveira (2004), nos locais em que necessitam ser realizadas paradas ou trafegar com velocidade reduzida, utiliza-se $V_r = 30$ km/h, reiteram também que não há a necessidade de manter a mesma velocidade para todos os ramos. Na Tabela 8 é possível observar a velocidade de projeto para rotatórias.

Tabela 8 – Velocidade de projeto para rotatórias

Velocidade de projeto da rodovia (km/h)	Velocidade média de operação da rodovia (km/h)	Velocidade de projeto da pista rotatória (km/h)	
		Mínima	Desejável
50	45	30	50
65	55	50	55
≥ 80	65 a 80	55	65

Fonte: DNIT (2005).

3.4.3 Distância de visibilidade

É necessário que os motoristas que trafegam pelo local tenham uma boa visibilidade de toda a interseção. Dessa forma é possível averiguar os perigos antes de realizar conversões, objetivando evitar o risco de acidentes.

No presente estudo foi definido, em cada ramo, uma distância apropriada seguindo orientações do triângulo de visibilidade, assim, possibilitando ao condutor a detecção de perigo antes de realizar a parada no cruzamento. Conforme DAER (1991), foram considerados os dados de distância de visibilidade retirados da Tabela 9, na qual consta a distância de visão, que permite ao condutor parar o veículo antes, precedendo o possível perigo do cruzamento.

Tabela 9 – Distância de visibilidade

Velocidade de Projeto (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Distância (m)	45	65	79	93	109	132	155	180	210

Fonte: DAER (1991).

3.4.4 Raio mínimo

A Tabela 10 apresenta os raios mínimos a serem adotados nas interseções de acordo com a velocidade de projeto das respectivas curvas e superelevações. Os raios mínimos foram estabelecidos a partir da borda interna da curva. Em casos que os veículos que trafegam necessitem parar no ramo, são permitidos valores de superelevação menores. Em ocasiões em que há a presença de grandes veículos

de carga, é permitido reduzir os valores de superelevação para inferiores ao recomendado, já que a dificuldade de trafegabilidade deles é comprometida em certas condições.

Tabela 10 – Raios mínimos para curvas em interseções

Velocidade de Projeto (km/h)	25	30	40	50	60	70
Coeficiente de atrito transversal - f	0,32	0,28	0,23	0,19	0,17	0,15
Superelevação (%)	0	2	4	6	8	9
Raio mínimo calculado (m)	15	24	47	79	113	161
Raio mínimo arredondado (m)	15	25	50	80	115	160

Fonte: DNIT (2005).

3.4.5 Superelevação

A superelevação das curvas foi obtida seguindo as orientações do Manual de Implantação Básica de Rodovia (DNIT, 2010). Para adotar-se a mais adequada, foi realizado uma análise das curvas de níveis do local de estudo através do *site Topographic-map* (ANEXO B), confrontando com a velocidade do ramo, e, seu raio, somadas a fatores econômicos de implantação e possibilidade de inserção segura.

3.4.6 Largura dos ramos

Segundo DNIT (2005), a largura do ramo foi estipulada através da combinação do tipo de operação da rodovia e a condição de tráfego no local de estudo, isso, mediante valores do raio do bordo interna da pista, conforme Tabela 3.

3.4.7 Comprimento das faixas de mudança de velocidade

Segundo DNIT (2005), as faixas de mudança de velocidade devem ter dimensões apropriadas para execução de manobras; a largura do trecho constante deve estar empregada em um intervalo de 3,50 a 3,60 metros, não sendo obrigatório acostamento semelhante ao restante da rodovia.

Os valores de comprimento para faixas de aceleração e desaceleração podem ser observados conforme as Tabelas 5 e 6.

3.5 Projeto geométrico da interseção

Com os resultados obtidos na coleta de dados e definições a respeito de parâmetros de elementos do projeto, o passo seguinte é caracterizado pela extração de dados baseado no traçado do eixo da rodovia. Para isso foram utilizados os *softwares BIM* da Autodesk, *Revit (Versão Estudante 2021)*, e o *software Autodesk, Autocad (Versão Estudante 2021)* com o intuito de desenho do traçado, modelagem de infraestruturas e a elaboração do projeto geométrico de interseção.

O estaqueamento foi realizado através do autor, tomando como base a quilometragem de ERS-129 localizada no trevo principal do município, segundo contagem volumétrica realizada pelo DAER/RS o local comentado acima está localizado no km 108+470, posteriormente fez-se o uso da ferramenta do *Google Earth* e encontrou-se o km 115+290 para o local de estudo. No projeto geométrico, as estacas foram colocadas no ponto central, e nas extremidades dos canteiros, assim delimitando que o croqui apresentado inicia aproximadamente no km 115+183,70 e termina no km 115+399,95.

Tomando como base o mapa topográfico obtido pelo site *Topographic-map* (ANEXO B) e a Carta Topográfica do Exército Brasileiro (ANEXO C), foi possível definir que a interseção possui uma altitude de 602 metros. As coordenadas encontradas através do *Google Earth* são Latitude: 28°56'14.48"S; Longitude: 51°50'56.88"O.

3.6 Análise de pontos de conflito

Conforme DNIT (2005), um projeto de interseção deve, sempre que possível, separar os pontos de conflito, isso facilita a trafegabilidade dos usuários. Técnicas de canalização, como implementação de faixas de giro, inclusão de ilhas e controle de pontos de acesso auxiliam na separação dos conflitos na interseção. Os pontos de conflito afetam a operação do tráfego da rodovia, ocasionando redução de velocidade dos veículos trafegados pelos usuários, interferindo diretamente na capacidade e segurança das interseções (DNIT, 2005).

Foram analisados os pontos de divergência, convergência e cruzamento do local antes da elaboração do projeto da interseção e posterior a esse fato, sendo traçados movimentos nas correntes de tráfego para verificação destes pontos buscando melhorias nesse aspecto com a implantação do projeto geométrico de interseção.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo são apresentados os parâmetros obtidos para o desenvolvimento do projeto geométrico da interseção, a elaboração do projeto geométrico em si, bem como as condicionantes analisadas para averiguar a viabilidade da construção de uma interseção.

4.1 Localidades presentes no estudo

Dois Lajeados-RS, também conhecido como “Pequeno Paraíso”, é uma cidade situada na encosta superior do nordeste do estado, faz parte da Microrregião 484 Guaporé-RS e possui 3.334 habitantes. O município possui uma situação geográfica privilegiada onde consta o entroncamento das rodovias ERS-129 e ERS-431, que formam um elo de ligações de importantes regiões do estado, a Serra, o Vale do Taquari e o Planalto (DOIS LAJEADOS, 2021).

O ponto de investigação, situado na ERS-129 km 115+290, dá acesso à localidade Linha Dona Cândida - Mattei que, segundo pesquisa realizada pelo autor, conta com cerca de 47 famílias residentes na localidade, sendo que as principais atividades realizadas são a criação de gado bovino de leite, avicultura e viticultura, o que demanda transporte fretado de caminhões e carretas para fazer a movimentação de cargas, seja de alimentos ou animais. Além disso, na comunidade, está localizada a empresa A.M Embalagens e Zandei Plásticos, onde o tráfego de caminhões de carga elevada é intenso. As indústrias contam, em conjunto, com 50

funcionários com Carteira de Trabalho e Previdência Social (CTPS) registrada, além de serviços tercerizados. O projeto de interseção poderá ajudar os motoristas a acessar os pontos destacados nessa primeira comunidade, priorizando a segurança ao realizar manobras no local, já que o tráfego de veículos pesados é relativamente intenso.

A interseção estudada poderá conferir aos motoristas que dirigem pelo local acesso a outras localidades, as quais demandam o uso de caminhões para fazer o transporte de cargas de animais e alimentos oriundos da agricultura, destacando o cultivo de milho e soja, avicultura, suinocultura, bovinocultura e viticultura. São elas:

- a. Linha Felipe de Noronha: a comunidade possui cerca de 20 famílias e a principal atividade é a agropecuária em geral;
- b. Linha Auxiliadora: conta com 10 famílias, sendo a maioria produtores de milho e soja;
- c. Comunidade Linha Emília: uma das maiores do município, tem aproximadamente 70 famílias residentes na localidade e as principais atividades econômicas são avicultura, viticultura e suinocultura;
- d. Linha Félix da Cunha: situada na cidade de Guaporé-RS, cidade vizinha do município de Dois Lajeados-RS, possui 30 famílias residentes sendo que parte dos integrantes das mesmas trabalham no Pequeno Paraíso.

O local de estudo, além das comunidades citadas, também confere acesso a alguns atrativos turísticos em destaque pelo município, como o Viaduto Mula Preta, o Belvedere do Mattei, a Ilha da Linha Emília e a Pequena Central Hidrelétrica (PCH) Linha Emília. Com o projeto de interseção a ser desenvolvido, seria usual colocar placas de identificação nesses pontos para facilitar a localização de turistas e viajantes que pretendem visitar esses locais e não sabem por onde trafegar. Na Figura 11, podem ser observados os acessos às localidades.

Figura 11 – Acesso às localidades no ponto de estudo



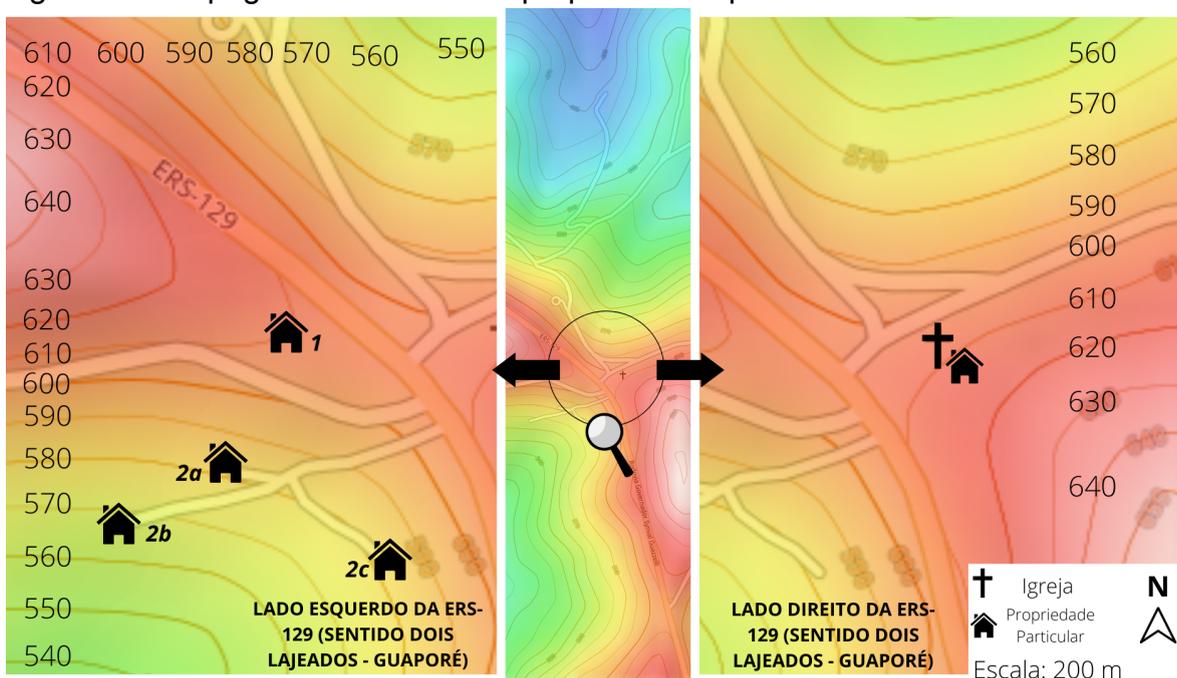
Fonte: Google Earth, Autor (2021)

4.2 Topografia do local e condicionantes

Segundo o *site topographic-map*, conforme o Anexo B, a altitude encontrada no centro da faixa principal da ERS-129, onde foi projetada a interseção do presente estudo, é de 602 metros.

Por mais que a região estudada possua uma topografia com relevo acidentado, o traçado já existente, principalmente nos acessos secundários, respeita uma cota que segue as curvas de nível, porém, ocorrem obstáculos topográficos localizados próximos ao entroncamento já existente, que faz com que sejam necessários projetos de corte e construção de contenções, que não foram escopo deste trabalho. É necessário levar em conta, também, que não foram realizados levantamentos de terraplenagem, apenas foram utilizadas as imagens obtidas no *site topographic-map*. Na Figura 12 é possível observar as curvas de nível do local estudado, juntamente com as propriedades particulares e a Igreja da Capela Santo Antônio - Mattei, que terão seus acessos modificados no projeto aqui desenvolvido.

Figura 12 – Topografia do local com propriedades que terão acessos deslocados.



Fonte: Autor, adaptado de *Topographic-map* (2022).

Na Figura 12 é possível observar que existem 2 elevações de grande impacto, uma em cada lado da rodovia, sendo que a localizada no lado direito, próximo ao acesso da Linha Dona Cândida - Mattei e Comunidade Linha Emília possui elevação de 654 metros no ponto mais alto, tendo uma diferença entre cotas de 52 metros. O acesso ao salão da comunidade Mattei e da Igreja da respectiva comunidade, deverá ser realocado, conforme Figura 13. A diferença de cotas entre o início do novo acesso, e o fim do mesmo, é de 599 metros, e 603 metros, respectivamente, uma diferença de 4 metros onde os veículos deverão fazer o caminho, para poder acessar as edificações, construindo-se um novo ramo dentro do acesso à comunidade, fechando o acesso direto pela rodovia, pois não é usualmente viável que uma interseção forneça acesso a propriedades privadas.

Figura 13 – Realocação do acesso à igreja e salão da comunidade Linha Dona Cândida Mattei



Fonte: Google Earth, Autor (2022).

Para auxiliar na trafegabilidade aos usuários, a largura da pista de rolamento foi definida em 7,00 metros, 3,50 metros para cada lado do eixo. O acesso foi remanejado dessa maneira para poder atender as características de inclinação. O comprimento total do novo ramo ficou 117,50 metros, desta forma, foi possível utilizar a Equação 1 para calcular a sua inclinação com a diferença entre cotas.

$$i = \frac{(603-599) \times 100}{117,50} = 3,40\% \text{ de inclinação}$$

A inclinação encontrada foi de 3,40%, como não se trata de uma rodovia, apenas acesso a uma propriedade privada, a inclinação proposta tanto nesse caso, quanto no caso seguinte não necessariamente precisam estar de acordo com as legislações de inclinação impostas pelos órgãos competentes, pois nessas estradas apenas haverá a circulação de veículos leves.

Já no lado esquerdo da rodovia, no acesso às comunidades da Linha Felipe de Noronha e Linha Auxiliadora, encontra-se uma topografia com 645 metros de altitude no ponto mais alto, tendo uma diferença de 43 metros para o nível da rodovia (602 metros). O local conta com uma residência particular (de cota de nível 604 metros), identificada com o marcador número “1” (na Figura 12), onde seu acesso hoje encontra-se no início do ramo das comunidades; o acesso dessa residência terá que ser realocado conforme a Figura 14. Também na Figura 14 é possível observar que as residências sinalizadas com o número “2” (na Figura 12) precisarão ter os seus acessos realocados; também é apresentado a seguir a readequação do caminho para a estrada das residências.

Figura 14 – Realocação de acessos de residências particulares à esquerda da ERS



Fonte: Google Earth, Autor (2022).

O novo acesso ao imóvel particular 1 encontra-se atrás da residência, a estrada para as comunidades Linha Felipe de Noronha e Linha Auxiliadora possui um greide de subida que passa por trás da residência, apenas será fechado o acesso da casa pela interseção, sendo o acesso realizado pelos fundos da edificação. Já o acesso às residências numeradas com “2” foram realocados, de forma com que o acesso direto pela ERS-129 seja fechado e o mesmo seja feito pela estrada que dá acesso às comunidades Linha Felipe de Noronha e Linha Auxiliadora e faça uma conversão à esquerda ligando diretamente à uma estrada

rural do acesso existente hoje. A diferença de cotas do ponto do início do novo acesso e o ponto final são respectivamente 602 e 585, possuindo um desnível de 17 metros, tendo uma inclinação conforme a Equação 1, de 18,58% de inclinação.

$$i = \frac{(602-585) \times 100}{91,50} = 18,58\% \text{ de inclinação}$$

Com os acessos a edificações privadas que provinham da ERS-129 fechados e, conseqüentemente, alterados, fez-se uma análise dos pontos de conflito existentes na rodovia atualmente.

4.3 Contagem de tráfego

A seguir, na Tabela 11, é possível observar a contagem de veículos realizados neste levantamento realizado no mês de dezembro de 2021.

Tabela 11 – Contagem de Tráfego (Dezembro/2021)

Dia de Semana	Quantidade de Veículos		
	Manhã	Tarde	Noite
Domingo	163	363	319
Segunda-Feira	393	327	223
Terça-Feira	323	295	203
Quarta-Feira	307	311	243
Quinta-Feira	271	279	263
Sexta-Feira	295	429	319
Sábado	403	363	371

Fonte: Autor (2022).

Foi possível observar que os dias e turnos que mais ocorreram fluxo de tráfego no presente local de estudo da rodovia foram na sexta-feira, turno da tarde, e no sábado, turno da manhã. Com esses dados foi possível planejar uma contagem de tráfego com duração de cerca de 3 meses, de janeiro a março de 2022, sendo realizada duas vezes por semana, no respectivo dia e turno que maior fora

observado o fluxo de tráfego de veículos, todas com cerca de 01:00 hora de duração cada, o que totalizava 02:00 horas semanais.

Na Tabela 12, é possível observar a contagem realizada.

Tabela 12 – Contagem de Tráfego (Janeiro-Março/2022)

Data	Dia de Semana	TIPO DE VEÍCULO (veículos)						TOTAL
		VP	CO	SR/RE	M	B	SI	
07/01/2022	Sexta-Feira	224	93	83	5	1	0	406
08/01/2022	Sábado	197	91	90	10	3	2	393
14/01/2022	Sexta-Feira	234	100	69	8	2	1	414
15/01/2022	Sábado	174	110	95	7	1	3	390
21/01/2022	Sexta-Feira	208	99	85	6	4	2	404
22/01/2022	Sábado	191	105	84	5	2	1	388
28/01/2022	Sexta-Feira	204	118	85	3	1	2	413
29/01/2022	Sábado	164	130	100	12	0	3	409
04/02/2022	Sexta-Feira	183	104	98	14	4	1	404
05/02/2022	Sábado	196	98	86	10	2	0	392
11/02/2022	Sexta-Feira	208	90	87	9	3	0	397
12/02/2022	Sábado	193	106	74	15	1	1	390
18/02/2022	Sexta-Feira	203	105	80	18	5	2	413
19/02/2022	Sábado	163	113	92	14	4	1	387
25/02/2022	Sexta-Feira	177	117	101	8	6	0	409
26/02/2022	Sábado	171	94	105	16	2	3	391
04/03/2022	Sexta-Feira	180	125	96	12	1	1	415
05/03/2022	Sábado	173	99	98	14	3	0	387
11/03/2022	Sexta-Feira	191	101	91	15	1	1	400
12/03/2022	Sábado	190	100	94	11	2	2	399
18/03/2022	Sexta-Feira	195	111	82	9	5	2	404
19/03/2022	Sábado	176	117	94	8	4	3	402
25/03/2022	Sexta-Feira	181	123	87	13	0	1	405
26/03/2022	Sábado	197	98	85	10	6	0	396

Fonte: Autor (2022)

Mesmo com a contagem realizada durante os meses de janeiro a março, pôde perceber-se que o maior fluxo de tráfego foi no mês de dezembro. Com a época de festas no final do ano, a intensidade de veículos trafegando nas rodovias brasileiras é maior do que no início do ano, onde prevalece o período de férias na maioria das indústrias da região. Com isso, o fluxo de tráfego apresentado na Tabela 11, na sexta-feira no período do fim da tarde, fora o maior apresentado. Tomando como base o valor analisado, é aplicado o fator de equivalência apresentado na Tabela 7, que equivale a carros de passeio que produzem o mesmo impacto nas rodovias que outros tipos de veículos. Os dados são apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 – Fator de Equivalência aplicado ao maior fluxo de veículos analisado

Tipo	VP	CO	SR/RE	M	B	SI
Contagem de Veículos	192	125	96	12	3	1
Fator de Equivalência	1	1,5	2	1	0,5	1,1
Contagem de Veículos x Fator de Equivalência	192	187,5	192	12	1,5	1,1
Tráfego em UCP	= 586,1 Unidades Carro de Passeio					

Fonte: Autor (2022)

No respectivo dado analisado da contagem de veículos, foi possível observar que os 429 veículos que trafegaram na referida 01:00 hora analisada, resultaram em 586,1 UCP, porém, destes 429 veículos, certas quantidades tomaram como rumo ou provieram dos ramos da interseção. Conforme a Tabela 14, é possível observar quantos destes veículos fizeram o tráfego no fluxo principal, na ERS-129, e quantos veículos trafegaram pelos ramos, nos fluxos secundários.

Tabela 14 – Quantidade de veículos trafegando no fluxo principal e nos fluxos secundários atrelados ao fator de equivalência

Fluxo principal ou secundário	Tipo	VP	CO	SR/RE	M	B	SI
Fluxo Principal (ERS-129)	Contagem de Veículos	131	91	70	11	3	1
	Fator de Equivalência	1	1,5	2	1	0,5	1,1
	Contagem de Veículos x Fator de Equivalência	131	136,5	140	11	1,5	1,1
Valor em UCP	Total	421,1					
	Tipo	VP	CO	SR/RE	M	B	SI
Fluxo Secundário (Comunidade Linha Dona Cândida Mattei - Comunidade Linha Emília)	Contagem de Veículos	36	22	14	1	0	0
	Fator de Equivalência	1	1,5	2	1	0,5	1,1
	Contagem de Veículos x Fator de Equivalência	36	33	28	1	0	0
Valor em UCP	Total	98					
	Tipo	VP	CO	SR/RE	M	B	SI
Fluxo Secundário (Comunidade Linha Auxiliadora - Linha Felipe de Noronha)	Contagem de Veículos	25	12	12	0	0	0
	Fator de Equivalência	1	1,5	2	1	0,5	1,1
	Contagem de Veículos x Fator de Equivalência	25	18	24	0	0	0
Valor em UCP	Total	67					

Fonte: Autor (2022)

Foi possível identificar que 73 veículos tomaram como rumo o ramo de acesso à Comunidade Linha Dona Cândida Mattei - Comunidade Linha Emília, e 49 veículos tomaram como direção o ramo de acesso à Comunidade Linha Auxiliadora - Linha Felipe de Noronha. A partir dos volumes de tráfego obtidos, procedeu-se à determinação dos volumes médios diários.

4.3.1 Determinação do Volume médio diário (VMD)

Após a obtenção do volume de tráfego em UCP, é possível determinar o VMD da ERS-129 no trecho em estudo e seus respectivos ramos, fazendo o uso da Equação 2.

$$VDM = \frac{421,1}{8,5\%} = 4954 \text{ UCP}$$

Para determinar o VMD dos dois principais ramos, acessos à Comunidade Linha Dona Cândida Mattei - Comunidade Linha Emília (1) e Comunidade Linha Auxiliadora - Linha Felipe de Noronha (2), também foi utilizada a Equação 2.

O VMD do ramo 1:

$$VDM = \frac{98}{8,5\%} = 1153 \text{ UCP}$$

O VMD do ramo 2:

$$VDM = \frac{67}{8,5\%} = 788 \text{ UCP}$$

De acordo com os VMD obtidos nas análises, pôde-se constatar que o fluxo principal da ERS-129 km 115+290 possui um valor de VMD de aproximadamente 4954 UCP, já dos fluxos secundários, o acesso à Comunidade Linha Dona Cândida Mattei - Comunidade Linha Emília possui fluxo de 1153 UCP e o acesso à Comunidade Linha Auxiliadora - Linha Felipe de Noronha tem fluxo de aproximadamente 788 UCP. O passo seguinte se dá para a determinação do VMD do ano de projeto.

4.3.2 Determinação do VDM do ano de projeto

A projeção do volume de tráfego para o ano de projeto é uma previsão de como será o tráfego em um determinado período de tempo no futuro, o que é necessário para a elaboração da interseção. No presente estudo foi calculado esse volume de tráfego segundo uma progressão geométrica (Equação 3), onde é

aplicada uma taxa de crescimento anual de 3%, tanto para o fluxo principal quanto para os fluxos secundários.

$$V_n = 4954 \cdot (1 + 0,03)^{10} = 6658 \quad (\text{fluxo principal ERS-129})$$

$$V_n = 1153 \cdot (1 + 0,03)^{10} = 1550 \quad (\text{fluxo secundário Comunidade Linha Dona Cândia Mattei - Comunidade Linha Emília})$$

$$V_n = 788 \cdot (1 + 0,03)^{10} = 1059 \quad (\text{fluxo secundário Comunidade Linha Auxiliadora - Linha Felipe de Noronha})$$

O passo seguinte se dá pela determinação do volume horário de projeto (VHP).

4.3.3 Determinação do Volume horário de projeto (VHP)

Para não ocorrer o superdimensionamento da interseção, aplica-se o fator $k=8,5\%$ para representar o volume de veículos que trafegam pelo local no período de horário de pico, para isso, faz-se a determinação do volume horário de projeto (EQUAÇÃO 4).

$$VHP = 0,085 \times 6658 = 565 \text{ UCP/h (fluxo principal ERS-129)}$$

$$VHP = 0,085 \times 1550 = 132 \text{ UCP/h (fluxo secundário Comunidade Linha Dona Cândia Mattei - Comunidade Linha Emília)}$$

$$VHP = 0,085 \times 1059 = 90 \text{ UCP/h (fluxo secundário Comunidade Linha Auxiliadora - Linha Felipe de Noronha)}$$

Com os valores de VHP definidos, é possível definir o tipo de interseção a ser adotado neste trabalho.

4.3.4 Escolha do tipo de interseção

A partir dos volumes de tráfego contabilizados, tanto na via principal e nas vias secundárias, fez-se o uso da Figura 10 para poder determinar o tipo de interseção a ser adotada para o local de estudo. A interseção escolhida seria do tipo com prioridade, significando que “o tráfego da via principal tem preferência ao uso da interseção em relação ao tráfego da via secundária” (DNIT, 2005, p. 128).

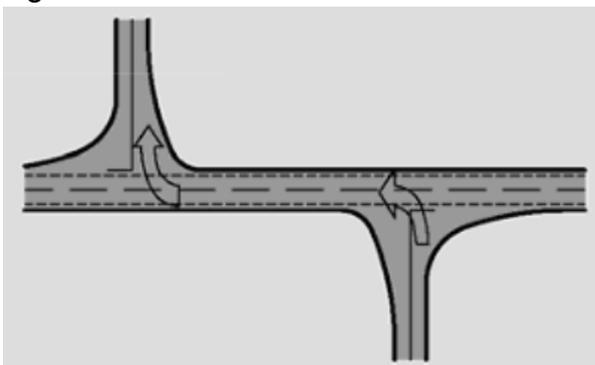
Com base nos manuais e avaliando a situação atual do local de estudo, definiu-se como solução uma mescla de rótula tipo cheia (FIGURA 15), com acesso aos ramos deslocados (FIGURA 16), já que, baseando-se na topografia do local, foi a que mais se apropriou para implantação. Dessa forma, é importante ressaltar que o acesso às propriedades privadas foram fechados às margens da ERS-129 no local de estudo e realocados, com isso a segurança da interseção projetada é maior, devido aos pontos de conflito existentes no Km 155+290, diminuirão quando comparados ao que existe atualmente.

Figura 15 – Rótula tipo cheia



Fonte: EGR (2014).

Figura 16 – Acesso aos ramos deslocados



Fonte: DNIT (2005).

Nesse conjunto de interseção, ocorre uma maior segurança no fluxo da via, com a presença de canteiros centrais que a rótula tipo cheia propõe, as conversões são facilmente realizadas e não é necessário, qualquer que seja o veículo, fazer o uso de conversão à esquerda, deslocando-se primeiramente ao acostamento na parte direita e esperando o fluxo de tráfego nos dois sentidos para poder realizar a manobra. Em casos assim, com a interseção, o veículo faz as devidas manobras tangencialmente aos elementos que o cruzamento projetado dispõe.

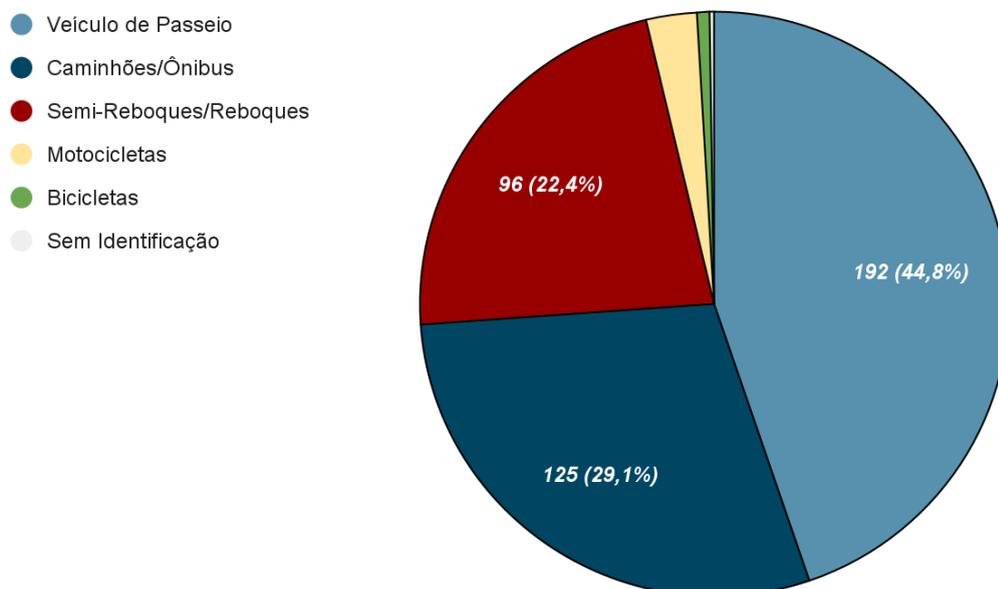
4.4 Elementos geométricos da interseção

A seguir são apresentados os elementos definidos para a elaboração do projeto geométrico da área de estudo.

4.4.1 Veículo de projeto

Para especificar o desenho geométrico da interseção, a fim de garantir os parâmetros exigidos para melhor elaboração do projeto geométrico, é necessário definir elementos que serão utilizados ao longo da concepção. Tomando como base a contagem volumétrica realizada pelo autor, é possível determinar as características geométricas da interseção. Pode-se observar a seguir, no Gráfico 1 a porcentagem de tipos de veículos que foram contabilizados na contagem volumétrica do respectivo trecho.

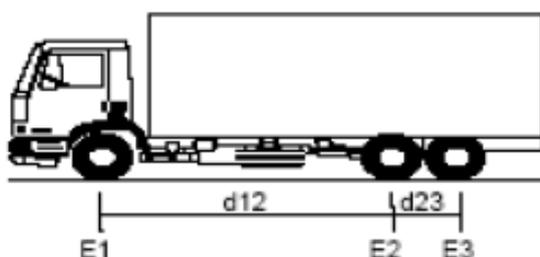
Gráfico 1 - Contagem volumétrica realizada no dia 17 de dezembro de 2021



Fonte: Autor (2022).

O veículo de projeto adotado para o projeto geométrico da interseção foi o caminhão trucado simples com 3 eixos (Classe 3C), o qual possui um peso bruto (PBT) de 23 toneladas e 14 metros de comprimento, respeitando o limite permitido pela legislação. A escolha deste veículo foi realizada devido ao fato de ser o segundo veículo que mais observou-se trafegando no respectivo trecho, com cerca de 29,1%, encaixando-se na qualificação de caminhões/ônibus, sendo também um veículo de modelo comercial. Na Figura 17 é possível observar o veículo de projeto adotado e seu espaçamento entre eixos.

Figura 17 – Veículo de projeto adotado



Fonte: DNIT (2006).

4.4.2 Velocidade diretriz

Utilizou-se a Equação 5 para definir a velocidade diretriz na interseção, pegando como base a velocidade nominal da rodovia ERS-129, sendo de 80 km/h. Foram utilizados os dois coeficientes disponíveis, $k=0,6$ e $k=0,7$, para poder definir seu parâmetro.

$$V_r = 0,6 \times 80 = 48 \text{ km/h (fator } k=0,6)$$

$$V_r = 0,7 \times 80 = 56 \text{ km/h (fator } k=0,7)$$

Segundo a Tabela 8, em rodovias em que a velocidade nominal é de 80 km/h, a velocidade na pista rotatória pode tender a ser 55 km/h (mínimo) e 65 km/h (desejável), sugere-se adotar 60 km/h no trecho precedente a rotatória, e, através das Equações acima realizadas, optou-se em adotar a velocidade diretriz de 50 km/h na interseção devido ao comprimento do canteiro central não ser extenso, reduzindo a velocidade, ganha-se em segurança. Quanto aos ramos, segundo o item 3.3.2, a velocidade dos mesmos, será de 40 km/h, velocidade essa adotada em locais onde são realizadas paradas ou o tráfego é com velocidade reduzida.

4.4.3 Distância de visibilidade

Com a determinação da velocidade adotada, sendo de 50 km/h na via principal e 40 km/h nos ramos de acesso à interseção foi possível determinar a distância de visibilidade; quanto menor a velocidade diretriz adotada, menor tende a ser esse parâmetro. É indispensável que os usuários da via tenham uma boa visibilidade na realização de manobras, tanto no período diurno quanto noturno. Segundo a Tabela 9, a distância de visibilidade para velocidades de projeto de 50 km/h é de 65 metros, já para 40 km/h é de 45 metros. Essa distância permite que o usuário possa ter maior segurança ao realizar alguma manobra de forma direta.

4.4.4 Raio mínimo

Tomando como base a Tabela 10, adotou-se um raio de 7,50 metros. Como o modelo da interseção será uma mescla de rótula tipo cheia com acesso aos ramos

deslocados, optou-se por utilizar um raio e uma tangente ao raio, permitindo que se utilize um raio inferior no canteiro central, devido aos elementos do terreno que prejudicam a elaboração da interseção, os ramos de acesso deslocados ficaram localizados um em cada extremidade do canteiro central devido à condição topográfica já existente no local. Em contrapartida, porém tendo um efeito positivo, a faixa de rolamento que encontra-se nos fluxos secundários, nos extremos do canteiro central, possui 10 metros de largura, o que auxilia os veículos na realização das manobras.

4.4.5 Superelevação

O valor adotado para superelevação tomando como base o referencial bibliográfico apresentado, foi de 2%, o valor mínimo.

4.4.6 Largura da pista

A largura da pista escolhida para a execução da conversão dentro da rotatória foi de 10,0 metros, tomando como base as referências bibliográficas apresentadas no presente trabalho. Essa largura auxilia os motoristas a fazerem conversões fazendo o uso da interseção.

É importante ressaltar que foi considerada uma faixa de 3,50 metros de largura na tangente da rotatória, o que permite aos veículos, ao saírem do fluxo principal do tráfego, realizar a conversão na interseção fazendo a redução da velocidade não estando na pista principal e, portanto, não prejudicar o fluxo de veículos que não fará o uso do cruzamento.

4.4.7 Comprimento das faixas de mudança de velocidade

Para estipular o comprimento das faixas de mudança de velocidade, tomou-se como base o projeto em questão, como a extensão da interseção não é elevada, optou-se por fazer faixas de mudança de velocidade, tanto para aceleração quanto para desaceleração nos ramos A e B, de acordo com o croqui apresentado

no Apêndice A. Nele é possível observar que a faixa de mudança de velocidade se une ao acostamento em todos os trechos.

Para desaceleração, ela auxilia os veículos na conversão à direita, saindo do fluxo principal e tomando-a como rumo; já de aceleração, ela ajuda os motoristas a saírem dos ramos e tomarem como rumo a ERS-129. Como os valores estipulados estão abaixo do proposto pelas normativas, devido à concepção do projeto, é necessário segurança por parte dos condutores ao fazerem uso dessa faixa.

4.5 Projeto geométrico da interseção

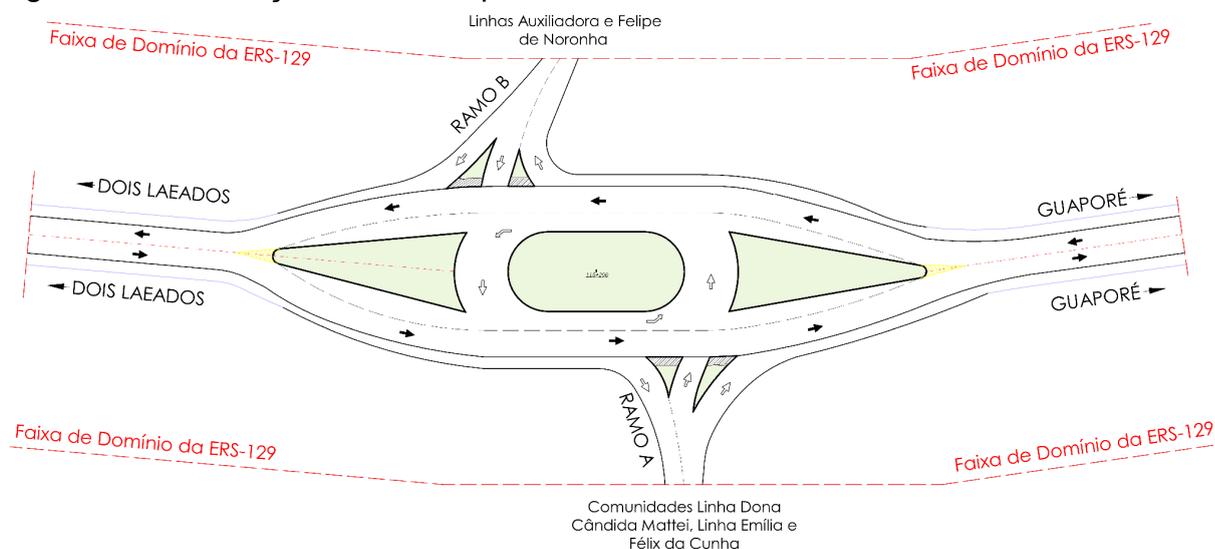
A configuração atual localizada na ERS-129, km 115+290, do trecho localizado entre as cidades de Dois Lajeados-RS e Guaporé-RS não traz a devida segurança aos usuários que desejam fazer conversões à esquerda, devido aos diversos ramos localizados de maneira próxima. Com os parâmetros analisados e estipulados, além dos acessos às propriedades privadas remanejados, foi possível caracterizar a seguinte configuração de interseção no local em questão, tomando como base a legenda da Figura 18, e o croqui conforme a Figura 19.

Figura 18 – Legenda do projeto de interseção.

Faixa de Domínio	----
Eixo da ERS-129	----
Eixo secundário	----
Pista de Rolamento	_____
Acostamento	_____
Sinalização de Alerta	_____
Taper	----
Fluxo Principal	➔
Fluxo Secundário	➞
Canteiros	□

Fonte: Autor (2022).

Figura 19 – Interseção elaborada pelo Autor.



Fonte: Autor (2022).

Atualmente, os veículos que desejam realizar conversões à esquerda devem se dirigir ao acostamento da via, esperar o fluxo de veículos nos dois sentidos estar livre, para assim poder fazer a conversão desejada, por muitas vezes as manobras são arriscadas e até feitas de forma direta, sem que o condutor faça o uso do acostamento de maneira correta, essas conversões por vezes ocasionam acidentes, o que torna o local de estudo uma área de tráfego que não possui plena segurança.

Com a nova proposta de interseção, o risco dessas conversões é reduzido, pois os veículos podem atravessar uma pista de cada vez fazendo o uso do canteiro central do cruzamento. Além disso, nessa proposta, o motorista pode aguardar o momento adequado para realizar a manobra desejada para a travessia, restringindo também a possibilidade de conversões arriscadas.

O terreno encontrado no local foi um empecilho para a elaboração do croqui, mesmo que a faixa de domínio regulamentada seja de 40 metros para cada lado do eixo da rodovia, em ambos os lados encontra-se morros que dificultam a elaboração do projeto de interseção, portanto foram utilizados valores abaixo dos regulamentados em norma para assim poder evitar muita movimentação de terra, com projetos de corte, aterro e muros de contenção. Optou-se por fazer o

cruzamento de forma que ele não avançasse demasiadamente para o lado dos ramos.

Conforme o Apêndice A, é possível observar os valores de raio utilizados tanto nas curvas, quanto nos canteiros do local. Optou-se por utilizar um raio de 7,5 metros no elemento central do projeto, com uma tangente de 18 metros, assemelhando o modelo ao proposto, rótula tipo cheia. A pista de rolamento nas extremidades desse ponto encontra-se com uma largura de 10 metros, o que facilita e traz segurança às manobras realizadas por veículos de grande porte. Ilhas divisórias foram criadas em ambos os ramos para poder ordenar o fluxo de veículos para a determinada conversão que o mesmo deseja realizar.

Foram adicionadas faixas de aceleração e desaceleração em ambos os lados da rodovia para que veículos que desejem ingressar nos ramos e sair deles, possam fazer o uso das mesmas sem comprometer o tráfego principal. Essas faixas podem ser utilizadas para conversões à direita, para usuários que estão adentrando em algum dos ramos presentes no local. Isso faz com que, caso 2 veículos estejam trafegando no mesmo sentido, e o automóvel que encontra-se à frente deseje realizar uma conversão à direita, ele apenas desloca-se para o lado e efetua a manobra, dando passagem ao veículo que encontra-se atrás dele. Isso traz segurança nas conversões realizadas pelos usuários.

Também foram adicionados acostamentos em ambos os lados da via principal a fim de que veículos que necessitem realizar parada não façam o uso das faixas de aceleração e desaceleração para este fim.

Na via principal, em ambos os lados, foi utilizada uma faixa de rolamento de 5 metros de largura para que os veículos consigam realizar manobras com uma maior segurança, principalmente veículos com comprimento elevado, já que, como comentado anteriormente, a interseção adotou valores abaixo dos regulamentados devido à topografia do local. Também ocorreu a adição de uma faixa de 3,5 metros para conversões dentro da via principal, à esquerda do sentido de tráfego, para

quem deseja contornar o canteiro central e realizar retorno ou seguir em algum ramo específico.

Quanto aos ramos localizados na interseção no projeto, optou-se por alargar a faixa tangente à interseção e depois, conforme a pista de rolamento ia adentrando no ramo, diminuindo-a, para adequar-se à largura já existente sem que haja desapropriações de terra por parte dos moradores próximos ao local. Em ambos os ramos, dividiu-se em 3 partes separadas por canteiros:

- a) A primeira parte para veículos que estão ingressando no ramo. Por tanto esses condutores fazem o uso da faixa de mudança de velocidade e posteriormente fazem a ingressão no respectivo acesso;
- b) A segunda parte para automóveis que estão saindo do ramo e desejam fazer o uso da interseção. Seja para acessar o ramo presente no lado oposto da rodovia ou fazer a conversão na interseção e seguir pela ERS-129 no sentido oposto;
- c) A terceira parte para veículos que estão saindo da interseção e desejam seguir pela rodovia. Fazendo o uso da faixa de aceleração e ingressando na ERS-129 sem fazer uso do canteiro central para conversões.

Foi realizada uma pesquisa com o Poder Executivo do município de Dois Lajeados com o intuito de questionar os representantes se haveria a possibilidade de pavimentação asfáltica dos ramos apresentados, tanto no acesso às Comunidades Linha Dona Cândida Mattei, Linha Emília e Félix da Cunha, quanto no acesso às Linhas Auxiliadora e Felipe de Noronha. Como resposta, foi obtido que na presente data deste trabalho, a Prefeitura Municipal já encontra-se com recursos financeiros adquiridos junto aos vereadores e está em etapa de licitação de ambos os locais municipais. Visto que hoje ambos os acessos são propriedades rurais e não possuem pavimentação asfáltica, isso auxiliaria na elaboração da interseção proposta.

A rodovia encontra-se com um pequeno desnível no trecho em questão, ajustes referentes a geometria da interseção deverão ser realizados levando em

conta o projeto geométrico. Como já comentado no decorrer deste trabalho, cortes e aterros deverão ser realizados para a implantação da interseção, somados a projetos de muros de contenção; é importante ressaltar que os mesmos não foram escopo deste trabalho.

No Apêndice A estão apresentados os detalhamentos do projeto de interseção, com as seguintes vistas:

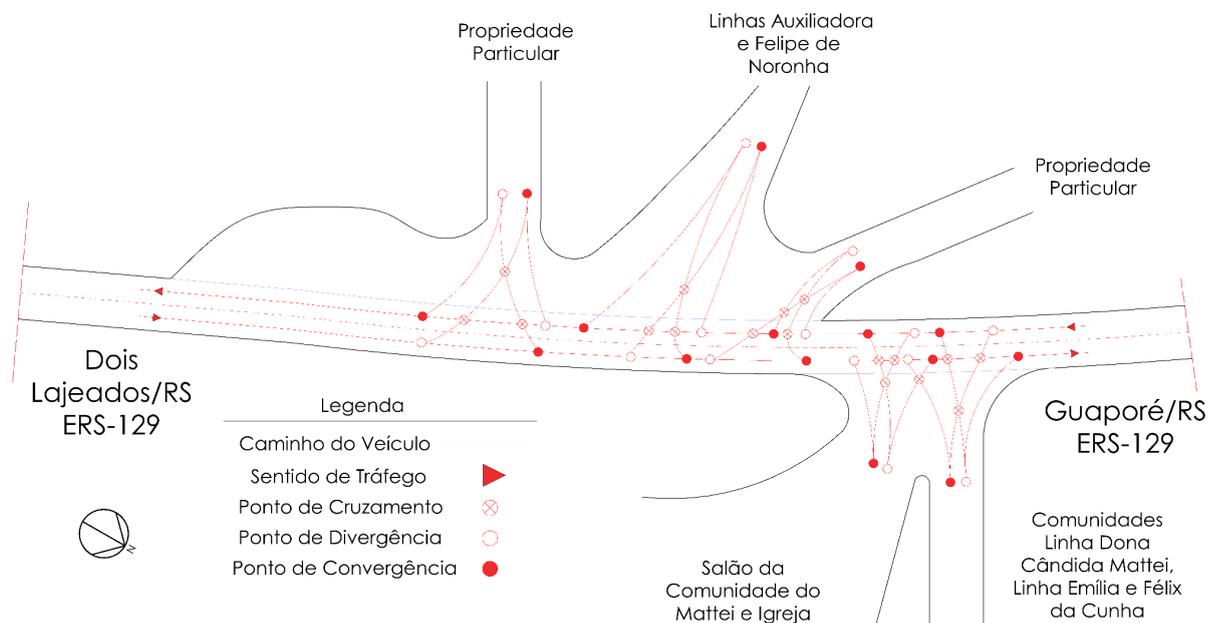
- a) Croqui da interseção - Escala: 1:500;
- b) Planta de situação-localização - Escala: 1:1000;
- c) Cortes A-A e B-B - Escala: 1:200;
- d) 2 imagens aéreas realizadas com o uso de drone.

4.6 Análise dos pontos de conflito

Os pontos de conflito no trecho de estudo atualmente são exemplificados na Figura 20, na qual é possível observar a existência de 15 pontos de convergência, 15 pontos de divergência e 17 pontos de cruzamento, os quais totalizam 47 pontos de conflito. Esses pontos ocorrem com maior frequência, principalmente, no acesso às Comunidades Linha Dona Cândida Mattei, Linha Emília e Félix da Cunha, e acesso ao Salão da Comunidade do Mattei e à Igreja da comunidade, devido ao fato de estarem próximos.

Na Figura 20 são apresentadas as possíveis conversões que têm origem saindo da rodovia e entrando nos ramos de acesso, além do oposto (saindo das estradas secundárias e adentrando a rodovia), em ambos os sentidos, Guaporé-RS - Dois Lajeados-RS, e Dois Lajeados-RS - Guaporé-RS.

Figura 20 – Pontos de conflito existentes na via atualmente

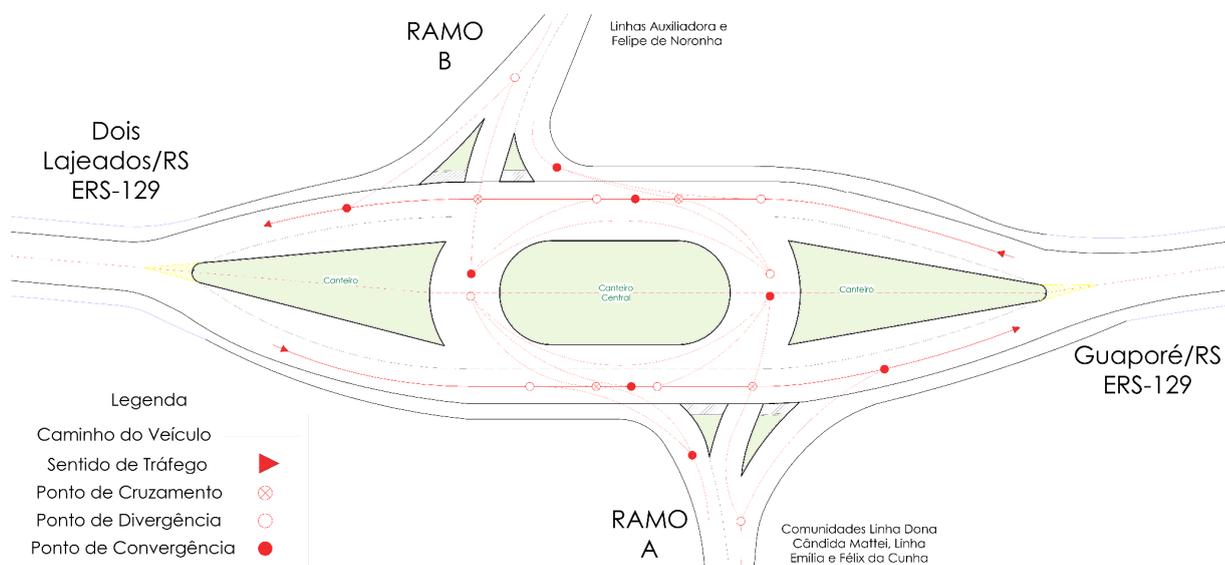


Fonte: Autor (2022).

É de fato importante ressaltar que três ramos presentes no local de estudo dão acesso a propriedades privadas. No projeto geométrico de interseção, os acessos a esses locais foram remanejados e não terão caminho através da interseção, o que diminui consideravelmente o número de pontos de conflito, aumentando a segurança da via no respectivo trecho.

Na Figura 21 estão apresentados os pontos de conflito existentes após o projeto de interseção ser elaborado, na qual é possível observar que esses pontos diminuiriam consideravelmente, o que se dá, principalmente, pelo fato dos acessos às propriedades privadas serem remanejados no projeto apresentado, conforme o Apêndice A.

Figura 21 – Pontos de conflito existentes no projeto de interseção



Fonte: Autor (2022).

Quando comparado com os pontos de conflito existentes atualmente, as ocasiões apresentadas após a elaboração do projeto de interseção mostram uma quantidade de pontos menores: 8 pontos de divergência, 8 pontos de convergência e 4 pontos de cruzamentos, totalizando 20 pontos no total. É perceptível que esses pontos ocorrem de forma mais afastada, principalmente devido ao fato de que não há mais a necessidade dos veículos cruzarem os dois sentidos da rodovia de uma vez, podendo realizar conversões utilizando o canteiro central, com paradas seguras.

Com a inserção de faixas de mudança de velocidade, veículos que desejam ingressar em um dos ramos podem adentrá-la não atrapalhando os veículos que seguem o fluxo da rodovia principal, dessa forma evitando colisões traseiras e até laterais.

A proposta de interseção mostra que os pontos de conflito são reduzidos, as curvas são realizadas de forma mais segura e a segurança dos usuários é mais elevada do que comparado ao existente atualmente, principalmente devido à ausência de acessos às propriedades privadas.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como principal objetivo propor um projeto geométrico de uma interseção, considerando fatores de segurança para curvas em sentidos opostos e características para acomodar o volume de tráfego para projeção futura, no entroncamento localizado no km 115+290 na rodovia ERS-129, situada em Dois Lajeados-RS.

Para a elaboração de um projeto de interseção, várias características precisam ser avaliadas, sobretudo a implantação do cruzamento no local de estudo e sua viabilidade financeira. É necessário seguir normas impostas pelos órgãos regulamentadores que servem como guia para elaboração do projeto, elas servem como guia e indicam parâmetros essenciais do projeto, sobretudo, fica a cargo do projetista adequá-las para que se encaixem no trecho estudado.

A topografia do local foi o maior empecilho encontrado no presente estudo, mesmo que a rodovia no trecho de estudo estivesse consideravelmente plana, o que dificultava a implantação da interseção eram as elevadas regiões localizadas próximos à ela, ainda presentes na faixa de domínio. Para contornar esse problema, o acesso às propriedades privadas que se davam através da ERS-129 foram remanejados, e optou-se por fazer um croqui de projeto que não ficasse significativamente largo, evitando custos com projetos de corte e aterro e a construção de muros de contenção.

Com a contagem volumétrica foi possível observar que o fluxo de veículos se tornava intenso nos horários de pico, o que dificultava os motoristas que realizavam conversões à esquerda, os quais, primeiramente, necessitavam deslocar-se até o acostamento da via, esperar o fluxo nos dois sentidos estar livre para depois realizar a manobra, o que aumenta o risco de acidentes através de manobras arriscadas. Com a implantação da interseção esse risco se reduz devido ao fato dos usuários da via poderem utilizar o canteiro central para fazer curvas com segurança e tomar o rumo de sua preferência.

O projeto de interseção localizado na cidade de Dois Lajeados-RS, km 115+290, foi elaborado visando se manter dentro da faixa de domínio imposta pelo órgão regulamentador da via, EGR, e não se estender lateralmente devido à topografia do local ser irregular. Para facilitar o acesso aos ramos principais, decidiu-se por fazer um modelo da rótula tipo cheia mesclada com o acesso aos ramos deslocados. Como algumas entradas às propriedades particulares foram fechadas nesta proposta, optou-se por propiciar aos usuários da via um caminho usual através dos ramos para essas localidades.

Na interseção projetada foram adotados raios menores a fim de evitar custos de implantação devido à topografia do local, porém, as faixas de rolamento foram alargadas, para trazer segurança aos usuários na realização de manobras na interseção. A largura da pista no trecho do cruzamento passa de 3,5 metros para 5 metros possibilitando que veículos de grande porte realizem as conversões com segurança. Também foram acrescentadas duas ilhas divisórias para separação das faixas de rolamento, desta forma os veículos podem ingressar nas faixas de mudança de velocidade, com 3,5 metros, saindo do fluxo principal sem que isso ocorra de forma brusca, para assim realizar conversões à esquerda em uma pista que possui 10 metros de largura, que facilita a movimentação e acomodação dos veículos no momento de atravessarem a via.

Para o acesso aos trechos secundários, optou-se pela colocação de ilhas canalizadoras que dividem o ramo em 3 segmentos em ambos os lados da rodovia,

sempre tomando como base o espaço disponível no local. As ilhas dividem-se em quem deseja ingressar no ramo através da ERS, para isso foram colocadas faixas de desaceleração; seguido por uma pista de quem provém do acesso e deseja realizar uma manobra à esquerda tomando como rumo o sentido oposto da sua localidade; e, por fim, uma pista acrescida com faixa de aceleração para quem deseja seguir pela ERS-129 sem interferir no fluxo principal da via.

Os parâmetros foram adotados buscando diminuir os pontos de conflito do local, com a implantação do cruzamento, os movimentos de convergência, divergência e cruzamento foram diminuídos, trazendo segurança, e redução no tempo para realização das manobras. Com a proposta de alteração geométrica para implantação de interseção rodoviária no respectivo trecho estudado, acredita-se que o projeto elaborado ofereça resolução para os problemas mencionados ao longo deste trabalho.

5.1 Sugestões para trabalhos futuros

Objetos que não foram escopo deste trabalho podem complementar o estudo realizado, recomenda-se os seguintes assuntos relacionados ao tema proposto:

- a) Projetos complementares na área de terraplenagem;
- b) Projetos estruturais de contenção, devido à topografia acidentada do lugar;
- c) Projeto de sinalização do trecho de estudo;
- d) Estudo de viabilidade econômica para implantação da interseção proposta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, Priscilla; RAIA JUNIOR, Archemedes Azevedo. **Mobilidade urbana e Acessibilidade Urbana Sustentáveis: A gestão de mobilidade no Brasil**. Dissertação (Pós Graduação em Engenharia Urbana) - Universidade Federal de São Carlos - UFSCar. São Paulo, 2000. Disponível em: <http://www.ambiente-augm.ufscar.br/uploads/A3-039.pdf>. Acesso em 07 de set. de 2021.

AUTODESK, INC. **Autodesk AutoCAD 2021** . Versão Estudante. Disponível em: <https://www.autodesk.com/education/free-software/autocad>. Acesso em: 11 de out. de 2021.

AUTODESK, INC. **Autodesk Revit 2021** . Versão Estudante. Disponível em: <https://www.autodesk.com/education/free-software/revi>. Acesso em: 11 de mai. de 2022.

ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL (Estado). Decreto nº 42.441, de 16 de setembro de 2003. **Decreto Nº 42.441, de 16 de Setembro de 2003**. Rio Grande do Sul, RS, Disponível em: http://www.al.rs.gov.br/legis/m010/M0100099.ASP?Hid_Tipo=TEXT0&Hid_TodasNormas=46680&hTexto=&Hid_IDNorma=46680. Acesso em: 07 nov. 2021.

BRASIL. Código de Trânsito Brasileiro (CTB). **Código de Trânsito Brasileiro**: instituído pela Lei nº 9.503, de 23-9-97. 3. ed. Brasília: Denatran, 2008.

CNT. Confederação Nacional do Transporte. **Índice de acidentes nas rodovias cai, mas número de vítimas fatais se mantém em 2020**. Disponível em: <https://cnt.org.br/agencia-cnt/indice-acidentes-cai-vitimas-fatais-se-mantem>. Acesso em: 11 set. 2021.

CNT. Confederação Nacional do Transporte. **Geometria da via é o principal problema das rodovias esquecidas**. 2018. Elaborado por: Agência CNT Transporte Atual. Disponível em: <https://www.cnt.org.br/agencia-cnt/geometria-via-principal-problema-rodovias-esquecidas>. Acesso em: 11 set. 2021.

CNT. Confederação Nacional do Transporte. **Piora a qualidade das rodovias brasileiras**. 2019. Elaborado por: Agência CNT Transporte Atual. Disponível em: <https://www.cnt.org.br/agencia-cnt/piora-a-qualidade-das-rodovias-brasileiras>. Acesso em: 14 mar. 2022.

CNT. Confederação Nacional do Transporte. **Transporte Rodoviário tenta se manter firme, apesar das dificuldades**. Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.cnt.org.br/agencia-cnt/transporte-rodoviario-tenta-se-manter-firme-apesar-das-dificuldades>. Acesso em: 14 set. 2021.

DEPARTAMENTO AUTÔNOMO DE ESTRADAS DE RODAGEM (DAER). **Projeto geométrico de interseções**. Porto Alegre: DAER, 1991.

DEPARTAMENTO AUTÔNOMO DE ESTRADAS DE RODAGEM (DAER). **Rede Rodoviária Federal - Divisão em trechos**. 2017. Elaborada por SPQ - Superintendência de Pesquisas Rodoviárias. Disponível em: <https://www.daer.rs.gov.br/upload/arquivos/201803/13092642-vdm-2017-eet-spq.pdf>. Acesso em: 25 out. 2021.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (DNER) **Diretrizes básicas para elaboração de estudos e projetos rodoviários**. Rio de Janeiro: DNER, 1999.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Manual de estudos de tráfego**. Rio de Janeiro: DNIT, 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Manual de implantação básica de rodovia**. 3. ed. Rio de Janeiro: DNIT, 2010.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Manual de projeto de interseções**. 2. ed. - Rio de Janeiro: DNIT, 2005.

DOIS LAJEADOS (Rio Grande do Sul). Prefeitura Municipal. **Histórico**. Disponível em: <https://doislajeadosrs.com.br/historico/>. Acesso em: 11 out. 2021.

EMPRESA GAÚCHA DE RODOVIAS - EGR (Rio Grande do Sul). **Quem somos**. Disponível em: <https://www.egr.rs.gov.br/quem-somos>. Acesso em: 15 fev. 2022.

GARCÍA, D. S. P. (2008). **Método para Análise da Consistência Geométrica das Rodovias Brasileiras de Pista Simples**. 165 f. Tese - (Doutorado em Engenharia de Produção - Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS). Escola de Engenharia. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção.

GOOGLE. **Google Earth**. Versão PRO. Disponível em: <https://www.google.com.br/earth/download/gep/agree.html>. Acesso em: 16 de out. de 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Síntese de Indicadores Sociais**: uma análise das condições de vida da população brasileira. Uma análise das Condições de Vida da População Brasileira. 2018. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101629.pdf>. Acesso em: 24 out. 2021.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT). **Manual de procedimento de Pesquisa para análise de conflitos de tráfego em interseções**. 1991. Disponível em: <sites.poli.usp.br/d/ptr2552/IPTManualAn%E1liseConflitosInterse%E7%F5es91.pdf>. Acesso em: 20 set. 2021.

MARCUSSO, L. G.; SOLEK, M. J. **Proposta de remodelação de uma interseção rodoviária na cidade de Curitiba/PR com foco na segurança dos usuários e na capacidade de tráfego**. 2018. Monografia (Graduação) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2018. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/11279>. Acesso em: 11 set. 2021.

MILLACK, T. S. **Projeto geométrico de uma interseção em desnível**. 2014. Monografia (Graduação) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/121992>. Acesso em: 15 set. 2021.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **Relatório de status global sobre segurança no trânsito 2018**. 2018. Disponível em: https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2018/en/. Acesso em: 14 mar. 2022

Observatório Nacional de Segurança Viária (ONSV). **OMS divulga relatório sobre mortes no trânsito e sugere redução de velocidade em áreas urbanas**. 2019. Disponível em: <https://www.onsv.org.br/oms-divulga-relatorio-sobre-mortes-no-transito-e-sugere-reducao-de-velocidade-em-areas-urbanas/>. Acesso em: 04 nov. 2021.

PIMENTA, Carlos Reinaldo T.; OLIVEIRA, Márcio Pires de. **Introdução ao Projeto Geométrico de Interseções Rodoviárias**. EESC/USP, SP. 2004

Plano Nacional de Logística e Transporte. Relatório Executivo. Disponível em: http://www2.transportes.gov.br/PNLT/Sumario_Executivo.pdf. Acesso em: 07 de set. de 2021.

POLON, Luana. **Tipos de relevo do Brasil**. Disponível em: <http://www.estudopratico.com.br/tipos-de-relevo-dobrasil>. Acesso em 25 de out. 2021.

SCHMIDT, Petra. **Proposta de alterações geométricas em uma interseção rodoviária no entroncamento entre a RSC-453 e VRS-816, situada em Venâncio Aires/RS**. 2021. 81 f. Monografia - (Bacharel em Engenharia Civil - Universidade do Vale do Taquari - Univates), Lajeado/RS, 2021.

SILVA, Paulo Cesar Marques da (org.). **Engenharia de Tráfego: teoria do fluxo de tráfego**. Teoria do Fluxo de Tráfego. 1994. Disponível em: <http://www.sinaldetransito.com.br/artigos/teoria-do-fluxo-de-trafego.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2021.

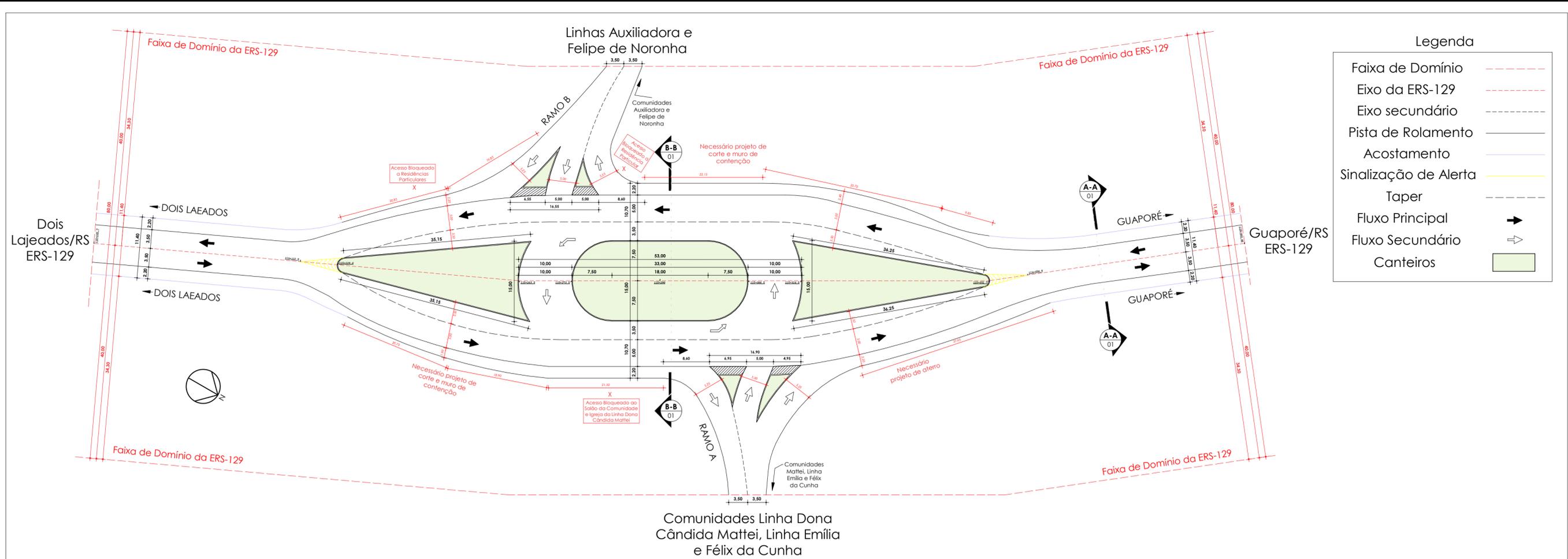
TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (TRB). **Highway Capacity Manual**. Washington, 2010. 1 v.

VIEIRA, César A. O.; NACIMENTO, David V. da R.; BRITO, Larissa L. da L. F.; de ABREU, Eliane A. P.; Um Breve Histórico da Infra-Estrutura e Logística na Economia Brasileira – 1994/2005. *IN: F. CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS – 2. ECONOMIA 11.*, 2006, Florianópolis, SC. **ANAIS [...]**. Florianópolis, SC. Disponível em: http://www.sbpcnet.org.br/livro/58ra/senior/RESUMOS/resumo_1287.html. Acesso em: 07 de set. 2021.

VILHENA, Gleyce; SILVA, Olavo (2017). Avaliação de impactos ambientais de rodovias no Módulo II da Floresta Estadual do Amapá. **Revista de Geografia e Ordenamento do Território (GOT), n.º 12 (dezembro)**. Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território, p. 357-381, [dx.doi.org/10.17127/got/2017.12.016](https://doi.org/10.17127/got/2017.12.016). Acesso em: 25 de out. 2021.

WASELFISZ, Julio Jacobo. **Mapa da violência: acidentes de trânsito e motocicletas**. Rio de Janeiro: Centro Brasileiro de Estudos Latino-Americanos/Faculdade Latino-Americana de Ciências Sociais; 2013.

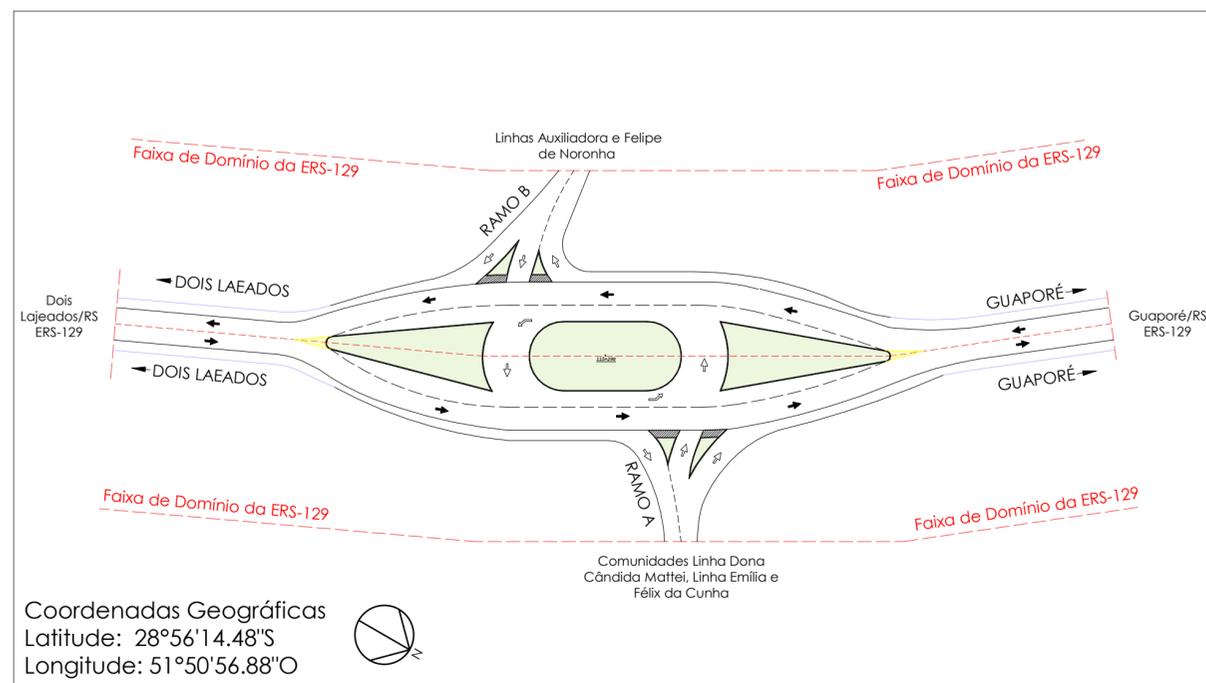
APÊNDICE A - PROJETO GEOMÉTRICO DE INTERSEÇÃO



Legenda

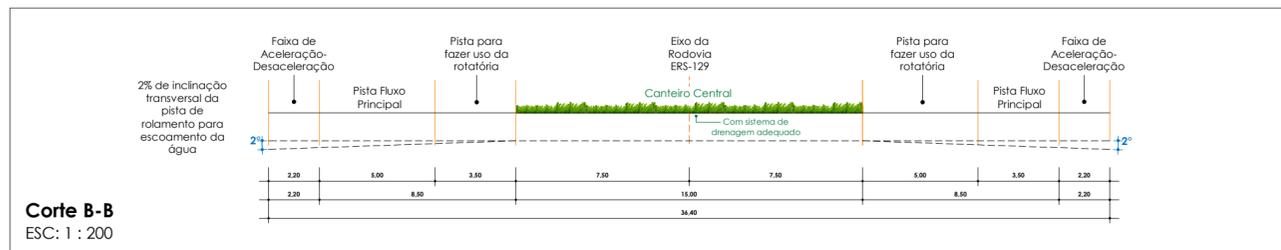
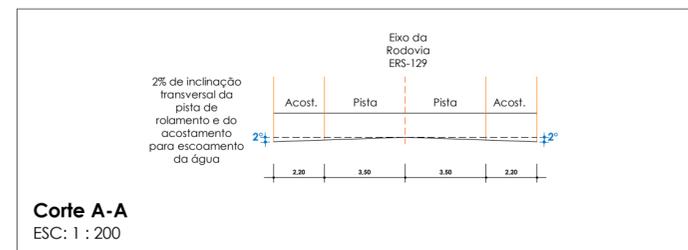
Faixa de Domínio	- - - - -
Eixo da ERS-129	- - - - -
Eixo secundário	- - - - -
Pista de Rolamento	—————
Acostamento	—————
Sinalização de Alerta	—————
Taper	—————
Fluxo Principal	➔
Fluxo Secundário	➞
Canteiros	■

Croqui da Interseção
ESC: 1 : 500



Coordenadas Geográficas
Latitude: 28°56'14.48"S
Longitude: 51°50'56.88"O

Situação-Localização
ESC: 1 : 1000



Imagens do local realizadas com o uso de drone



PROJETO
Projeto de Interseção

LOCAL
ERS-129, Km 115+290, município de Dois Lajeados/RS

PROPRIETÁRIO
Empresa Gaúcha de Rodovias - EGR

Desenhista
Lucas Mattei Filipi Chiela

Data
Junho/2022

ASSUNTO
Proposta de Alteração Geométrica

FRANCHA

ANEXO A - REDE RODOVIÁRIA ESTADUAL (DIVISÃO EM TRECHOS)



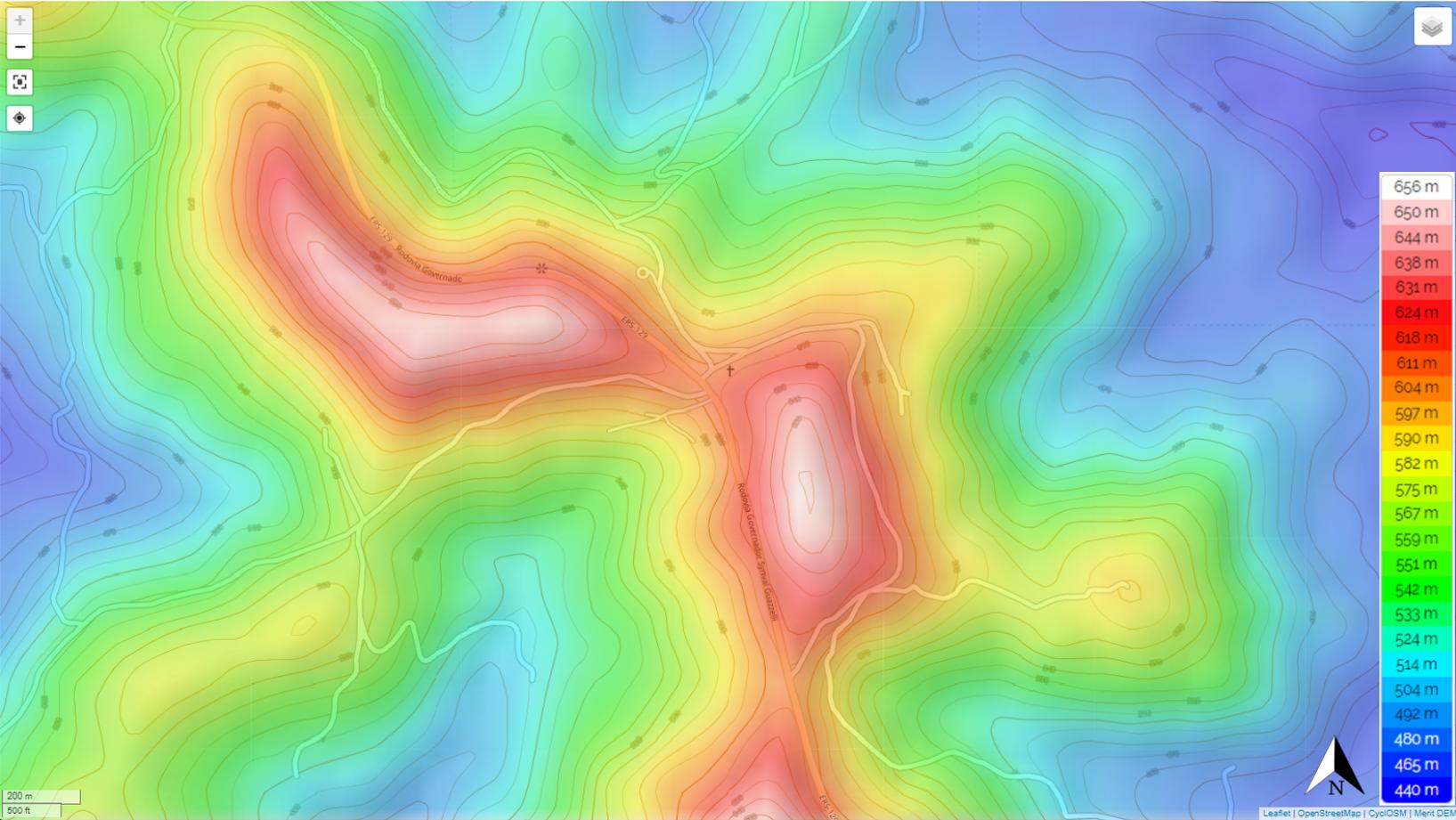
DEPARTAMENTO AUTÔNOMO DE ESTRADAS DE RODAGEM
SPQ-SUPERINTENDÊNCIA DE PESQUISAS RODOVIÁRIAS
EET-EQUIPE DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO

REDE RODOVIÁRIA ESTADUAL - DIVISÃO EM TRECHOS

ERS	CÓDIGO	TRECHO	INICIO (km)	FIM (km)	EXT. (km)	SIT. FIS.	AUTO	COL.	LEVE	MÉDIA	PES.	ULTRA	VDM	MÊS	ANO	3R
126	126ERS0001	ENTR. ERS-324 (NOVA ARAÇA) - GUABUJU	0,00	23,61	23,61	EOP							0			
126	126ERS0003	GUABUJU - ENTR. ERS-438 (SÃO JÓRGE)	23,61	28,88	5,27	EOP	375	12	40	75	52	21	575	0	ABR	1997
126	126ERS0005	ENTR. ERS-438 (SÃO JÓRGE) - IBIRAJARAS	28,88	49,23	20,35	EOP							0			
126	126ERS0007	IBIRAJARAS - ENTR. ERS-335(A) (CASÉIROS)	49,23	63,38	13,65	PAV	971	35	108	101	90	31	1336	0	OUT	2003
126	126ERS0010	ENTR. ERS-335(A) (CASÉIROS) - ENTR. ERS-285(B) (PI LAGOA VERMELHA)	63,38	72,03	8,65	PAV							0			
126	126ERS0020	ENTR. ERS-285(B) (PI LAGOA VERMELHA) - ENTR. ERS-467 (TRES PORTEIRAS)	72,03	100,09	28,06	PAV	572	16	61	70	78	41	838	0	DEZ	1996
126	126ERS0030	ENTR. ERS-467 (TRES PORTEIRAS) - ENTR. ERS-457 (TRES PORTEIRAS)	72,03	100,09	28,06	EOP	558	30	157	124	162	157	1288	0	ABR	2002
126	126ERS0030	ENTR. ERS-285(B) (PI LAGOA VERMELHA) - ENTR. ERS-457 (TRES PORTEIRAS)	72,03	100,09	28,06	PAV	1194	42	104	137	304	183	1964	0	ABR	2013
126	126ERS0030	ENTR. ERS-285(B) (PI LAGOA VERMELHA) - ENTR. ERS-457 (TRES PORTEIRAS)	72,03	100,09	28,06	PAV	1354	32	85	113	188	104	1875	0	JUN	2015
126	126ERS0030	ENTR. ERS-457 (TRES PORTEIRAS) - ENTR. ERS-343 (SANANDUVA)	100,09	109,77	9,68	PAV	995	23	95	95	96	49	1344	0	DEZ	1996
126	126ERS0030	ENTR. ERS-467 (TRES PORTEIRAS) - ENTR. ERS-343 (SANANDUVA)	100,09	109,77	9,68	PAV	1595	49	245	217	258	258	2627	0	ABR	2002
126	126ERS0030	ENTR. ERS-467 (TRES PORTEIRAS) - ENTR. ERS-343 (SANANDUVA)	100,09	109,77	9,68	PAV	2133	85	174	199	395	228	3215	0	MAI	2013
126	126ERS0030	ENTR. ERS-467 (TRES PORTEIRAS) - ENTR. ERS-343 (SANANDUVA)	100,09	109,77	9,68	PAV	2415	65	143	237	332	164	3395	0	JUN	2015
126	126ERS0050	ENTR. ERS-343 (SANANDUVA) - ENTR. ERS-475 (PI GETULIO VARGAS)	109,77	112,85	3,08	PAV	219	9	45	35	12	3	324	0	DEZ	1993
126	126ERS0050	ENTR. ERS-343 (SANANDUVA) - ENTR. ERS-475 (PI GETULIO VARGAS)	109,77	112,85	3,08	PAV	700	20	95	51	27	22	915	0	ABR	2000
126	126ERS0050	ENTR. ERS-343 (SANANDUVA) - ENTR. ERS-475 (PI GETULIO VARGAS)	112,85	127,52	14,67	PAV	1314	54	253	221	120	59	2051	0	MAI	2002
126	126ERS0070	ENTR. ERS-475 (PI GETULIO VARGAS) - SÃO JOÃO DA URTIGA	112,85	127,52	14,67	PAV	219	9	45	35	12	3	324	0	DEZ	1993
126	126ERS0070	ENTR. ERS-475 (PI GETULIO VARGAS) - SÃO JOÃO DA URTIGA	112,85	127,52	14,67	PAV	700	20	95	51	27	22	915	0	ABR	2000
126	126ERS0070	ENTR. ERS-475 (PI GETULIO VARGAS) - SÃO JOÃO DA URTIGA	112,85	127,52	14,67	PAV	719	42	110	71	53	29	1024	0	ABR	2002
126	126ERS0070	ENTR. ERS-475 (PI GETULIO VARGAS) - SÃO JOÃO DA URTIGA	127,52	134,22	6,70	PAV	1670	58	105	126	137	60	2195	0	MAI	2013
126	126ERS0080	SÃO JOÃO DA URTIGA - ENTR. ERS-477 (A) (PI CENTENÁRIO)	127,52	134,22	6,70	PAV	219	9	45	35	12	3	324	0	DEZ	1993
126	126ERS0080	SÃO JOÃO DA URTIGA - ENTR. ERS-477 (A) (PI CENTENÁRIO)	127,52	134,22	6,70	PAV	450	13	100	65	19	19	666	0	ABR	2000
126	126ERS0080	SÃO JOÃO DA URTIGA - ENTR. ERS-477 (A) (PI CENTENÁRIO)	127,52	134,22	6,70	PAV	457	25	84	55	25	11	657	0	ABR	2002
126	126ERS0085	ENTR. ERS-477 (A) (PI CENTENÁRIO) - ENTR. ERS-477 (B) (PI PAIM FILHO)	134,22	143,20	8,98	PAV	219	9	45	35	12	3	324	0	DEZ	1993
126	126ERS0085	ENTR. ERS-477 (A) (PI CENTENÁRIO) - ENTR. ERS-477 (B) (PI PAIM FILHO)	134,22	143,20	8,98	PAV	450	13	100	65	19	19	666	0	ABR	2000
126	126ERS0085	ENTR. ERS-477 (A) (PI CENTENÁRIO) - ENTR. ERS-477 (B) (PI PAIM FILHO)	134,22	143,20	8,98	PAV	457	25	84	55	25	11	657	0	ABR	2002
126	126ERS0090	ENTR. ERS-477 (B) (PI PAIM FILHO) - ENTR. ERS-208 (MAXIMILIANO DE ALMEIDA)	143,20	152,30	9,10	PAV	219	9	45	35	12	3	324	0	DEZ	1993
126	126ERS0090	ENTR. ERS-477 (B) (PI PAIM FILHO) - ENTR. ERS-208 (MAXIMILIANO DE ALMEIDA)	143,20	152,30	9,10	PAV	491	39	59	43	19	11	651	0	ABR	2002
126	126ERS0110	ENTR. ERS-208 (MAXIMILIANO DE ALMEIDA) - ACESSO A PINHALZINHO	152,30	168,49	16,19	IMP	183	12	18	25	5	0	243	0	OUT	1997
126	126ERS0130	ACESSO A PINHALZINHO - MARCELINO RAMOS (AGUAS TERMAIS) (INICIO TRV-MUN)	168,49	178,78	10,29	IMP							0			
126	126ERS0150	MARCELINO RAMOS (AGUAS TERMAIS) (INICIO TRV-MUN) - ENTR. ERS-331 (491) (MARCELINO RAMOS)	178,78	184,22	5,44	PAV	437	22	33	19	4	2	517	0	ABR	2002
126	126ERS0010	ENTR. ERS-129 (BOM RETIRO DO SUL) - ENTR. ERS-386(A) (PI ESTRELA)	0,00	8,31	8,31	PAV	1333	57	118	139	58	8	1713	0	JAN	1994
126	126ERS0010	ENTR. ERS-129 (BOM RETIRO DO SUL) - ENTR. ERS-386(A) (PI ESTRELA)	0,00	8,31	8,31	PAV	1661	65	154	179	123	19	2202	0	NOV	2000
126	126ERS0030	ENTR. ERS-386(A) (PI ESTRELA) - ENTR. ERS-386(B) (PI TABAÍ)	8,31	13,89	5,58	PAV							0			
126	126ERS0050	ENTR. ERS-386(B) (PI TABAÍ) - ENTR. ERS-419 (PI POÇO DAS ANTAS)	13,89	25,27	11,38	PAV							0			
126	126ERS0060	ENTR. ERS-419 (PI POÇO DAS ANTAS) - ENTR. ERS-453 (TEUTONIA)	25,27	30,27	5,00	PAV							0			
126	126ERS0070	ENTR. ERS-453 (TEUTONIA) - ENTR. ERS-129 (COLINAS)	30,27	38,27	8,00	PLA							0			
126	126ERS0010	ENTR. RSC-287 (PI MONTENEGRO) - ENTR. ERS-128 (BOM RETIRO DO SUL)	0,00	11,98	11,98	IMP							0			
126	126ERS0030	ENTR. ERS-128 (BOM RETIRO DO SUL) - ACESSO A ESTRELA	11,98	25,35	14,38	IMP	235	33	21	33	5	0	327	0	ABR	2005
126	126ERS0040	ACESSO A ESTRELA - ENTR. ERS-385(A) (PI MONTENEGRO)	25,35	30,33	4,98	PAV							0			
126	126ERS0045	ENTR. ERS-385(A) (PI MONTENEGRO) - ENTR. ERS-385(B) (453) ESTRELA	30,33	35,27	5,44	PAV							0			
126	126ERS0050	ENTR. ERS-386(B) (453) ESTRELA) - ENTR. ERS-128 (COLINAS)	35,27	52,55	16,38	PAV	1110	144	101	131	124	51	1661	0	DEZ	1991
126	126ERS0050	ENTR. ERS-386(B) (453) ESTRELA) - ENTR. ERS-128 (COLINAS)	52,55	52,55	16,38	PAV	707	53	73	105	38	3	979	0	NOV	2000
126	126ERS0070	ENTR. ERS-128 (COLINAS) - VILA 31 DE OUTUBRO (INICIO TRV-MUN)	52,55	55,07	2,42	IMP	1110	144	101	131	124	51	1661	0	DEZ	1991
126	126ERS0073	VILA 31 DE OUTUBRO (INICIO TRV-MUN) - VILA 31 DE OUTUBRO (FIM TRV-MUN)	55,07	57,52	2,45	PAV	1110	144	101	131	124	51	1661	0	DEZ	1991
126	126ERS0074	VILA 31 DE OUTUBRO (FIM TRV-MUN) - ENTR. VRS-841 (ROÇA SALES)	57,52	65,43	7,91	IMP	1110	144	101	131	124	51	1661	0	DEZ	1991
126	126ERS0075	ENTR. VRS-841 (ROÇA SALES) - ENTR. ERS-130 (PI ARROIO DO MEIO)	65,43	68,50	3,07	PAV							0			
126	126ERS0080	ENTR. ERS-130 (PI ARROIO DO MEIO) - ENCANYADO	68,50	70,38	1,88	PAV							0			
126	126ERS0080	ENCANYADO - ENTR. ERS-382 (PI ILOPOLIS)	70,38	74,13	3,75	PAV							0			
126	126ERS0100	ENTR. ERS-382 (PI ILOPOLIS) - MUCUM	74,13	82,82	8,69	PAV							0			
126	126ERS0110	MUCUM - ENTR. ERS-441 (DOIS LAJEADOS)	82,82	105,47	22,65	PAV							0			
126	126ERS0130	ENTR. ERS-441 (DOIS LAJEADOS) - ENTR. ERS-441 (GUAFONE)	105,47	127,78	22,31	PAV							0			
126	126ERS0150	ENTR. ERS-441 (GUAFONE) - ENTR. VRS-851 (SERAFINA CORREA)	127,78	147,73	19,95	PAV	3269	101	303	412	715	566	5366	0	JUL	2003
126	126ERS0170	ENTR. VRS-851 (SERAFINA CORREA) - ENTR. ERS-447 (PI MONTAURI)	147,73	150,82	3,09	PAV	3269	101	303	412	715	566	5366	0	JUL	2003
126	126ERS0180	ENTR. ERS-447 (PI MONTAURI) - ENTR. ERS-334(A) (PI NOVA ARAÇA)	150,82	164,29	13,47	PAV	3269	101	303	412	715	566	5366	0	JUL	2003
126	126ERS0180	ENTR. ERS-447 (PI MONTAURI) - ENTR. ERS-334(A) (PI NOVA ARAÇA)	150,82	164,29	13,47	PAV	1480	49	155	209	275	99	2268	0	AGO	2003
126	126ERS0190	ENTR. ERS-334(A) (PI NOVA ARAÇA) - ENTR. ERS-334(B) (CASCA)	164,29	165,76	1,47	PAV	3269	101	303	412	715	566	5366	0	JUL	2003
126	126ERS0190	ENTR. ERS-334(A) (PI NOVA ARAÇA) - ENTR. ERS-334(B) (CASCA)	164,29	166,76	2,47	PAV	3189	85	248	291	718	563	5095	0	NOV	2010
126	126ERS0210	ENTR. ERS-334(B) (CASCA) - SÃO DOMINGOS DO SUL	166,76	178,33	11,57	PAV	593	21	33	38	70	1	756	0	MAR	2008
126	126ERS0230	SÃO DOMINGOS DO SUL - VANINI	178,33	187,07	8,74	EOP							0			
126	126ERS0250	VANINI - ENTR. ERS-434 (DAVID CANABARRO)	187,07	195,55	8,48	EOP							0			

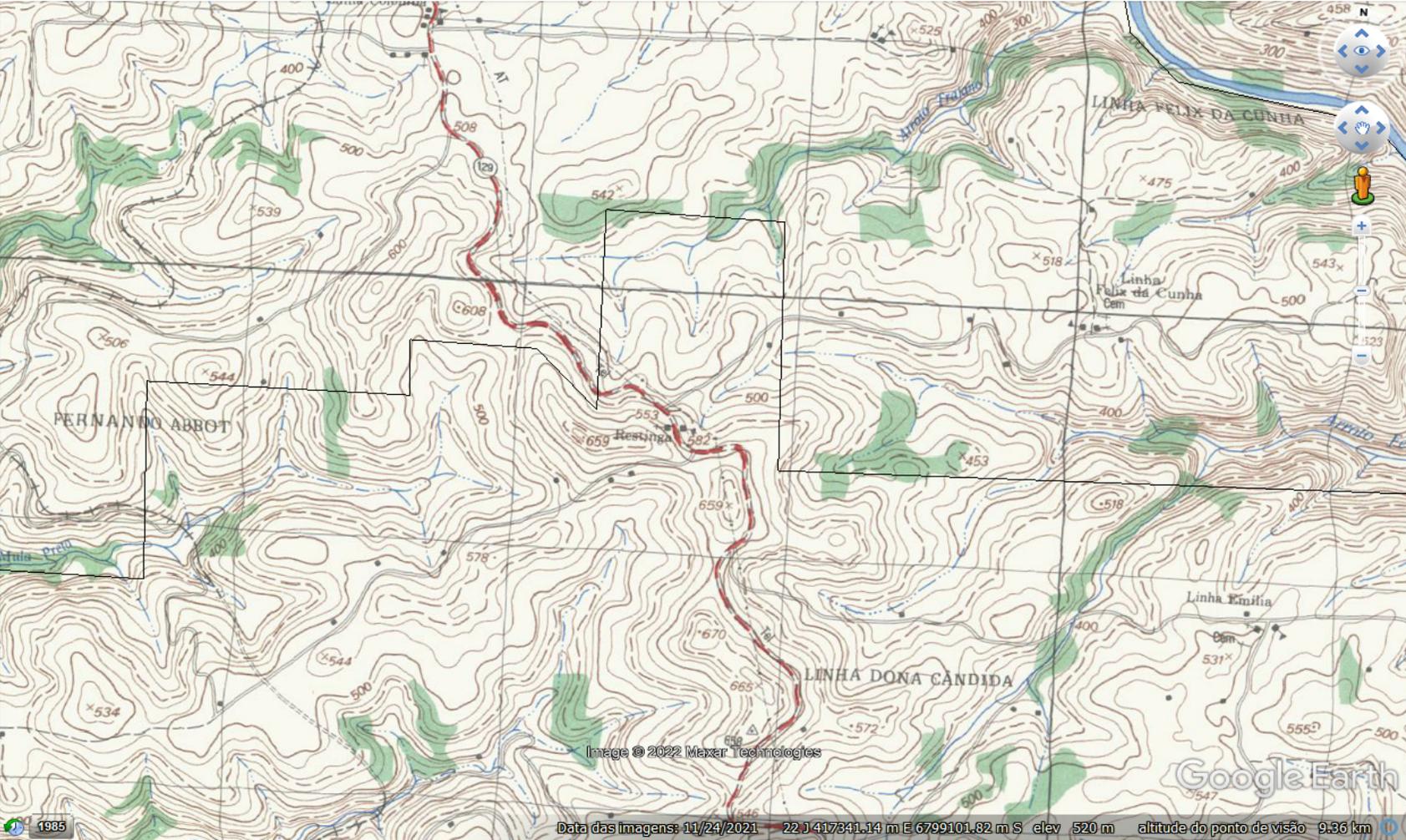
Fonte: DAER (2017).

ANEXO B - MAPA TOPOGRÁFICO DO SITE TOPOGRAPHIC-MAP



Fonte: *Topographic-map* (2022).

ANEXO C - CARTA TOPOGRÁFICA DO EXÉRCITO BRASILEIRO



Fonte: Google Earth - Cartas Topográficas do Exército Brasileiro



UNIVATES

R. Avelino Talini, 171 | Bairro Universitário | Lajeado | RS | Brasil
CEP 95914.014 | Cx. Postal 155 | Fone: (51) 3714.7000
www.univates.br | 0800 7 07 08 09