



ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL
CNPJ 88.332.580/0001-65



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Redeenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U. nº 198, de 14/10/2016
AELBRA EDUCAÇÃO SUPERIOR - GRADUAÇÃO E PÓS-GRADUAÇÃO S.A.

Laena Alves Ribeiro Mendanha

PROJETO GEOMÉTRICO DE RODOVIAS: análise do traçado horizontal da rodovia BR-
010 – trecho entre Natividade e Santa Rosa do Tocantins

Palmas – TO

2020

Laena Alves Ribeiro Mendanha

PROJETO GEOMÉTRICO DE RODOVIAS: análise do traçado horizontal da rodovia BR-
010 – trecho entre Natividade e Santa Rosa do Tocantins

Projeto de Pesquisa elaborado e apresentado como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II do curso de bacharelado em Engenharia civil do Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Esp. Euzir Pinto Chagas

Palmas – TO

2020

Laena Alves Ribeiro Mendanha

PROJETO GEOMÉTRICO DE RODOVIAS: análise do traçado horizontal da rodovia BR-010 – trecho entre Natividade e Santa Rosa do Tocantins

Projeto de Pesquisa elaborado e apresentado como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II do curso de bacharelado em Engenharia civil do Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Esp. Euzir Pinto Chagas

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Esp. Euzir Pinto Chagas

Orientador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Prof. Msc. Edvaldo Alves dos Santos

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Prof. Msc. Fernando Moreno Suarte Júnior

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Palmas – TO

2020

RESUMO

A falta de adequação as normas ou de manutenção nas rodovias tem gerado grandes problemas, além de causar acidentes, influencia na economia, desenvolvimento e turismo de cidades, pois uma rodovia em má estado causa danos em veículos, inclusive em veículos de carga que transportam produtos entre cidades e estados. Assim há prejuízos com a manutenção dos possíveis danos, um maior gasto com diesel devido aos desvios necessários, aumentando desta forma o valor do frete e dos produtos, dificultando ou impossibilitando a chegada dos mesmos ao seu destino. O presente trabalho visa mostrar a importância de vias e rodovias adequadas e com a manutenção em dia, usando como exemplo curvas do trecho entre Natividade e Santa Rosa do Tocantins. A elaboração deste trabalho deu-se por meio de uma pesquisa descritiva com caráter quantitativo e qualitativo, buscando análise de resultado através de números e dados, onde verificou-se a possível não adequação do trecho escolhido nas normas do DNIT e as prováveis consequências, buscando propor as soluções cabíveis.

Palavras-chave: Rodovias. DNIT. Problemas. Adequação.

RESUME

Lack of compliance with standards or maintenance on highways has created major problems, in addition to causing accidents, influencing the economy, development and tourism of cities, as a highway in poor condition causes damage to vehicles, including cargo vehicles that transport products between cities and states. Thus there are losses with the maintenance of possible damages, a greater expense with diesel due to the necessary deviations, thus increasing the value of freight and products, making it difficult or impossible for them to arrive at their destination. The present work aims to show the importance of adequate roads and highways and keeping them up to date, using as an example curves of the stretch between Natividade and Santa Rosa do Tocantins. The elaboration of this work took place through a descriptive research with quantitative and qualitative character, looking for result analysis through numbers and data, where it was verified the possible non adequacy of the chosen section in the DNIT norms and the probable consequences, looking for propose appropriate solutions.

Keywords: Highways. DNIT. Problems. Adequacy.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Sigla para as rodovias federais.....	13
Figura 2 – Categorias de rodovias federais.....	13
Figura 3 – Condição do tráfego para o nível de serviço A.....	18
Figura 4 – Condição do tráfego para o nível de serviço B.....	19
Figura 5 – Condição do tráfego para o nível de serviço C.....	19
Figura 6 – Condição do tráfego para o nível de serviço D.....	20
Figura 7 – Condição do tráfego para o nível de serviço E.....	20
Figura 8 – Condição do tráfego para o nível de serviço F.....	21
Figura 9 – Azimutes e ângulos de deflexão.....	22
Figura 10 – Elementos de concordância da curva circular simples.....	23
Figura 11 – Elementos de concordância da curva circular com transição.....	26
Figura 12 – Forças atuantes sobre um veículo em trajetória de curva.....	28
Figura 13 – Esquema para determinação da superlargura.....	31
Figura 14 – Trecho entre Natividade e Santa Rosa do Tocantins.....	33
Figura 15 – Rota entre Silvanópolis e Campos Lindos.....	36
Figura 16 – Acidentes sem feridos.....	37
Figura 17 – Acidentes com feridos.....	37
Figura 18 – Acidentes com vítimas fatais.....	38
Figura 19 – Tipos de acidentes no período analisado.....	38
Figura 20 – Curvas escolhidas.....	40
Figura 21 – Valores de superlargura para pista dupla- largura = 6,60m.....	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Parâmetros para a classificação funcional de rodovias.....	14
Tabela 2 – Velocidades.....	16
Tabela 3 – Características do veículo.....	17
Tabela 4 – Situações em que a curva circular com transição pode ser dispensada.....	25
Tabela 5 – Valores máximos admissíveis do coeficiente f.....	29
Tabela 6 – Situações em que a superelevação pode ser dispensada.....	29
Tabela 7 – Valores máximos e mínimos de superelevação de acordo com o revestimento.....	29
Tabela 8 – Valores máximos da superelevação de acordo com a elevação.....	29
Tabela 9 – Valores do gabarito lateral.....	32
Tabela 10 – Dados socioeconômicos.....	36
Tabela 11 – Classificação da rodovia.....	39
Tabela 12 – Elementos geométricos encontrados nas curvas.....	40
Tabela 13 – Raios mínimos para uma superelevação máxima.....	42
Tabela 14 – Elementos geométricos calculados.....	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AASHTO	Associação Americana de Rodovias do Estado e Funcionários de Transporte
APROSOJA	Associação dos Produtores de Soja e Milho do Mato Grosso
CONDEL	Conselho Deliberativo da Sudam
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagens
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
MTPA	Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil
SUDAM	Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 OBJETIVOS	9
1.1.1 Objetivo Geral	9
1.1.2 Objetivos Específicos	9
1.2 JUSTIFICATIVA.....	9
2 REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1 CLASSIFICAÇÃO DA RODOVIA	12
2.1.1 Posição Geográfica	12
2.1.2 Função	14
2.1.3 Jurisdição	15
2.1.4 Características topográficas	15
2.1.5 Condições técnicas	16
2.1.5.1 Velocidade	16
2.1.5.2 Largura da pista e acostamento	16
2.1.5.3 Distância de visibilidade.....	17
2.1.5.4 Níveis de serviço	18
2.2 CLASSES DE PROJETOS	21
2.3 LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO	21
2.3.1 Fase Preliminar	21
2.3.2 Fase de Projeto Básico	22
2.3.3 Fase de Projeto Executivo	22
2.4 ELEMENTOS GEOMÉTRICOS	22
2.4.1 Azimutes e Ângulos de Deflexão	22
2.4.2 Curvas Circulares Simples	23
2.4.2.1 Cálculo da concordância da curva circular simples	24
2.4.3 Curvas Circulares com Transição	25
2.4.3.1 Cálculo da concordância da curva circular com transição.....	26
2.4.4 Superelevação	28
2.4.5 Superlargura	30
2.4.5.1 Cálculo da concordância da curva circular com transição.....	31
3 METODOLOGIA	33
3.1 DESENHO DO ESTUDO (TIPO DE ESTUDO).....	33
3.2 LOCAL E PERÍODO DE REALIZAÇÃO DA PESQUISA	33

3.3 PESQUISA DE DADOS	34
4 RESULTADOS	35
5 CONCLUSÃO	43
REFERÊNCIAS	44
ANEXOS	47

1 INTRODUÇÃO

As rodovias devem ser projetadas e executadas de acordo com o manual de implantação básica de rodovias do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) - 2010 e, quando não são, surgem diversos problemas como: acidentes, tráfego intenso e interferências no comércio e desenvolvimento das cidades.

De acordo com Rockmann (2014 apud Azevedo, 2014), o acréscimo médio do custo operacional devido às más condições das rodovias é em média de 25% no Brasil. Nas regiões Sul e Sudeste os acréscimos de custo de transporte em função das condições deterioradas das rodovias são de 19% e 21%, respectivamente. Já o Norte apresenta os maiores acréscimos de custo devido às más condições das estradas, com o valor de quase 40%.

Porém, para que uma rodovia seja benéfica e favoreça os usuários da mesma, esta precisa de um projeto eficiente que seja realizado visando as normas vigentes. Pois uma rodovia projetada fora das normas pode causar vários problemas como acidentes, atrapalhar o tráfego sobre a mesma, prejudicar o desenvolvimento de possíveis cidades envolvidas, interferindo assim na saúde, segurança e na movimentação econômico-financeira.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Elaborar um estudo do traçado geométrico da rodovia BR-010 (trecho: Natividade a Santa Rosa do Tocantins) visando a correção geométrica em algumas curvas da mesma de acordo com o manual de pavimentação do DNIT - 2010.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Classificar a rodovia de acordo com as especificações do DNIT para o tráfego atual;
- Analisar um levantamento topográfico existente da rodovia;
- Analisar os elementos geométricos das curvas existentes;
- Propor possíveis soluções para a correção geométrica das curvas.

1.2 JUSTIFICATIVA

As rodovias são utilizadas para transporte de pessoas e cargas, fornecer o acesso às cidades e estados, e permitir uma conexão entre as mesmas; facilitando assim o comércio, desenvolvimento e turismo. Desta forma, a rodovia TO-050/BR-010 também proporciona essas vantagens. Segundo o Movimento Pró BR-010, ela é a esperança de desenvolvimento

econômico e melhoria na qualidade de vida, e, no estado do Tocantins a rodovia pode oferecer o mesmo que a BR-153 ofereceu às comunidades do lado esquerdo do rio Tocantins: desenvolvimento, dignidade e fomentar a economia local em cada região.

Ainda sobre a influência da rodovia no estado do Tocantins, aconteceu neste mesmo ano, em Belém - PA, na sede da Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia - Sudam, a 19ª Reunião Ordinária do Conselho Deliberativo da Sudam (CONDEL), na qual o vice-governador do Tocantins Wanderlei Barbosa solicitou a pavimentação da BR-010 (considerada o eixo de integração da Amazônia) em solo tocantinense, pois a mesma irá favorecer diversos municípios e intensificar o escoamento de produção, com uma importância maior para o município de Campos Lindo considerado o maior produtor de grãos do estado.

O Ministério dos Transportes lançou em 2017 um estudo para impulsionar o escoamento de grãos do país. Esse estudo conta com uma coleção de seguinte título: Corredores de Transportes, o qual identificou a situação e qualidade das rodovias, hidrovias e ferrovias que fazem parte do transporte da soja e do milho. Eles observaram a ausência de pavimentação e sinalização nas estradas, falta de compatibilidade dos canais nas hidrovias e controle inapto de trens. O secretário de política e integração do Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil (MTPA), Herbert Drummond afirmou que: “Esses problemas reduzem o potencial do escoamento dos principais produtos da economia brasileira. Por esse motivo, a infraestrutura das rotas de escoamento está na nossa mira”,

Apenas 13% do volume total dos grãos exportados saem pelo corredor Norte, mas apesar desse volume não ser muito relevante, suas rotas são estudadas como uma opção para o transporte e aliviar os portos do Sul e Sudeste, os quais comportam a maior parte do volume de grãos exportados. Com isso, o diretor da Associação dos Produtores de Soja e Milho do Mato Grosso (APROSOJA), Edeon Vaz, informa que: “Para o próximo ano, esperamos um aumento na produção voltada para a exportação e, se tudo der certo, esse crescimento deve ser de 3 milhões de toneladas de soja e milho ao ano”, e afirma, arrematando: “O Corredor Norte é uma realidade, não tem volta”.

Os problemas citados por Drummond são apenas alguns dos encontrados nas rodovias além de também terem impacto na segurança, alguns trechos têm curvas tão perigosas que ganharam nomes, como: curva do s, curva da pratinha e curva da morte.

Na curva do s, situada na BR-116, aconteceu um acidente fatal no dia 14 de fevereiro deste ano, quando um caminhão de carga tombou. Na curva da Pratinha os números de acidentes envolvendo veículos de carga vêm aumentando, de janeiro a maio de 2020 foram registrados sete acidentes (um número superior se comparado aos dois anos anteriores); no dia

6 de junho de 2020 um caminhão carregado de sucata tombou na curva, o condutor contou que passou no trecho a 40 km/h e mesmo assim não conseguiu evitar o tombamento. Nesse mesmo trecho no dia 30 de maio deste ano, outro caminhão que carregava blocos de papéis também havia tombado.

Já a curva da morte, a qual está em declive e é considerada muito perigosa, faz parte de um trecho da rodovia TO-387 chamado apertar da hora. Esse trecho conta com 2 km de extensão e tem um traçado sinuoso, contendo várias curvas em sequência. Diversos acidentes com mortes aconteceram no local, como no dia 24 de maio de 2020 quando um caminhão saiu da pista e colidiu contra um barranco na curva.

Com isto, esse estudo de caso se justifica através da análise dos problemas encontrados no trecho escolhido, os quais prejudicam as cidades envolvidas, a segurança de quem trafega pelo mesmo, e a proposta de solução dos mesmos. Além disso, colocar em prática os conhecimentos adquiridos, aprimorando o aprendizado acadêmico.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Para construir uma rodovia deve-se seguir o Manual de Implantação Básica de Rodovias do DNIT, e ao se iniciar a realização do projeto de uma rodovia é necessário realizar alguns estudos, como: estudo do traçado, estudo da topografia, estudo do tráfego, estudo hidrológico, estudo ambiental e estudo de viabilidade técnica, econômica e ambiental (EVTEA).

Conforme as Diretrizes básicas para elaboração de estudos e projetos rodoviários do Departamento Nacional de Estradas de Rodagens (DNER) (1999, p. 7), “denomina-se estudo de viabilidade técnica, econômica e ambiental o conjunto de estudos desenvolvidos para avaliação dos benefícios sociais e econômicos decorrentes dos investimentos em implantação de novas rodovias ou melhoramentos de rodovias já existentes.”

Além dos estudos, alguns projetos acompanham o início da construção de uma rodovia como projeto geométrico, projeto de terraplenagem, projeto de drenagem, projeto de obras de arte correntes e especiais, projeto de pavimentação, projeto de integração ao meio ambiente e paisagismo, projeto de intersecções, projeto de desapropriação, projeto de sinalização vertical e horizontal, projeto de sinalização em fase de obras, projeto de elementos de segurança, e também o orçamento da obra, seu plano de execução e o relatório de impacto ambiental.

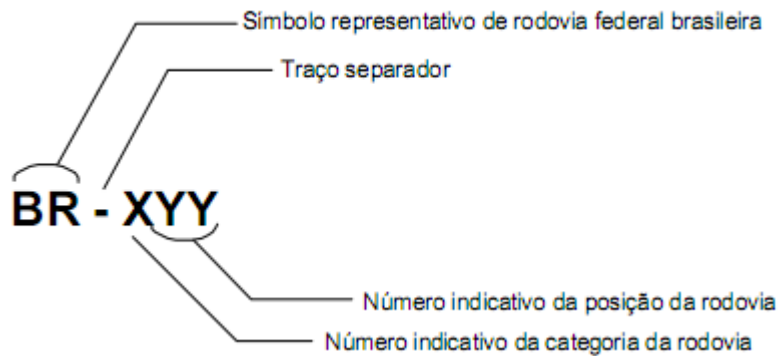
2.1 CLASSIFICAÇÃO DA RODOVIA

Após os estudos e projetos, é realizada a classificação da rodovia. O Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais do DNER (1999, p. 11) traz um comentário da importância/necessidade dessa classificação afirmando que: “a classificação de rodovias por diferentes critérios têm-se revelado necessária para atender a enfoques e objetivos diversos de natureza técnica, administrativa e de interesse dos usuários das vias em geral.” As rodovias podem ser classificadas a partir dos seguintes parâmetros:

2.1.1 Posição Geográfica

Conforme Lee (2000, p. 7) a nomenclatura usada para a classificação das rodovias federais quanto à sua posição geográfica é a seguinte:

Figura 1 – Sigla para as rodovias federais

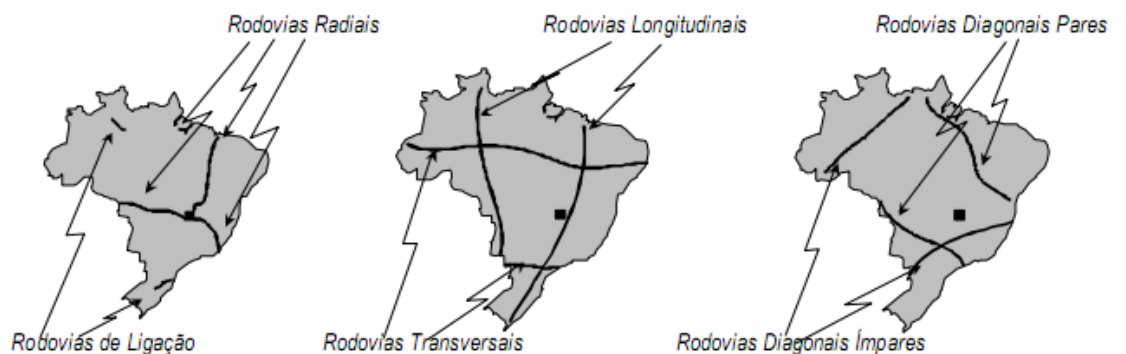


Fonte: Lee (2000).

Assim nós temos:

- Rodovias Radiais: abrangendo as rodovias cujos traçados têm uma extremidade em Brasília, a capital federal, e outra extremidade noutra importante do país e os números indicativos variam de 05 a 95, segundo a razão numérica de 05 e no sentido horário;
- Rodovias Longitudinais: compreendendo as rodovias cujos traçados se desenvolvem segundo a direção geral Norte – Sul;
- Rodovias Transversais: compreendendo as rodovias cujos traçados se desenvolvem segundo a direção geral Leste – Oeste;
- Rodovias Diagonais: envolvendo as rodovias cujos traçados se desenvolvem segundo as direções gerais Noroeste – Sudeste (chamadas de Rodovias Diagonais Pares) e Nordeste – Sudoeste (chamadas de Rodovias Diagonais Ímpares);
- Rodovias de Ligação: Rodovias de Ligação, categoria que incorpora as rodovias que não se enquadram nas categorias anteriores.

Figura 2 – Categorias de rodovias federais



Fonte: Lee (2000).

2.1.2 Função

“A classificação funcional é o processo pelo qual as vias são agrupadas hierarquicamente em subsistemas, conforme o tipo de serviço que oferecem e a função que exercem.” (Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais - DNER, 1999, p. 15). Portanto, quanto a sua funcionalidade, Lee (2000, p. 10) classifica as rodovias da seguinte maneira:

- Sistema Arterial, que compreende as rodovias cuja função principal é a de propiciar mobilidade;
- Sistema Coletor, englobando as rodovias que proporcionam um misto de funções de mobilidade e de acesso;
- Sistema Local, abrangendo as rodovias cuja função principal é a de oferecer oportunidades de acesso.

Os sistemas arterial e coletor ainda são subdivididos, conforme tabela abaixo:

Tabela 1 – Parâmetros para a classificação funcional de rodovias

SISTEMAS FUNCIONAIS		FUNÇÕES BÁSICAS	PARÂMETROS DE REFERÊNCIA
ARTERIAL	PRINCIPAL	Viagens internacionais e inter-regionais. Elevados níveis de mobilidade. Formar sistema contínuo na região. Articulação com rodovias similares em regiões vizinhas. Conectar capitais e cidades com pop. > 150.000 hab.	Extensão: 2 a 3,5% da rede. Serviço: 30 a 35% dos vpd.km. Ext. média de viagens: 120 km. Veloc. Operação: 60 a 120km/h.
	PRIMÁRIO	Viagens inter-regionais e interestaduais. Atender função essencial de mobilidade. Formar sistema contínuo na região. Conectar cidades com pop. +/- 50.000 hab.	Extensão: 1,5 a 3,5% da rede. Serviço: 10 a 20% dos vpd.km. Ext. média de viagens: 80 km. Veloc. Operação: 50 a 100km/h.
	SECUNDÁRIO	Viagens intra-estaduais e não servidas pelos sistemas superiores. Formar sistema contínuo com rodovias dos sistemas superiores, atendendo função essencial de mobilidade. Conectar cidades com pop. > 10.000 hab.	Extensão: 2,5 a 5% da rede. Serviço: 10 a 20% dos vpd.km. Ext. média de viagens: 60 km. Veloc. Operação: 40 a 80km/h.
COLETOR	PRIMÁRIO	Viagens intermunicipais. Acesso a geradores de tráfego (portos, mineração, parques turísticos, produção agrícola, etc.). Conectar cidades com pop. > 10.000 hab.	Extensão: 4 a 8% da rede. Serviço: 8 a 10% dos vpd.km. Ext. média de viagens: 50 km. Veloc. Operação: 30 a 70km/h.
	SECUNDÁRIO	Ligar áreas servidas com o sistema coletor primário ou com o sistema arterial. Acesso a grandes áreas de baixa densidade populacional. Conectar centros com pop. > 2.000 hab. e sedes municipais não servidas por sistemas superiores.	Extensão: 10 a 15% da rede. Serviço: 7 a 10% dos vpd.km. Ext. média de viagens: 35 km. Veloc. Operação: 30 a 60km/h.
LOCAL		Viagens intra-municipais. Acesso de pequenas localidades de áreas rurais às rodovias de sistemas superiores.	Extensão: 65 a 80% da rede. Serviço: 5 a 30% dos vpd.km. Ext. média de viagens: 20 km. Veloc. Operação: 20 a 50km/h.

Fonte: Adaptado de Lee (2000).

2.1.3 Jurisdição

Quanto à jurisdição, as rodovias são classificadas da seguinte forma:

- **Federais:** são rodovias arteriais de interesse da nação que percorre do mínimo mais de um estado e são construídas e/ou mantidas pelo governo federal;
- **Estaduais:** ligam entre si as cidades e a capital de um estado, usualmente tem função arterial ou coletora;
- **Municipais:** são as constituídas e mantidas pelo governo municipal;
- **Vicinais:** são estradas municipais que podem ser pavimentadas ou não, possibilitam a elevação de rendando setor primário e podem ser privadas.

“Em determinados casos, ante circunstâncias específicas, trechos integrantes da malha rodoviária sob jurisdição federal têm a sua administração repassada para a responsabilidade de outro órgão rodoviário, por delegação do DNIT.” (DNIT, 2010, p. 40)

2.1.4 Características topográficas

Quanto às características topográficas, o relevo mostra as características do terreno no qual será implantada a rodovia. Desta forma, a Associação Americana de Rodovias do Estado e Funcionários de Transporte - AASHTO define (Lee, 2000, p. 17, apud AASHTO, 1994, p. 236):

- **Relevo plano:** a condição em que as distâncias de visibilidade permitidas pela geometria da rodovia podem resultar bastante longas sem que para isso se incorra em maiores dificuldades construtivas ou custos mais elevados;
- **Relevo ondulado:** aquele em que as declividades do terreno natural passam a exigir constantes cortes e aterros para a conformação do perfil da rodovia, com ocasionais inclinações mais acentuadas oferecendo alguma restrição ao desenvolvimento normal dos alinhamentos horizontais e verticais;
- **Relevo montanhoso:** o que se caracteriza por mudanças abruptas de elevações entre o terreno natural e a plataforma da rodovia, tanto longitudinal quanto transversalmente, demandando frequentes aterros e cortes nas encostas para se conformar a geometria horizontal e vertical da rodovia.

2.1.5 Condições técnicas

2.1.5.1 Velocidade

Velocidade é uma grandeza vetorial responsável por deslocar um corpo por certa distância num intervalo de tempo. Aplicado à rodovias temos algumas grandezas que interessam nas diversas velocidades, essas grandezas são definidas por Senço (2008, p. 40) da seguinte forma:

- **Densidade de tráfego [D]:** é o número de veículos percorrendo a via em uma unidade de extensão. Pode-se imaginar, por exemplo, que em uma fotografia da via, tirada de um helicóptero, seja realizada a contagem do número de veículos entre dois marcos quilométricos consecutivos.
- **Fluxo de tráfego ou volume de tráfego [Q]:** É o número de veículos que passa por um ponto ou seção da via, na unidade de tempo. Corrente subsidiária ou fluxo subsidiário é o fluxo de veículos com a mesma velocidade.
- **Fluxo Normalizado:** é a relação entre o fluxo da via e o fluxo máximo possível - capacidade prática da via - $K_Q = Q/Q_{máx}$

Conforme sua prevista aplicação, a velocidade pode ter vários conceitos como mostrado na tabela abaixo:

Tabela 2 – Velocidades

Velocidade		Conceito - Definição	Aplicação
Diretriz		Básica para as características técnicas Função da Classe e da Região	Projeto Geometria da via
Percurso	Médio	L / t	Tabela de estudos
	Efetivo	$L / (t-\Delta t)$	
Operação		Média dos máximos reais	Estudos econômicos
Pontual (instantânea)		de / dt	Estudos de acidentes
Média Espacial		$V_s = (\sum D_i * V_i) / D$	Engenharia de tráfego
Média Temporal		$\Delta t \rightarrow V_i = \sum V_i / n$	Engenharia de tráfego

Fonte: Adaptado de Senço (2008).

2.1.5.2 Largura da pista e acostamento

- A largura do veículo influencia na largura da pista e no tamanho do acostamento;
- A distância entre eixos interfere no cálculo da superlargura das pistas principais e na determinação da largura dos raios mínimos internos e externos das pistas;
- O comprimento do veículo influencia na largura dos canteiros, na capacidade da rodovia e nas dimensões dos estacionamentos.

Com esses aspectos do dimensionamento geométrico temos como saber as características do veículo, como Macedo (2009, p. 65) definiu através a tabela abaixo:

Tabela 3 – Características do veículo

CARACTERÍSTICAS DO VEÍCULO	VP (m)	CO (m)	O (m)	SR (m)
Largura total	2,1	2,6	2,6	2,6
Comprimento total	5,8	9,1	12,2	16,8
Raio mínimo da roda externa dianteira	7,3	12,8	12,8	13,7
Raio mínimo da roda externa traseira	4,7	8,7	7,1	6,0

Fonte: Adaptado de Macedo (2009).

Onde:

- VP – veículos de passeios leves, física e operacionalmente similares ao automóvel, incluindo utilitários, pick-ups, furgões e similares;
- CO – Veículos comerciais rígidos, compostos de unidade tratora simples. Abrangem os caminhões e ônibus convencionais, normalmente de 2 eixos e 6 rodas;
- O – representa veículos comerciais rígidos de maiores dimensões que o veículo básico CO, como ônibus de longo percurso e de turismo, e caminhões longos;
- SR – Veículos comerciais articulados, compostos normalmente de unidade tratora simples e semi-reboque.

2.1.5.3 Distância de visibilidade

Distância de visibilidade é até quanto pode ser visto de uma rodovia pelo motorista, à sua frente, e quanto melhores condições de visibilidade oferecidas, mais segura será essa rodovia. Mas para isso, alguns valores mínimos devem ser considerados. Assim, Pimenta e Oliveira (2001, p. 19 e 23) destacam:

- **Distância de visibilidade de frenagem (Df):** é a distância de visibilidade mínima necessária para que um veículo que percorre a estrada, na velocidade de projeto, possa parar, com segurança, antes de atingir um obstáculo que possa surgir em sua trajetória.
- **Distância de visibilidade de ultrapassagem (Du):** é o comprimento de estrada necessário para que um veículo possa ultrapassar outro, pela faixa de tráfego oposta, com segurança.

2.1.5.4 Níveis de serviço

Os níveis de serviço definem as condições do tráfego, usando como parâmetros: fluxo, volume, velocidade e liberdade de manobra. A partir disto, Wlastemiler de Senço (2008, p. 73 e 74) traz as seguintes definições para os seis níveis de serviço:

- **Nível de serviço A:** descreve a condição de fluxo livre com baixos volumes e altas velocidades. A densidade de trânsito é baixa. Existe pouca ou nenhuma restrição à liberdade de manobra devido à presença de outros veículos, e os motoristas podem manter a velocidade desejada com pequeno ou nenhum retardamento;

Figura 3 – Condição do tráfego para o nível de serviço A



Fonte: Pereira (2014).

- **Nível de serviço B:** constitui a zona de fluxo estável, com velocidades de operação começando a sofrer restrição devido à presença de outros veículos. Os motoristas ainda têm razoável liberdade na escolha da sua velocidade e faixa de trânsito para operação. Reduções de velocidade são razoáveis, com baixa probabilidade do fluxo se tornar restrito. O limite inferior (mais baixa velocidade e mais alto volume) deste nível de serviço tem sido associado a volumes de serviço empregado no projeto de rodovias rurais;

Figura 4 – Condição do tráfego para o nível de serviço B



Fonte: Pereira (2014).

- **Nível de serviço C:** constitui ainda faixa de fluxo estável. Muitos dos motoristas, no entanto, sofrem restrições na liberdade de escolha de sua própria velocidade, mudança de faixa ou ultrapassagem. Uma velocidade de operação relativamente satisfatória ainda pode ser obtida. São os volumes de serviço desejáveis no projeto de vias urbanas;

Figura 5 – Condição do tráfego para o nível de serviço C



Fonte: Pereira (2014).

- **Nível de serviço D:** aproxima-se do fluxo instável, com velocidades de operações toleráveis, embora consideravelmente afetadas pelas mudanças das condições de operação. Flutuações em volume e temporárias restrições ao fluxo podem causar substanciais quedas nas velocidades de operação. Os motoristas têm pouca liberdade de manobra e o conforto e a conveniência são sofríveis, mas essas condições podem ser toleradas por curtos períodos de tempo;

Figura 6 – Condição do tráfego para o nível de serviço D



Fonte: Pereira (2014).

- **Nível de serviço E:** não pode ser descrito apenas pela velocidade, porém apresenta velocidades de operação ainda inferiores às do nível D; com volumes próximos ou iguais à capacidade da rodovia. Ao atingir a capacidade, as velocidades são tipicamente de 48 km/h, embora nem sempre. O fluxo é sensível e podem ocorrer paradas com duração de alguns instantes;

Figura 7 – Condição do tráfego para o nível de serviço E



Fonte: Pereira (2014).

- **Nível de serviço F:** descreve a operação em fluxo forçado e onde os volumes são inferiores à capacidade. Essas condições usualmente resultam em filas de veículos que se formam devido à restrição a jusante. O trecho em estudo serve como área de armazenamento durante uma fração ou toda hora de pico. As velocidades são reduzidas substancialmente e as paradas podem ocorrer por períodos de tempo curtos ou longos devido ao congestionamento a jusante. Em um caso extremo tanto a velocidade como o volume podem cair a zero.

Figura 8 – Condição do tráfego para o nível de serviço F



Fonte: Pereira (2014).

2.2 CLASSES DE PROJETOS

Esses tipos de classificações citados, juntamente com as características técnicas para projeto de rodovias novas do DNER, contribuem para definir as classes de projeto, como mostra a tabela A.1 no anexo A.

Lee (2000, p. 19) diz que além da situação de projetos de rodovias novas, o DNER também estabelece parâmetros para rodovias já existentes que necessitam de melhoramento e que esses parâmetros são menos restritivos em relação com as rodovias novas, conforme tabela A.2 no anexo A.

2.3 LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO

“Os estudos topográficos objetivam a obtenção de modelos topográficos digitais do terreno, necessários ao estudo dos corredores e à seleção da melhor alternativa de traçado - a materialização no campo do eixo do projeto definitivo.” (DNIT, 2010, p. 128). Esses estudos topográficos são divididos em três fases: fase preliminar, fase de projeto básico e fase de projeto executivo.

2.3.1 Fase Preliminar

Nesta fase é realizado o modelo topográfico digital do terreno, o qual, de acordo com o DNIT, envolve basicamente:

- Definição da área a ser voada e coberta sobre aerofotos existentes na escala aproximada de 1:25.000;
- Realização de cobertura aerofotogramétrica na escala 1:15.000;
- Execução de apoio terrestre;
- Elaboração de restituição aerofotogramétrica;

2.3.2 Fase de Projeto Básico

A partir da elaboração do modelo digital do terreno, esta fase define a geometria da rodovia e fornece os elementos topográficos que serão necessários para elaborar os estudos e projetos que compõem o projeto básico. De acordo com o DNIT esta fase deve contar basicamente com:

- Implantação da rede de apoio básico com marcos de concreto;
- Implantação e nivelamento da rede de referência de nível (RRNN);
- Levantamento planialtimétrico cadastral do terreno;
- Locação de pontos do eixo do traçado selecionado que permita sua perfeita identificação no campo;
- Levantamento planialtimétrico cadastral dos locais de jazidas, interseções, seções transversais urbanas, dispositivos de drenagem etc.

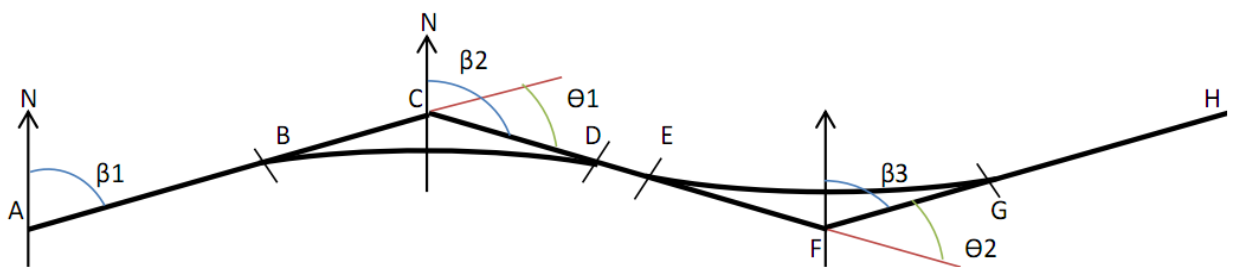
2.3.3 Fase de Projeto Executivo

Para esta terceira e última etapa, o DNIT define os elementos geométricos. Os quais serão mais bem detalhados no próximo tópico.

2.4 ELEMENTOS GEOMÉTRICOS

2.4.1 Azimutes e Ângulos de Deflexão

Figura 9 – Azimutes e ângulos de deflexão



Fonte: Adaptado de Lee (2000).

Onde:

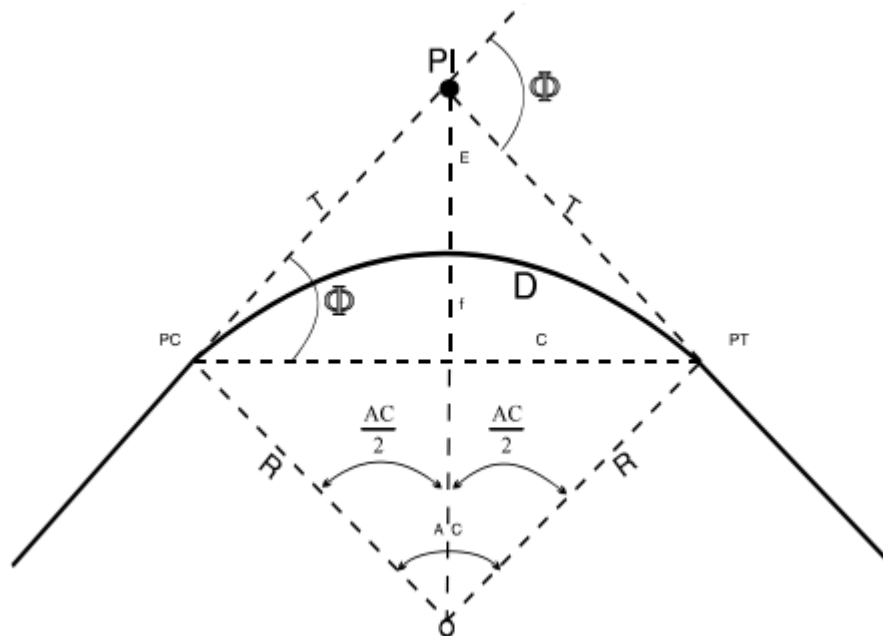
- β_1 , β_2 e β_3 são os azimutes dos alinhamentos;
- Θ_1 , Θ_2 são ângulos de deflexão;
- AB, DE e GH são tangentes (trechos retos entre curvas de concordância);
- BC, CD, EF, FG são tangentes externas;
- BD, EG são os desenvolvimentos das curvas de concordância (arcos de círculo concordando duas tangentes).

“Nos casos de rodovia de classe Especial e classe C, para curvas com raio menor que 600 m, deve ser usada, obrigatoriamente, a transição em espiral; e para rodovias de classes II e III, para curvas de raio maior que 440 m, a transição pode ser circular, com raio duplo.” (DNIT, 2010, p. 131).

2.4.2 Curvas Circulares Simples

Para que as curvas circulares não sejam confundidas visualmente com as tangentes, o DNIT recomenda um raio máximo de 5000 metros. A partir disto ele define os elementos usados para a determinação das curvas circulares da seguinte forma:

Figura 10 – Elementos de concordância da curva circular simples



Fonte: DNIT (2010).

- R - É o raio de circunferência empregado na concordância, expresso em metros;
- PC - É o ponto de transição da tangente para a curva, ou seja, o ponto de origem das curvas;
- PT - É o ponto de tangência entre a curva e o alinhamento reto;
- AC - É o ângulo formado no centro da curva pelos raios levantados no PC e PT;
- D - É o desenvolvimento correspondente ao comprimento do arco que vai do PC ao PT da respectiva curva;
- T - É o comprimento das tangentes prolongadas do seu ponto de interseção (PI) aos respectivos PC e PT;

- GM - É o grau da curva, ou seja, é o ângulo central correspondente a uma determinada corda;
- dm - É a deflexão de uma corda de 1m em relação à tangente externa;
- C – É a corda total da curva;
- Θ - É o ângulo de deflexão;
- O - É o centro da curva.

2.4.2.1 Cálculo da concordância da curva circular simples

Pimenta e Oliveira (2001) comentam que inicialmente é necessário localizar um ponto no traçado da curva e para isso usamos a estaca como unidade de comprimento. Uma estaca é equivalente a 20 metros e usamos a seguinte notação:

$$[A + B]$$

Onde:

- A: número inteiro de estacas;
- B: distância em metros (fração de estaca).

Após localizar um no traçado da curva, temos que calcular os elementos da curva. O tamanho do raio da curva é estipulado, desta forma, Pereira et al. (2013, p. 19) estipulam esse valor a partir de análise visual e tentativas de modo a encontrar a que mais se ajusta as tangentes. Eles recomendam utilizar gabaritos que representem trechos de curvas circulares, esses gabaritos devem ser colocados sobre a planta, com as curvas tangenciando os alinhamentos e o raio que melhor atender as especificações projeto é o escolhido.

A partir da escolha do raio podemos calcular os demais elementos da curva. “Observa-se que, na concordância com curva circular simples, o Ângulo Central (AC) é sempre numericamente igual à deflexão (I), ou seja: $AC = I$.” (Lee, 2000, p. 48).

Conforme o DNIT (2010) no triângulo O, PC, PI da figura 9 nós temos:

$$T = R * tg\left(\frac{AC}{2}\right) \quad (1)$$

Onde:

- T: tangente;
- R: raio da curva;
- AC: ângulo central.

$$D = \frac{\pi * R * AC}{180} \quad (2)$$

Onde:

- D: desenvolvimento da curva;
- R: raio da curva;
- AC: ângulo central.

$$E = T * tg\left(\frac{AC}{4}\right) \quad (3)$$

Onde:

- E: afastamento;
- T: tangente;
- AC: ângulo central.

$$dm = \frac{\pi * R * AC}{180} \quad (4)$$

Onde:

- dm: deflexão por metro;
- R: raio da curva;
- AC: ângulo central.

$$Gc = 2 * \arcsen\left(\frac{c}{2 * R}\right) \quad (5)$$

Onde:

- Gc: grau da curva;
- c: corda;
- R: raio da curva.

2.4.3 Curvas Circulares com Transição

Em algumas situações, de acordo com a velocidade e o tamanho do raio, a curva circular com transição é dispensada, como mostra a tabela abaixo:

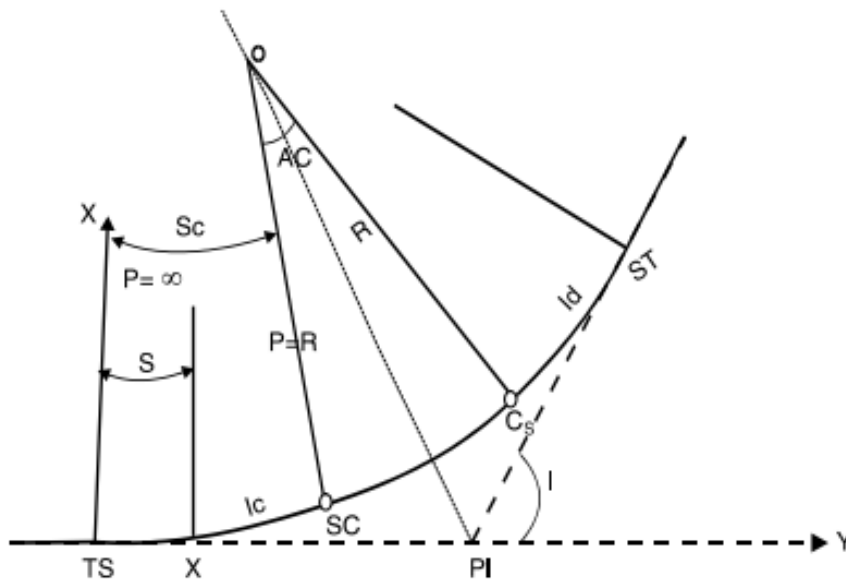
Tabela 4 – Situações em que a curva circular com transição pode ser dispensada

RAIOS DE CURVAS QUE DISPENSAM CURVAS DE TRANSIÇÃO										
V (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
R (m)	170	300	500	700	950	1200	1550	1900	2300	2800

Fonte: Adaptado de Lee (2000).

Para as curvas circulares com transição os elementos definidos pelo DNIT (2010) são os seguintes:

Figura 11 – Elementos de concordância da curva circular com transição



Fonte: DNIT (2010).

- TS - ponto de passagem do alinhamento reto para espiral;
- SC - ponto de passagem da espiral para curva circular;
- CS - ponto de passagem da curva circular para espiral;
- ST - ponto de passagem da curva de transição para o alinhamento reto;
- Lc - comprimento da curva espiral;
- Sc - ângulo central da espiral;
- Xc e Xs - coordenadas cartesianas dos pontos SC e CS;
- Ic - ângulo de deflexão da corda total da espiral com a tangente em TS ou ST;
- C - corda total da espiral;
- p - q - coordenadas de recuo do PC ou PT da curva circular em relação à tangente, tomando como referência TS ou ST;
- T - distância do PI ao ST ou TS;
- AC - ângulo central da curva circular.

2.4.3.1 Cálculo da concordância da curva circular com transição

Conforme o DNIT e a figura 10 nós temos:

$$Sc = \frac{Lc}{2 \cdot R} \quad (6)$$

Onde:

- Sc: ângulo central da espiral;
- Lc: comprimento da espiral;
- R: raio da curva.

$$AC = I - 2 * Sc \quad (7)$$

Onde:

- AC: ângulo central da curva circular;
- I: deflexão em PI;
- Sc: ângulo central da espiral.

$$Dc = \frac{AC * \pi * R}{180} \quad (8)$$

Onde:

- Dc: desenvolvimento da curva circular;
- AC: ângulo central da curva circular;
- R: raio da curva.

$$Xc = \frac{Lc * Sc}{3} * \left(1 - \frac{Sc^2}{14} + \frac{Sc^4}{440}\right) \quad (9)$$

Onde:

- Xc: coordenada cartesiana do ponto SC;
- Lc: comprimento da espiral;
- Sc: ângulo central da espiral.

$$Xs = Lc * \left(1 - \frac{Sc^2}{10} + \frac{Sc^4}{216}\right) \quad (10)$$

Onde:

- Xs: coordenada cartesiana do ponto CS;
- Lc: comprimento da espiral;
- Sc: ângulo central da espiral.

$$p = Xc - R * [1 - \cos(Sc^\circ)] \quad (11)$$

Onde:

- p: coordenada de recuo do PC;
- Xc: coordenada cartesiana do ponto SC;
- R: raio da curva;
- Sc: ângulo central da espiral.

$$q = X_s - R * \text{sen}(S_c^\circ) \quad (12)$$

Onde:

- q: coordenada de recuo do PT;
- X_c: coordenada cartesiana do ponto SC;
- R: raio da curva;
- S_c: ângulo central da espiral.

$$T_s = q + (p + R) * \text{tg}\left(\frac{I}{2}\right) \quad (13)$$

Onde:

- T_s: tangente exterior;
- q: coordenada de recuo do PT;
- p: coordenada de recuo do PC;
- R: raio da curva;
- I: deflexão em PI.

$$dm = \frac{90}{\pi * R} \quad (14)$$

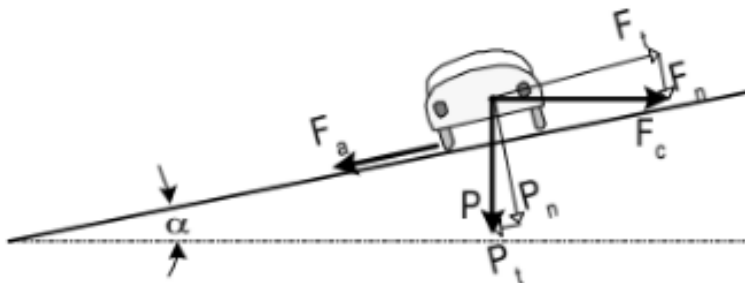
Onde:

- dm: deflexão por metro;
- R: raio da curva.

2.4.4 Superelevação

O DNIT (2010) define a superelevação como uma medida de segurança e conforto, usando a mesma para contrabalançar o efeito da aceleração centrífuga, esta sendo o valor da tangente do ângulo formado pela reta de maior declive da seção com o plano horizontal. A superelevação é expressa em porcentagem.

Figura 12 – Forças atuantes sobre um veículo em trajetória de curva



Fonte: Lee (2000).

Fórmula da superelevação teórica:

$$e = \frac{V^2}{127 * R} - f \quad (15)$$

Onde:

- e: superelevação;
- V: velocidade do veículo;
- R: raio da curva;
- f: coeficiente de atrito transversal, entre pneu e pavimento.

E apenas colocando o R em evidência, temos a fórmula do raio:

$$R = \frac{V^2}{127 * (e+f)} \quad (16)$$

Onde:

- e: superelevação;
- V: velocidade do veículo;
- R: raio da curva;
- f: coeficiente de atrito transversal, entre pneu e pavimento.

Temos alguns parâmetros para a definição da superelevação, tais como: velocidade, coeficiente de atrito, raio da curva e tipo do revestimento do pavimento, os mesmos são mostrados nas tabelas a seguir:

Tabela 5 – Valores máximos admissíveis do coeficiente f

VALORES DOS COEFICIENTES DE ATRITO f										
V(km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
F _{máx}	0,20	0,18	0,16	0,15	0,15	0,14	0,14	0,13	0,12	0,11

Fonte: Adaptado de Lee (2000).

Tabela 6 – Situações em que a superelevação pode ser dispensada

RAIOS DE CURVAS QUE DISPENSAM SUPERELEVAÇÃO								
V (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	≥100
R (m)	450	800	1250	1800	2450	3200	4050	5000

Fonte: Adaptado de Lee (2000).

Tabela 7 – Valores máximos e mínimos de superelevação de acordo com o revestimento

REVESTIMENTO	SUPERELEVAÇÃO
Betuminoso com granulometria aberta (TSD)	2,50 a 3,00%
Betuminoso de alta qualidade (CBUQ)	2,00%
Pavimento de concreto de cimento	1,50%

Fonte: Adaptado de Lee (2000).

Os raios mínimos de concordância horizontal, em função da superelevação são os seguintes:

Tabela 8 – Valores máximos da superelevação de acordo com a elevação

Superelevação máxima (e _{mín})	VELOCIDADE DIRETRIZ									
	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
4%	30	60	100	150	205	280	355	465	595	755
6%	25	55	90	135	185	250	320	415	530	665
8%	25	50	80	125	170	230	290	375	475	595
10%	25	45	75	115	155	210	265	345	435	540
12%	20	45	70	105	145	195	245	315	400	490

Fonte: Adaptado de Lee (2000).

Para calcular a superelevação nas concordâncias de raio maiores que o mínimo, o DNIT (2010) descreve um critério similar, porém mais simplificado, utilizando a seguinte fórmula:

$$e = e_{máx} * \left(\frac{2 * R_{mín}}{R} - \frac{R_{mín}^2}{R^2} \right) \quad (17)$$

$$R_{mín} = \frac{V^2}{127 * (e_{máx} + f_{máx})} \quad (18)$$

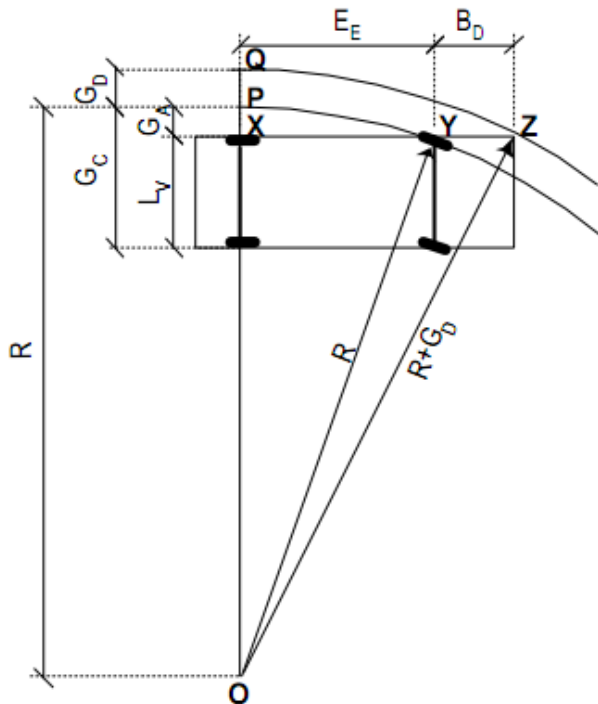
Onde:

- e: superelevação;
- $e_{máx}$: superelevação máxima;
- $f_{máx}$: coeficiente de atrito transversal, entre pneu e pavimento;
- $R_{mín}$: raio mínimo;
- R: raio da curva.

2.4.5 Superlargura

O DNIT (2010) define a superlargura como uma medida de segurança e conforto, sendo a mesma uma largura adicional na pista nos trechos em curva. A trajetória de um veículo ao percorrer uma curva circular descreve uma gabarito (Gc) dado pela largura do veículo (Lv) somada a uma largura correspondente a ocupação do veículo na curva.

Figura 13 – Esquema para determinação da superlagura



Fonte: Lee (2000).

- G_C – gabarito devido à trajetória em curva;
- G_D – gabarito devido ao balanço dianteiro;
- G_L – gabarito lateral;
- F_D – folga dinâmica;
- L_T – largura total de uma pista em curva;
- L_N – largura normal em tangente;
- S_R – superlargura para uma pista em curva horizontal.

2.4.5.1 Cálculo da concordância da curva circular com transição

$$G_C = L_V + R - \sqrt{R^2 - E_E^2} \quad (19)$$

Onde:

- G_C : gabarito devido à trajetória em curva;
- L_V : largura do veículo, medida entre as faces externas dos pneus;
- E_E : distância entre eixos;
- R : raio da curva;

$$G_D = \sqrt{R^2 + B_D * (2 * E_E + B_D)} - R \quad (20)$$

Onde:

- G_D : gabarito devido ao balanço dianteiro;

- R: raio da curva;
- B_D : balanço dianteiro;
- E_E : distância entre eixos;

O gabarito lateral é estabelecido pelo DNIT (2010), como especificado na tabela abaixo:

Tabela 9 – Valores do gabarito lateral

GABARITO LATERAL			
Largura de Faixa Lf (m)	3,00 - 3,20	3,30 - 3,40	3,50 - 3,60
Gabarito Lateral Gl (m)	0,60	0,75	0,90

Fonte: Adaptado de Lee (2000).

$$F_D = \frac{V}{10 \cdot \sqrt{R}} \quad (21)$$

Onde:

- F_D : folga dinâmica;
- V: velocidade diretriz;
- R: raio da curva.

$$L_T = N * (G_C + G_L) + (N - 1) * G_D + F_D \quad (22)$$

Onde:

- L_T : largura total de uma pista em curva;
- N: número de faixas de trânsito na pista;
- G_C : gabarito devido à trajetória em curva;
- G_L : gabarito lateral;
- G_D : gabarito devido ao balanço dianteiro;
- F_D : folga dinâmica.

$$L_N = N * L_F \quad (23)$$

Onde:

- L_N : largura total da pista em tangente;
- N: número de faixas de trânsito na pista;
- L_F : largura de projeto da faixa de trânsito.

$$S_R = L_T * L_N \quad (24)$$

Onde:

- S_R : superlargura para uma pista em curva horizontal;
- L_T : largura total de uma pista em curva;
- L_N : largura total da pista em tangente;

3 METODOLOGIA

3.1 DESENHO DO ESTUDO (TIPO DE ESTUDO)

Neste trabalho foi desenvolvida uma pesquisa descritiva com o intuito de verificar a falta do enquadro das normativas nas curvas que se encontram no trecho estudado, para assim propor possíveis medidas mitigadoras. Trata-se de coleta de dados através de pesquisas e um levantamento topográfico com fim em estabelecer uma conexão entre os resultados encontrados para que os mesmos sirvam de apoio para a realização deste trabalho.

A pesquisa também tem caráter quantitativo e qualitativo já que busca análises de resultados através de números e dados.

3.2 LOCAL E PERÍODO DE REALIZAÇÃO DA PESQUISA

O local da pesquisa foi realizado em um trecho da BR-010 no estado do Tocantins, o qual se encontra entre as cidades de Natividade e Santa Rosa do Tocantins. Quanto a data de realização da mesma, foi no dia 18 de fevereiro de 2020.

Figura 14 – Trecho entre Natividade e Santa Rosa do Tocantins



Fonte: Google Maps (2019).

3.3 PESQUISA DE DADOS

Os dados utilizados foram encontrados no levantamento topográfico já existente do trecho, no projeto para restauração de rodovia com melhoramentos na rodovia BR/010 e no manual do DNIT. Com esses dados obtidos foi possível calcular os elementos geométricos e classificar a rodovia, como mostra nos resultados.

4 RESULTADOS

Em 2013 o DNIT realizou um projeto para restauração de rodovia com melhoramentos na rodovia BR/010. Neste projeto o DNIT pôde observar que com a fundação de Brasília e construção da rodovia Belém-Brasília, a região do trecho estudado foi beneficiada com o desenvolvimento econômico e demográfico da mesma. Empresas agrícolas de grande porte e a política federal de estímulo fiscal – implantações de projetos pastorais na zona do Sudam trouxeram criação de empresas silvícolas e de mobiliário (principalmente de mogno), bem como a exploração mineira do calcário e do ouro participam igualmente do renascimento da região, um dos mais prósperos do país.

O trecho tem também fortes pontos de atração e tráfego da região, principalmente os polos de geração e atração das cargas do setor primário, na medida em que está posicionada como uma rota importante para o abastecimento das principais zonas produtoras de grãos agrícolas do estado.

No dia 08 de março de 2013 foram realizados (pelo DNIT) dois postos de Contagem Volumétrica Classificatória e dois postos de Pesquisa de origem e destino com o ocupação de veículos de carga, o posto 1 situado no km 201 + 000 no município de Natividade e o posto 2 no km 305,8 no município de Silvanópolis.

A partir dos dados coletados no posto de Contagem Volumétrica Classificatória descobriu-se que a taxa de crescimento anual para a determinação do tráfego futuro é de 3% a. a., desta forma é possível fazer uma projeção desses dados para os dias atuais. Realizando essa projeção foram encontrados os seguintes valores de volume de tráfego:

- Posto 1 (km 201 + 000) → 445 vpd
- Posto 2 (km 305,8) → 1364 vpd

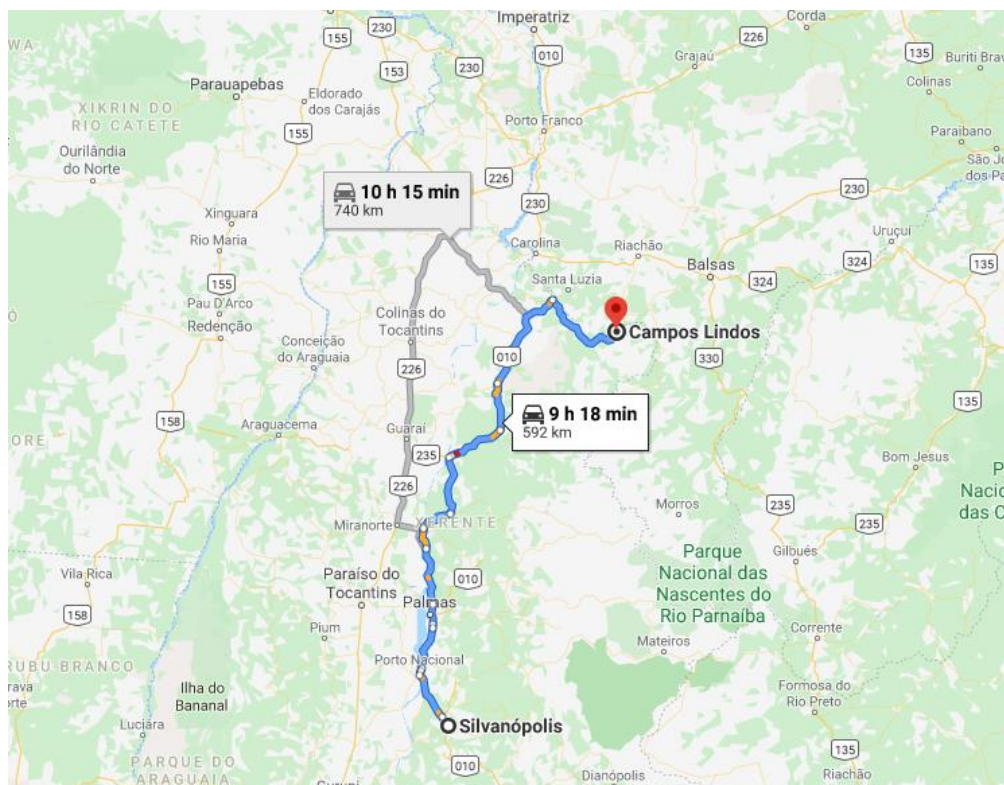
A grande diferença do volume de tráfego, mesmo com as cidades sendo próximas, se dá devido a rota de escoamento de grãos, a BR-010 liga Silvanópolis a Campos Lindos (como mostra a figura 16) que, como já foi citado, é o maior produtor de grãos do estado. No posto de Pesquisa de origem e destino com o ocupação de veículos de carga foi possível coletar os dados socioeconômicos, os quais estão representados na tabela abaixo:

Tabela 10 – Dados socioeconômicos

Dados Socioeconômicos	Km 201,0 - Natividade	Km 305,8 - Silvanópolis
Frota	80% são veículos de passeio. Dos veículos de carga, 80% estão carregados.	77% são veículos de passeio; Dos veículos de carga, 80% estão carregados.
Motivo da viagem	86% trabalho 7% lazer 5% saúde 2% compras e estudos	93% trabalho 2% estudo 2% saúde 3% compras e lazer
Frequência	39% semanal (1 ou 2 vezes na semana) 23% mensal (1 ou duas vezes no mês) 19% diária (1 ou 2 vezes no dia) 19% anual ou eventual	39% semanal (1 ou 2 vezes na semana) 29% mensal (1 ou duas vezes no mês) 21% diária (1 ou 2 vezes no dia) 11% anual ou eventual

Fonte: Adaptado de DNIT (2013).

Figura 15 – Rota entre Silvanópolis e Campos Lindos



Fonte: Google Maps (2019).

Para o estudo dos acidentes, o município de Natividade (entre os km 201 + 000 e 204 + 000) não entra em análise, pois a rodovia BR-010 é municipalizada nesse trecho de travessia urbana. Já as adjacências de Natividade, e as travessias de Santa Rosa do Tocantins e Silvanópolis geram movimentação de veículos, pedestres e ciclistas aumentando os riscos de acidentes.

A análise dos acidentes (utilizando dados da Polícia Rodoviária Federal) corresponde ao ano de 2011 e aponta o total de 767 acidentes, sendo que há uma maior concentração de ocorrências no segmento entre o km 248 ao km 253, como pode ser observado nas figuras 17, 18 e 19. Neste trecho há a presença da travessia urbana de Santa Rosa do Tocantins, que pode ser considerado como o ponto crítico da rodovia.

E com esses dados também é possível analisar os tipos de acidentes mais comuns, que são: 73% dos acidentes são de colisão traseira, abalroamento transversal e abalroamento lateral de mesmo sentido, os demais acidentes têm um percentual menos significativo, conforme mostra a figura 20.

Figura 16 – Acidentes sem feridos



Fonte: DNIT (2013).

Figura 17 – Acidentes com feridos



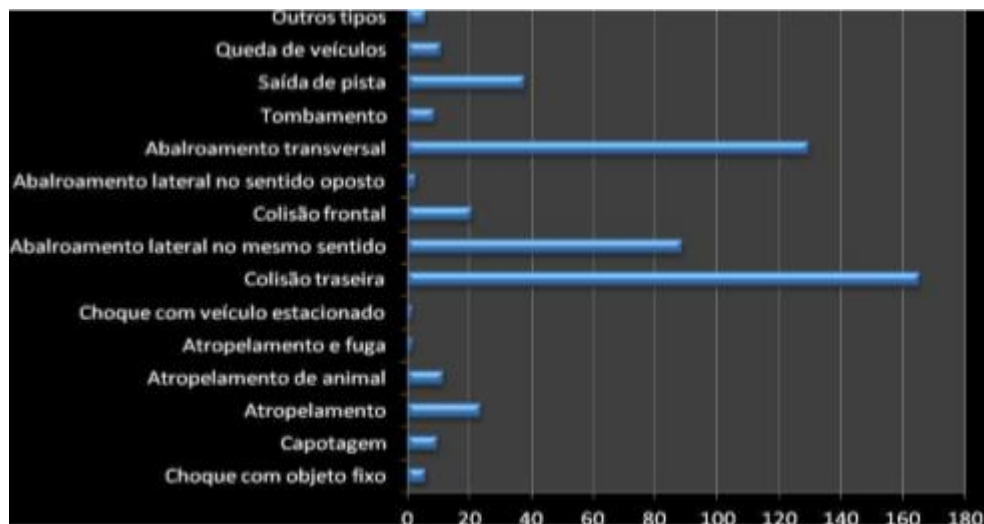
Fonte: DNIT (2013).

Figura 18 – Acidentes com vítima fatais



Fonte: DNIT (2013).

Figura 19 – Tipo de acidentes no período analisado



Fonte: DNIT (2013).

Ao percorrer o trecho foi possível observar que não há acostamento, o acostamento é uma “fatia” de 90 centímetros que já foi consumida pela vegetação e erosão (deduz-se que mesmo foi construído inicialmente com 130 centímetros). Também foi observado que o pavimento do trecho se encontra em péssimas condições, além da vegetação invadindo a pista, o pavimento se encontra bastante deteriorado (fissuras e destacamento do material).

O motivo do trecho estar nessas condições, é que com o crescimento do estado foi decidido que uma parte dele seria federalizado, deixar de ser TO-050 e passar a ser BR-010, que é o trecho entre Natividade e Silvanópolis (ressaltando que o trecho de Silvanópolis está para ser federalizado). Porém essa federalização ainda está em transição, assim nem o estado nem o governo têm os devidos cuidados de manutenção e fiscalização.

Com isso, quem acaba sendo prejudicado são os usuários, principalmente os veículos de carga, pois as condições da rodovia podem causar danos ao mesmo ou forçar o condutor a procurar desvios, aumentando assim o custo do frete e o gasto com diesel; fazendo com que os produtos cheguem com um maior custo às cidades, ou até mesmo nem cheguem, afetando assim a economia e desenvolvimento das cidades.

A partir desses dados coletados do projeto disponibilizado pelo DNIT e do trecho foi possível classificar a rodovia conforme mostra a tabela abaixo:

Tabela 11 – Classificação da rodovia

CLASSIFICAÇÃO	
Posição Geográfica	TO-050/BR-010 Rodovia de Ligação
Função	Sistema Coletor
Jurisdição	Estadual → Federal
Características Topográficas	Relevo Ondulado
Condições Técnicas	Nível de serviço B

Fonte: Autor (2020).

Com os dados e a classificação da rodovia foi possível definir a classe do projeto e os parâmetros que serão utilizados:

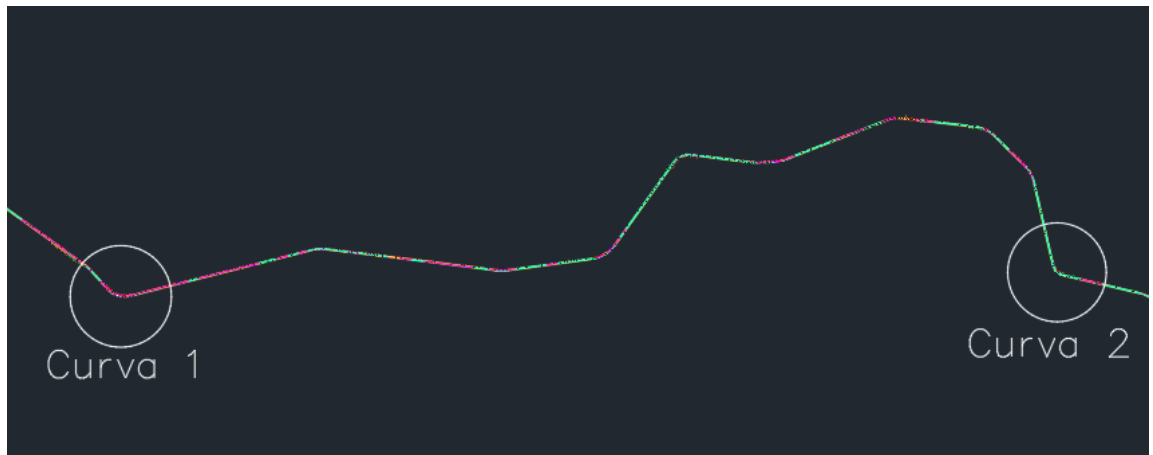
- Velocidade diretriz mínima: 80 km/h
- Distância de visibilidade de parada
 - Mínimo desejável: 140m
 - Mínimo absoluto: 110m
- Distância mínima de visibilidade de ultrapassagem: 560m
- Raio mínimo de curva horizontal: 210m
- Taxa de superelevação máxima: 10%
- Rampa máxima
 - Máximo desejável: -
 - Máximo absoluto: 4,50%
- Valor de K para curvas verticais convexas
 - Mínimo desejável: 48m/%
 - Mínimo absoluto: 29m/%
- Valor de K para curvas verticais côncavas
 - Mínimo desejável: 32m/%
 - Mínimo absoluto: 24m/%
- Largura da faixa de trânsito
 - Mínimo desejável: 3,60m
 - Mínimo absoluto: -
- Largura do acostamento externo
 - Mínimo desejável: -
 - Mínimo absoluto: 2,50m

- Largura do acostamento interno
 - Pista de 2 faixas: 0,60 – 1,00m
 - Pista de 3 faixas: 2,00 – 2,50m
 - Pista de 4 faixas: 2,50 – 3,00m
- Gabarito vertical (altura livre)
 - Mínimo desejável: -
 - Mínimo absoluto: 5,50m
- Afastamento mínimo do bordo do acostamento
 - Obstáculos contínuos: 0,50m
 - Obstáculos isolados: 1,50m
- Largura do acostamento central
 - Largura desejável: 10,00 – 12,00m
 - Valor normal: > 6,00m
 - Mínimo absoluto: 3,00 – 7,00

Após analisar os dados coletados e trafegar pelo trecho estudado foram escolhidas duas curvas para análise, chamadas de Curva 1 e Curva 2 (conforme mostra figura 18). A escolha das curvas foi devido à identificação visual, ao reconstituir o trecho nas imagens de satélite identifiquei que essas curvas têm raios menores; e também, ao percorrer com o carro foram as curvas mais fechadas, nas quais senti um maior impacto no volante, força centrífuga muito grande.

Os valores dos elementos geométricos encontrados das curvas estão representados na tabela 12.

Figura 20 – Curvas escolhidas



Fonte: Autor (2020).

Tabela 12 – Elementos geométricos encontrados nas curvas

Elementos Geométricos	Curva 1	Curva 2
AC	62°	64°
Raio	240,00 m	160,00m
Superlargura	1,00 m	2,20 m
Superelevação	6%	6%
Largura de faixa	3,30 m	3,30 m

Fonte: Autor (2020).

Para cada raio, de acordo com a sua velocidade diretriz, há uma valor para a superlargura. Os valores de superlargura para as curvas do trecho estudado se encontram maiores que o valor mínimo, ou seja, estão corretas, como mostra a figura abaixo:

Figura 21 – Valores de superlargura para pista dupla- largura = 6,60m

V ^R	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110
30	2,60	2,20	2,00	1,80	1,60	1,40	1,40	1,20	1,20	1,20	1,00	1,00	1,00	1,00	0,80	0,80	0,80	0,80
40					1,80	1,60	1,40	1,40	1,20	1,20	1,20	1,20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,80
50										1,40	1,20	1,20	1,20	1,20	1,00	1,00	1,00	1,00
60																	1,20	1,00

V ^R	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180	185	190	195	200
30	0,80	0,80	0,80	0,80	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
40	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
50	1,00	1,00	1,00	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
60	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
70					1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
80					1,20	1,20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

V ^R	205	210	215	220	225	230	235	240	245	250	255	260	265	270	275	280	285	290
30	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
40	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,40
50	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
60	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
70	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80

V ^R	295	300	305	310	315	320	325	330	335	340	345	350	355 a 425	430	435	515	520 a 550	555 a 620
30	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	*	*						
40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	*	*	*	*
50	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	*
60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
70	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,40
80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60

Fonte: Adaptado de DNER (1999).

Também há, de acordo com a velocidade diretriz, um valor para o raio de acordo com sua superelevação. Os valores dos raios das curvas do trecho estudado se encontram inferiores ao valor mínimo de acordo com a superelevação encontrada no projeto, de 6%, ou seja, estão incorretas, como mostra a tabela e os cálculos abaixo:

Tabela 13 – Raios mínimos para uma superelevação máxima

Superelevação máxima (emáx)	VELOCIDADE DIRETRIZ (km/h)									
	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
4%	30	60	100	150	205	280	355	465	595	755
6%	25	55	90	135	185	250	320	415	530	665
8%	25	50	80	125	170	230	290	375	475	595
10%	25	45	75	115	155	210	265	345	435	540
12%	20	45	70	105	145	195	245	315	400	490

Fonte: Adaptado de DNER (1999).

Na tabela A.3 do anexo A podemos ver que para uma pista dupla com relevo ondulado a velocidade de projeto é 80km/h, e que esse trecho se enquadra na classe de projeto I. Utilizando os dados encontrados, as tabelas e as fórmulas já citados neste trabalho é possível calcular os elementos geométricos das curvas, de acordo com o DNIT. Inicialmente foi calculado o raio mínimo:

$$R = \frac{80^2}{127 * (0,10 + 0,14)} \rightarrow 210 \text{ metros}$$

Para uma elevação máxima de 10%, um raio mínimo de 230m e uma elevação de 6% encontrada no trecho, foi possível fazer a correção dos raios para as curvas, e com essa correção foi possível calcular os demais elementos geométricos das curvas.

$$0,06 = 0,10 * \left(\frac{2 * 210}{R} - \frac{210^2}{R^2} \right) \rightarrow 570 \text{ metros}$$

Tabela 13 – Elementos geométricos calculados

Elementos Geométricos	Curva 1	Curva 2
Raio	570,000 m	570,000 m
AC	62°	64°
DC	616,799 m	636,696 m
LC	50,000 m	50,00 m
SC	0,044 rad	0,044 rad
XL	0,731 m	0,731 m
XS	49,990 m	49,990 m
p	0,183 m	0,183 m
q	24,998 m	24,998 m
TS	365,195 m	378,897 m
dm	0,050 m	0,050 m

Fonte: Autor (2020).

5 CONCLUSÃO

Após realizar a classificação da rodovia de acordo com os dados históricos coletados, analisar os elementos geométricos juntamente com a norma, pode-se observar que apesar de os valores de superlargura das curvas estarem corretos, a Curva 2 tem um raio inferior ao raio mínimo, logo, esta curva está incorreta. E mesmo que o raio da Curva 1 esteja acima do raio mínimo, está muito próximo deste valor, e também é uma curva desconfortável de se trafegar, como foi observado no dia da visita ao trecho.

Curvas de raio pequeno causam uma sensação de desconforto aos passageiros, pois quando um veículo trafega pela mesma, os passageiros são empurrados para um lado ou para outro. Também há problema com cargas nessas curvas, mercadorias frágeis podem sofrer danos, os carregamentos podem ser desarrumados e até mesmo a estabilidade dos veículos em movimento pode ser comprometida.

Para uma possível solução para a correção geométrica, proponho um aumento dos raios e uma melhoria e manutenção da rodovia, devido aos problemas encontrados ao percorrer a mesma, como destacamento do pavimento e diminuição do acostamento devido à erosão e “invasão” da vegetação.

REFERÊNCIAS

AF NOTÍCIAS. **Deputados e senadores do Tocantins deixam BR-010 sem verba para pavimentação.** 2018. Disponível em: <<https://afnoticias.com.br/estado/deputados-e-senadores-do-tocantins-deixam-br-010-sem-verba-para-pavimentacao>>. Acesso em: 20 ago. 2019.

AF NOTÍCIAS. **Governo do Tocantins investe R\$ 1 milhão para reduzir perigo na 'curva da morte'.** 2019. Disponível em: <<https://afnoticias.com.br/estado/governo-do-tocantins-investe-r-1-milhao-para-reduzir-perigo-na-curva-da-morte>>. Acesso em: 07 jun. 2020.

ANHANGUERA, Tv. **Entenda qual trecho de rodovia que corta Palmas é BR-010 e TO-050.** 2018. Disponível em: <<https://g1.globo.com/to/tocantins/noticia/2018/09/12/entenda-qual-trecho-de-rodovia-que-corta-palmas-e-br-010-e-to-050.ghtml>>. Acesso em: 20 ago. 2019.

AREDE. **Caminhão se envolve em acidente na 'curva da morte'.** 2020. Disponível em: <<https://d.arede.info/campos-gerais/324965/caminhao-se-envolve-em-acidente-na-curva-da-morte>>. Acesso em: 07 jun. 2020.

AZEVEDO, Luiz Rafael Leite. **A Infraestrutura de escoamento de grãos de Mato Grosso.** Campinas. 2014.

CONEXÃO TOCANTINS. **Movimento a favor da BR-010 diz que emenda para ponte em Rio Sono é vitória do movimento.** 2018. Disponível em: <<https://conexaoto.com.br/2018/10/19/movimento-a-favor-da-br-010-diz-que-emenda-para-ponte-em-rio-sono-e-vitoria-do-movimento>>. Acesso em: 20 ago. 2019.

CONEXÃO TOCANTINS. **Wanderlei Barbosa pede a ministro que priorize pavimentação da BR-010, eixo de integração da Amazônia.** 2019. Disponível em: <<https://conexaoto.com.br/2019/05/24/wanderlei-barbosa-pede-a-ministro-que-priorize-pavimentacao-da-br-010-eixo-de-integracao-da-amazonia>>. Acesso em: 20 ago. 2019.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER: Manual de projetos geométrico de rodovias rurais.** Rio de Janeiro, 1999.

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

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

DNIT. **Avançam as obras de manutenção da BR-010/TO na travessia urbana de Palmas.** 2019. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/noticias/avancam-as-obras-de-manutencao-da-br-010-to-na-travessia-urbana-de-palmas>>. Acesso em: 20 ago. 2019.

DNIT. **DNIT recupera rodovias federais afetadas por chuvas.** 2011. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/noticias/dnit-recupera-rodovias-federais-afetadas-por-chuvas>>. Acesso em: 20 ago 2019.

ENGEPLUS. **Pista molhada na 'curva do S' provoca acidentes; um dos carros envolvidos colidiu contra uma viatura.** 2020. Disponível em: <<http://www.engeplus.com.br/noticia/seguranca/2020/pista-molhada-na-curva-do-s-provoca-acidentes-um-dos-carros-envolvidos-colidiu-contra-uma-viatura>>. Acesso em: 07 jun. 2020.

FILHO, José Vicente Caixeta. **A logística do escoamento da safra brasileira.** 2006.

GUIA DA ENGENHARIA. **Projetos rodoviários: superlagura.** 2019. Disponível em: <<https://www.guiadaengenharia.com/projetos-rodoviarios-superlargura/>>. Acesso em 10 jun. 2020.

LEE, Shu Han. **Introdução ao projeto geométrico de rodovias – Parte 1.** Florianópolis, 2000.

MUBARAK, M. et al. **Manual de Sinalização Rodoviária, Vol. III – Obras, Serviços de conservação e Emergência.** São Paulo. 1993.

OBLOGDOMESTRE. **O que é Superlargura?.** 2015. Disponível em: <<https://www.oblogdomestre.com.br/2015/01/Superlargura.Variedades.html>>. Acesso em 10 jun. 2020.

PEREIRA, Djalma Martins et al. **Projeto Geométrico de Rodovias.** Paraná: Ufpr, 2013.

PIMENTA, Carlos R. T.; OLIVERA, Márcio P.. **Projeto Geométrico de Rodovias.** São Carlos: Rima, 2001. 197 p.

PIONEER. **Sudeste é principal via de escoamento do complexo da soja em MT.** 2013. Disponível em: <<http://www.pioneersementes.com.br/media-center/noticias/617/sudeste-e-principal-via-de-escoamento-do-complexo-da-soja-em-mt>>. Acesso em: 20 ago. 2019.

PORTO, Telmo Fernandes de Aragão. **Projeto Geométrico de Rodovias.** São Paulo: T. A. Queiroz, Editor, Ltda, 1989. 81 p.

RADIOMURIAE. **Mais um acidente: caminhão carregado de sucatas perde o controle e tomba na Curva da Pratinha.** 2020. Disponível em: <<https://radiomuriae.com.br/noticias/mais-um-acidente-caminhao-carregado-de-sucatas-perde-o-controle-e-tomba-na-curva-da-pratinha>>. Acesso em: 07 jun. 2020.

RADIOMURIAE. **Reportagem Especial: alto número de acidentes na curva da Pratinha preocupa as autoridades e motoristas.** 2020. Disponível em: <<https://radiomuriae.com.br/noticias/reportagem-especial-alto-numero-de-acidentes-na-curva-da-pratinha-preocupa-as-autoridades-e-motoristas>>. Acesso em: 07 jun. 2020.

SCHALCH, Eduardo José. **Os gargalos logísticos das principais rotas de soja do estado do Mato Grosso**: um estudo de caso do complexo portuário Miritituba-Barcarena no Pará. Pirassununga. 2016.

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de técnicas de projetos rodoviários**. 1. ed. São Paulo. 2008. 758 p.

UOL. **Acidente com caminhão deixa uma pessoa morta na BR-116**. 2020. Disponível em: <<https://atarde.uol.com.br/bahia/noticias/2119231-acidente-com-caminhao-deixa-uma-pessoa-morta-na-br116>>. Acesso em: 07 jun. 2020.

APÊNDICES

ANEXO A – Tabela A.1

DESCRIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	UNI.	CLASSE 0			CLASSE I			CLASSE II			CLASSE III			CLASSE IV A			CLASSE IV B		
		Plano	Ond.	Mont.	Plano	Ond.	Mont.	Plano	Ond.	Mont.	Plano	Ond.	Mont.	Plano	Ond.	Mont.	Plano	Ond.	Mont.
Velocidade Diretriz Mínima	km/h	120	100	80	100	80	60	100	70	50	80	60	40	80	60	40	60	40	30
Distância de Visibilidade de Parada: - Mínimo Desejável - Mínimo Absoluto	m	310	210	140	210	140	85	210	110	65	140	85	45	140	85	45	85	45	30
	m	205	155	110	155	110	75	155	90	60	110	75	45	110	75	45	75	45	30
Distância Mínima de Visibilidade de Ultrapassagem	m	-	-	-	680	560	420	680	490	350	560	420	270	560	420	270	420	270	180
Raio Mínimo de Curva Horizontal (p/Superelev. Máx.)	m	540	345	210	345	210	115	375	170	80	230	125	50	230	125	50	125	50	25
Taxa de Superelevação Máxima	%	10	10	10	10	10	10	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Rampa Máxima: - Máximo Desejável - Máximo Absoluto	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	%	3	4	5	3	4,5	6	3	5	7	4	6	8	4	6	8	6	8	10
Valor de K para Curvas Verticais Convexas: - Mínimo Desejável - Mínimo Absoluto	m/%	233	107	48	107	48	18	107	29	10	48	18	5	48	18	5	18	5	2
	m/%	102	58	29	58	29	14	58	20	9	29	14	5	29	14	5	14	5	2

ANEXO A – Tabela A.2

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	RELEVO DA REGIÃO	CLASSE DA RODOVIA			
		M-0	M-I	M-II	M-III/IV
Velocidade diretriz (km/h)	Plano	100	100	80	60
	Ondulado	80	80	60	40
	Montanhoso	60	60	40	30
Raio mínimo de curva horizontal (m)	Plano	430	340	200	110
	Ondulado	280	200	110	50
	Montanhoso	160	110	50	30
Rampa máxima (%)	Plano	3	3	3	4
	Ondulado	4	4,5	5	6
	Montanhoso	5	6	7	8
Distância mínima de visibilidade de parada (m)	Plano	150	150	100	75
	Ondulado	100	100	75	50
	Montanhoso	75	75	50	-
Distância mínima de visibilidade de ultrapassagem (m)	Plano	650	650	500	350
	Ondulado	500	500	350	175
	Montanhoso	350	350	175	-
Largura da pista de rolamento (m)	Plano	7,50	7,00	7,00	7,00
	Ondulado	7,50	7,00	6,00-7,00	6,00-7,00
	Montanhoso	7,50	7,00	6,00	6,00
Largura do acostamento externo (m)	Plano	3,00	2,50	2,00	1,50
	Ondulado	2,50	2,00	1,50	1,20
	Montanhoso	2,00	1,50	1,20	1,00
	Muito Montanhoso	1,50	1,00	1,00	1,20
Largura da faixa de domínio (m)	Plano	-	60	30	30
	Ondulado	-	70	40	30
	Montanhoso	-	80	50	50

Fonte: Adaptado de Lee (2000).

ANEXO A – Tabela A.3

CLASSES DE PROJETOS	CARACTERÍSTICAS	CRITÉRIO DE CLASSIFICAÇÃO TÉCNICA	VELOCIDADE DE PROJETO		
			Plano	Ondulado	Montanhoso
0	Via Espressa	Decisão Administrativa	120	100	80
I	A	Pista Dupla O processo em pista simples resultaria em Níveis de Serviço inferiores ao aceitável.	100	80	60
	B	Pista Simples Volume de tráfego projetado: > 200v ph ou > 1.400 vpd.			
II	Pista Simples	Volume de tráfego projetado: 700 vpd a 1.400 vpd.	100	70	50
III	Pista Simples	Volume de tráfego projetado: 300 vpd a 700 vpd.	80	60	40
IV	A	Pista Simples Volume de tráfego projetado: 50 vpd a 200 vpd.	60	40	30
	B	Pista Simples Volume de tráfego projetado: < 50 vpd.			

Fonte: Adaptado de DNER (1999).