



GABRIELLA VILELA COELHO

**ANÁLISE DO PROJETO GEOMÉTRICO DO TRECHO DA
RODOVIA DF-230**

**LAVRAS-MG
2023**

GABRIELLA VILELA COELHO

ANÁLISE DO PROJETO GEOMÉTRICO DO TRECHO DA RODOVIA DF-230

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Engenharia Civil, para obtenção do título de Bacharel.

Prof. Paulo Roberto Borges, D. Sc.

Orientador

LAVRAS-MG

2023

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

COELHO, GABRIELLA VILELA.

Análise do projeto geométrico do trecho da rodovia DF-230 /
GABRIELLA VILELA COELHO. - 2023.
50 p.

Orientador(a): Paulo Roberto Borges.

TCC (graduação) - Universidade Federal de Lavras, 2023.
Bibliografia.

1. Velocidade diretriz. 2. Curva de concordância. 3. Estradas
rurais. I. Borges, Paulo Roberto. II. Título.

GABRIELLA VILELA COELHO

ANÁLISE DO PROJETO GEOMÉTRICO DO TRECHO DA RODOVIA DF-230

ANALYSIS OF THE GEOMETRIC PROJECT OF THE DF-230 ROAD SECTION

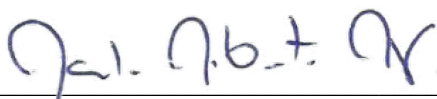
Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Civil, para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em 18 de JULHO de 2023.

Dr. Paulo Roberto Borges UFLA

Dr. Luciana Barbosa de Abreu UFLA

Ramon Felipe Santos UFSCAR



Prof. Paulo Roberto Borges, D. Sc.

Orientador

LAVRAS-MG

2023

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a minha mãe por toda dedicação, amor, apoio, incentivo e motivação, sem você eu não teria conseguido chegar até aqui, sei que não foi fácil.

Gostaria de agradecer, também, aos meus tios Adriana e Ronaldo, por serem minha segunda mãe e segundo pai, por todo o acolhimento que sempre tiveram comigo.

Aos meus primos Daniel, Raiane e Natania por serem meus melhores amigos e quase irmãos durante toda a vida.

A Claudiana e a Julia, por terem sido minha família em Lavras e por todos os momentos de companheirismo durante esses anos de graduação.

Aos amigos que fiz em Lavras durante a graduação, por todas as risadas, conversas na cantina, idas ao Chiquinho e ajuda com os estudos.

Ao professor Paulo, meu orientador, por sua dedicação durante o desenvolvimento deste trabalho.

A cada docente com quem tive aula durante minha formação, por todo ensinamento transmitido.

A Universidade Federal de Lavras, por ser um local de acesso democrático e de ensino gratuito e de altíssima qualidade.

Por último e mais importante, a Deus, por ser a única esperança em diversos momentos e por me fortalecer para que chegasse ao fim desse desafio.

*“Nunca ande por trilhas, pois assim só irá até
onde outros já foram.”
(Alexander Graham Bell)*

RESUMO

A malha rodoviária brasileira constitui a infra-estrutura de transporte do país e representa um elemento de suma importância para o desenvolvimento econômico e social, transportando milhões de pessoas e mais da metade das cargas que circulam em território nacional. Tendo isso em vista, é necessário que as estradas brasileiras estejam em boa qualidade para atender de forma satisfatória as demandas de mobilidade regionais e nacionais. As normas de projeto em vigor no país determinam critérios mínimos para garantir condições de segurança aos usuários das rodovias. No desenvolvimento deste trabalho foi realizada uma análise de alguns elementos do projeto geométrico do trecho compreendido entre a estaca 150 e a estaca 225 da rodovia DF-230, uma rodovia de classe I e com velocidade máxima de 80km/h. Em relação aos parâmetros analisados, concluiu-se que a rodovia foi projetada respeitando os limites normativos e de segurança definidos pelo DNER (1999).

Palavras-chave: Velocidade diretriz. Curva de concordância. Estradas rurais.

ABSTRACT

The Brazilian road network constitutes the country's transportation infrastructure and represents an element of paramount importance for economic and social development, transporting millions of people and more than half of the cargo circulating in the national territory. In view of this, it is necessary that Brazilian roads are in good quality to satisfactorily meet regional and national mobility demands. The design standards in force in the country determine minimum criteria to ensure safety conditions for road users. In the development of this work, an analysis of some elements of the geometric design of the section between stake 150 and stake 225 of the DF-230 highway, a class I highway with a maximum speed of 80km/h, was carried out. Regarding the analyzed parameters, it was concluded that the highway was designed respecting the normative and safety limits defined by DNER (1999).

Keywords: Guideline speed. Matching curve. Rural roads.

SUMÁRIO

| | | |
|---------------|--|-----------|
| 1. | INTRODUÇÃO | 11 |
| 2. | REFERENCIAL TEÓRICO | 12 |
| 2.1 | Classificação das Rodovias..... | 12 |
| 2.1.1 | Sistema funcional..... | 12 |
| 2.1.2 | Classificação Técnica de projeto | 13 |
| 2.1.3 | Relação entre Classe de projeto e Classificação funcional | 18 |
| 2.2 | Velocidade Diretriz | 18 |
| 2.3 | Veículo de Projeto | 19 |
| 2.3.1 | Veículo Tipo | 19 |
| 2.4 | Elementos Transversais de Projeto | 21 |
| 2.4.1 | Pista de Rolamento | 22 |
| 2.4.2 | Acostamento..... | 24 |
| 2.4.3 | Sarjeta..... | 25 |
| 2.4.4 | Talude..... | 26 |
| 2.5 | Elementos Longitudinais de Projeto | 27 |
| 2.5.1 | Elementos Característicos do Traçado em Planta..... | 27 |
| 2.5.2 | Elementos Característicos do Traçado em Perfil | 28 |
| 2.6 | Curva de concordância horizontal | 29 |
| 2.7 | Curva de transição..... | 32 |
| 2.8 | Superlargura | 34 |
| 2.9 | Superelevação | 34 |
| 2.10 | Visibilidade mínima de projeto | 35 |
| 2.10.1 | Visibilidade de parada | 36 |
| 2.11 | Curva Vertical..... | 37 |
| 2.11.1 | Curva convexa | 37 |
| 2.11.2 | Curva côncava | 39 |
| 3. | METODOLOGIA | 40 |
| 4. | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 42 |
| 4.1 | Raio mínimo da curva horizontal..... | 42 |
| 4.2 | Curva horizontal com transição | 42 |
| 4.2.1 | Comprimento de transição mínimo | 42 |
| 4.2.2 | Valor mínimo de transição adotado..... | 43 |

| | | |
|-------|---|----|
| 4.2.3 | Comprimento de transição máximo | 44 |
| 4.3 | Curvas Verticais..... | 44 |
| 4.3.1 | Distância de Visibilidade de parada | 45 |
| 4.3.2 | Comprimento vertical mínimo | 45 |
| 4.3.3 | Comprimento mínimo absoluto | 46 |
| 5. | CONCLUSÃO | 47 |
| | REFERÊNCIAS | 48 |
| | ANEXOS | 50 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 2.1: Seção Tipo de Rodovia de Pista Simples..... | 21 |
| Figura 2.2: Exemplo de Concordância Horizontal. | 28 |
| Figura 2.3: Exemplo de Concordância Vertical | 28 |
| Figura 2.4: Curva Circular Simples..... | 30 |
| Figura 2.5: Superelevação. | 35 |
| Figura 2.6: Curva vertical parabólica | 37 |
| Figura 2.7: Parâmetros considerados da determinação do comprimento mínimo da curva vertical. | 38 |
| Figura 3.1: Trecho da Rodovia DF-230..... | 40 |

ÍNDICE DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 2.1: Composição média dos fluxos de tráfego..... | 14 |
| Tabela 2.2: Nível de Serviço para terreno plano. | 15 |
| Tabela 2.3: Nível de Serviço para terreno medianamente ondulado..... | 16 |
| Tabela 2.4: Nível de Serviço para terreno fortemente ondulado..... | 16 |
| Tabela 2.5: Níveis de Serviço de Rodovias de duas faixas com dois sentidos de tráfego para Terreno montanhoso - volumes médios diários de tráfego misto - Condições Brasileiras. | 17 |
| Tabela 2.6: Classes Funcionais e de Projeto. | 18 |
| Tabela 2.7: Velocidade diretriz para novos traçados em função da classe de projeto e do relevo. | 19 |
| Tabela 2.8: Principais dimensões básicas dos veículos de projeto..... | 20 |
| Tabela 2.9: Largura das Faixas de Rolamento (m)..... | 22 |
| Tabela 2.10: Largura dos Acostamentos Externos (m) | 25 |
| Tabela 2.11: Valores máximos admissíveis de coeficiente de atrito transversal..... | 31 |
| Tabela 2.12: Valores mínimos dos Raios para dispensa de curva de transição..... | 33 |
| Tabela 2.13: Valores mínimos dos Raios para dispensa da Superelevação. | 35 |
| Tabela 2.14: Coeficiente de atrito longitudinal para velocidade diretriz. | 36 |
| Tabela 2.15: Coeficiente de atrito longitudinal para velocidade média | 36 |
| Tabela 3.1: Dados das curvas horizontais da DF-230. | 40 |
| Tabela 4.1: Comprimento mínimo de transição e comprimento de projeto(m) | 44 |
| Tabela 4.1: Valores limites e de projeto dos elementos em planta..... | 44 |
| Tabela 4.1: Parâmetros da curva vertical..... | 44 |
| Tabela 4.1: Elementos calculados para a curva vertical..... | 46 |

1. INTRODUÇÃO

As rodovias desempenham um papel crucial no processo de desenvolvimento econômico e social de um país, tornando-se um ativo público necessário. Conforme dados da Confederação Nacional do Transporte (2018), no Brasil, essas vias são essenciais para a circulação de 61,1% das cargas pelo território nacional, bem como para a movimentação interestadual e internacional de 92,5% dos passageiros. Esses números destacam a importância estratégica das rodovias para a economia, a conectividade regional e o transporte de pessoas e mercadorias. Por esse motivo, faz-se necessário que as rodovias estejam adequadas para uso seguro e oferecendo a mobilidade necessária.

De acordo com Treat *et al.* apud Andriola (2019), os acidentes viários são causados por três fatores contribuintes: o usuário, o veículo e a via. Nesse contexto, um projeto de rodovia segura permite compensar, em parte, os riscos apresentados pelos outros fatores, contribuindo para a redução da frequência de acidentes e minimizando a gravidade daqueles que ocorrem.

A compreensão desses fatores e a implementação de medidas adequadas são essenciais para promover a segurança viária.

Com base nessas informações, o objetivo deste trabalho será analisar o projeto geométrico do trecho compreendido entre a estaca 150 até a estaca 225 da rodovia DF-230, em relação à segurança e parâmetros estabelecidos pela norma em vigor no Brasil.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Classificação das Rodovias

Segundo Antas (2010), a necessidade de classificar as rodovias por diferentes critérios têm sido evidenciada como uma forma de atender a diferentes abordagens e objetivos de natureza técnica, administrativa e que são relevantes para os usuários das vias em geral. Neste tópico, serão abordadas as classificações funcionais e a classificação técnica de projeto, bem como a relação entre estas classes.

2.1.1 Sistema funcional

A classificação funcional organiza as rodovias com base na natureza do serviço que elas devem oferecer. As estradas são classificadas em Sistemas e Classes de acordo com o tipo de utilidade que oferecem e as atribuições que desempenham. O Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais, DNER (1999), divide as rodovias nas seguintes classificações: sistema arterial; sistema coletor e sistema local.

2.1.1.1 Sistema Arterial

Tem como finalidade proporcionar alto nível de mobilidade para grandes volumes de tráfego; conectar centros urbanos; interligar municípios, estados e países e proporcionar acesso a viagens de longa distância por meio de adequado espaçamento interno.

2.1.1.1.1 Sistema Arterial Principal

São as rodovias utilizadas para viagens internacionais e inter-regionais, conectando as cidades com população acima de 150 mil habitantes com a capital dos estados e conectando estas com a capital do Brasil.

Proporcionam um sistema contínuo dentro da região e articulam-se com as rodovias de função similares das regiões vizinhas e atendem essencialmente a função mobilidade.

3.1.1.2 Sistema Arterial Primário

Estas rodovias têm como finalidade servir as viagens inter-regionais e interestaduais, atendendo as regiões não servidas pelo sistema arterial principal e formando com o mesmo um sistema contínuo, livre de interrupções, tendo como principal função a mobilidade.

2.1.1.1.2 Sistema Arterial Secundário

Atendem as viagens intra-estaduais não atendidas pelo sistema superior. Devem estar conectadas com as rodovias do sistema arterial principal e primário de forma contínua.

2.1.1.2 Sistema Coletor

Atendem ao tráfego intermunicipal e conectam os centros geradores de tráfego de menos vulto que não sejam servidos pelo sistema Arterial.

Este sistema complementa o sistema arterial, formando uma rede contínua que liga a área rural e centros municipais à malha arterial.

2.1.1.2.1 Sistema Coletor Primário

Tem como função atender ao tráfego intermunicipal, conectando os principais centros urbanos de uma região dentro do estado a malha arterial.

2.1.1.2.2 Sistema Coletor Secundário

Conectam as áreas de baixa densidade populacional a malha rodoviária superior.

2.1.1.3 Sistema Local

Esse sistema é composto por estradas normalmente de extensão reduzida, cujo objetivo principal é fornecer acesso ao tráfego entre municípios de áreas rurais e pequenas localidades às estradas de nível superior, que geralmente fazem parte do Sistema Coletor Secundário. Podem apresentar discontinuidades, mas não podem ser isolado do restante da rede rodoviária.

2.1.2 Classificação Técnica de projeto

O Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais, DNER (1999) define os critérios que devem ser levados em consideração para definir a classe de projeto, sendo posição hierárquica dentro da classificação funcional; volume médio diário de tráfego; e nível de serviço.

2.1.2.1 Posição hierárquica dentro da classificação funcional

Segundo o DNER (1999), as classes de projetos devem ser compatibilizadas com o sistema de classificação funcional.

2.1.2.2 Volume médio diário de tráfego

Com base no estudo feito pelo Plano Nacional de Contagem de Trânsito (PNTC) do DNER (1996), foi elaborada a composição média dos fluxos de tráfego (Tabela 2.1), que são estimativas para a utilização na classificação técnica elaborada no Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais do DNER (1999).

Tabela 2.1: Composição média dos fluxos de tráfego.

| VMD(traf. Misto) | Automóvel (%) | Ônibus (%) | Caminhão (%) |
|------------------|---------------|------------|--------------|
| 700 | 46 | 8 | 46 |
| 1000 | 46 | 8 | 46 |
| 2000 | 47 | 8 | 45 |
| 3000 | 48 | 8 | 44 |
| 4000 | 49 | 8 | 43 |
| 5000 | 50 | 8 | 42 |
| 6000 | 51 | 8 | 41 |
| 7000 | 52 | 8 | 40 |
| 8000 | 53 | 8 | 39 |
| 9000 | 54 | 8 | 38 |
| 10000 | 55 | 8 | 37 |
| 12000 | 56 | 8 | 36 |
| 14000 | 58 | 8 | 34 |
| >=15000 | 59 | 8 | 33 |

Fonte: PNTC/DNER (1996).

O volume médio diário de tráfego se refere à composição mista do fluxo de tráfego de veículos nas condições usuais das rodovias brasileiras, considerando automóveis, ônibus e caminhões.

2.1.2.3 Nível de serviço

O nível de serviço é uma classificação do HCM (*Highway Capacity Manual*– Manual de Capacidade de Rodovia) que agrupa os condicionantes utilizados na classificação técnica e é utilizado para definir a Classe de projeto.

Para que seja definido o nível de serviço, é necessário considerar a natureza do terreno onde a rodovia se situa. DNER (1999) classifica o nível de serviço considerando uma pista com dois sentidos de tráfego, adotando como referência os critérios do *Highway Capacity Manual, Special Report 209 - 1994 - Transportation Research Board – National Research Council– USA*, conforme a Tabela 2.2, Tabela 2.3, Tabela 2.4 e Tabela 2.5.

- (Tabela 2.3 e Tabela 2.4);
- Terreno montanhoso: combinação de alinhamento horizontais e verticais que obrigue os veículos pesados a manter a velocidade de arrasto por longas distâncias (Tabela 2.5).

Tabela 2.2: Nível de Serviço para terreno plano.

| NÍVEL DE SERVIÇO | % DE DEMORA | VELOCIDADE MÉDIA (km/h) | % SEM VISIBILIDADE DE ULTRAPASSAGEM | | |
|------------------|-------------|-------------------------|-------------------------------------|-------|-------|
| | | | 0 | 50 | 100 |
| | | | VOLUME MÉDIO DIÁRIO | | |
| A | <=30 | >=93,3 | 1,980 | 1,050 | 520 |
| B | <=45 | >=88,5 | 3370 | 2480 | 1980 |
| C | <=60 | >=83,7 | 5450 | 4400 | 4010 |
| D | <=75 | >=80,5 | 8940 | 8270 | 7900 |
| E | <=75 | >=72,4 | 14500 | 14500 | 14500 |
| F | 100 | >72,4 | - | - | - |

Fonte: Highway Capacity Manual(1994).

Terreno plano: possui declividade de no máximo 2% de greide. Nesse tipo de terreno os veículos pesados conseguem manter a mesma velocidade contínua que os veículos de passeio.

Tabela 2.3: Nível de Serviço para terreno medianamente ondulado.

| NÍVEL DE SERVIÇO | % DE DEMORA | VELOCIDADE MÉDIA (KM/H) | % SEM VISIBILIDADE DE ULTRAPASSAGEM | | |
|------------------|-------------|-------------------------|-------------------------------------|------|------|
| | | | 0 | 50 | 100 |
| | | | VOLUME MÉDIO DIÁRIO | | |
| A | ≤ 30 | $\geq 91,7$ | 1190 | 470 | 230 |
| B | ≤ 45 | $\geq 86,9$ | 1740 | 1190 | 860 |
| C | ≤ 60 | $\geq 82,1$ | 2850 | 2250 | 1870 |
| D | ≤ 75 | $\geq 78,9$ | 4350 | 3460 | 2960 |
| E | ≤ 75 | $\geq 64,4$ | 7130 | 6670 | 6550 |
| F | 100 | $> 64,4$ | - | - | - |

Fonte: Highway Capacity Manual (1994).

Tabela 2.4: Nível de Serviço para terreno fortemente ondulado.

| NÍVEL DE SERVIÇO | % DE DEMORA | VELOCIDADE MÉDIA (KM/H) | % SEM VISIBILIDADE DE ULTRAPASSAGEM | | |
|------------------|-------------|-------------------------|-------------------------------------|------|------|
| | | | 0 | 50 | 100 |
| | | | VOLUME MÉDIO DIÁRIO | | |
| A | ≤ 30 | $\geq 91,7$ | 870 | 340 | 120 |
| B | ≤ 45 | $\geq 86,9$ | 1200 | 760 | 530 |
| C | ≤ 60 | $\geq 82,1$ | 1920 | 1390 | 1030 |
| D | ≤ 75 | $\geq 78,9$ | 2610 | 1990 | 1620 |
| E | ≤ 75 | $\geq 64,4$ | 4230 | 3900 | 3740 |
| F | 100 | $> 64,4$ | - | - | - |

Fonte: Highway Capacity Manual (1994).

Terreno ondulado: combinação de alinhamentos horizontais que provoquem redução substancial das velocidades dos veículos pesando, mas sem que seja necessário manter a velocidade de arrasto por tempo significativo

Tabela 2.5: Níveis de Serviço de Rodovias de duas faixas com dois sentidos de tráfego para Terreno montanhoso - volumes médios diários de tráfego misto - Condições Brasileiras.

| NÍVEL DE SERVIÇO | % DE DEMORA | VELOCIDADE MÉDIA (KM/H) | % SEM VISIBILIDADE DE ULTRAPASSAGEM | | |
|------------------|-------------|-------------------------|-------------------------------------|------|------|
| | | | 0 | 50 | 100 |
| | | | VOLUME MÉDIO DIÁRIO | | |
| A | ≤30 | ≥93,3 | 680 | 260 | 50 |
| B | ≤45 | ≥88,5 | 900 | 520 | 360 |
| C | ≤60 | ≥83,7 | 1420 | 920 | 580 |
| D | ≤75 | ≥80,5 | 1820 | 1320 | 1020 |
| E | ≤75 | ≥72,4 | 2930 | 2660 | 2490 |
| F | 100 | >72,4 | - | - | - |

Fonte: Highway Capacity Manual (1994).

Terreno montanhoso: combinação de alinhamento horizontais e verticais que obrigue os veículos pesados a manter a velocidade de arrasto por longas distâncias.

2.1.2.4 Classe de projeto

DNER (1999) agrupa as rodovias no Brasil em classes conforme suas características técnicas e volume de tráfego:

Classe 0: nessa classificação se enquadram as rodovias com mais elevado padrão técnico, com pista dupla e controle total de acesso e bloqueio de pedestres. O nível de serviço dessa rodovia é superior ou igual ao nível D;

Classe I-A: rodovias com pista dupla cujo nível de serviço em terreno montanhoso, seja inferior ao nível D; e em terreno plano ou ondulado, seja inferior ao nível C.

Classe I-B: rodovia com pista simples de mais elevado padrão e que possua volume de tráfego inferior a Classe 1-A e superior a 1400 veículos por dia;

Classe II: rodovia de pista simples, com volume de tráfego médio superior a 700 veículos e inferior a 1400 veículos por dia;

Classe III: rodovia de pista simples, com volume de tráfego médio diário superior a 300 veículos e inferior a 700 veículos;

Classe IV: Rodovia de pista simples, com revestimento primário geralmente que compõe o sistema local. Compreendendo as estradas vicinais e eventualmente as estradas pioneiras.

2.1.3 Relação entre Classe de projeto e Classificação funcional

Segundo Antas (2010), a classe de projeto é uma classificação técnica que agrupa as rodovias considerando os padrões técnicos e a classificação funcional leva em consideração a função que a rodovia ocupa na rede rodoviária nacional. Podendo ser relacionadas conforme apresentado na Tabela 2.6.

Tabela 2.6: Classes Funcionais e de Projeto.

| Sistema | Classes Funcionais | Classe de Projeto |
|-----------------|---------------------------|--------------------------|
| Arterial | Principal | Classes 0 e I |
| | Primário | Classe I |
| | Secundário | Classes I e II |
| Coletor | Primário | Classes II e III |
| | Secundário | Classes III e IV |
| Local | Local | Classes III e IV |

Fonte: Antas (2010).

Observa-se que as rodovias de classe superior que possuem padrão técnico mais elevado atendem ao sistema arterial, enquanto as rodovias do sistema local que possuem como principal finalidade o acesso, correspondem as rodovias de classe inferior.

2.2 Velocidade Diretriz

De acordo com o DNER (1999), a velocidade desempenha um papel fundamental no projeto de uma rodovia, e influencia suas características técnicas.

A velocidade de referência (Tabela 2.7) é escolhida como base para o projeto da via, e afeta elementos como curvatura, inclinação da pista e distância de visibilidade. Ela representa a velocidade máxima em que um trecho da estrada pode ser percorrido com segurança e conforto, ao levar em consideração apenas as características geométricas da rodovia, sem considerar o tráfego.

Tabela 2.7: Velocidade diretriz para novos traçados em função da classe de projeto e do relevo.

| CLASSE DE PROJETO | VELOCIDADE DE PROJETO | | |
|-------------------|-----------------------|----------|------------|
| | RELEVO | | |
| | PLANO | ONDULADO | MONTANHOSO |
| CLASSE 0 | 120 | 100 | 80 |
| CLASSE I | 100 | 80 | 60 |
| CLASSE II | 100 | 70 | 50 |
| CLASSE III | 80 | 60 | 40 |
| CLASSE IV | 80 - 60 | 60 - 40 | 40 - 30 |

Fonte: DNER (1999).

É importante que a velocidade de referência não seja menor do que as velocidades operacionais predominantes, que são estimadas com base em características técnicas preliminares e do relevo. Evita-se reduzir a velocidade de referência em trechos curtos intermediários com terreno acidentado, enquanto trechos favoráveis e propícios a ultrapassagens podem ter velocidades superiores à velocidade mínima estabelecida.

Velocidades de referência mais altas trazem benefícios em termos de segurança, conforto e velocidade média de viagem, reduzindo o tempo de viagem. No entanto, é necessário considerar os custos de construção, uma vez que velocidades mais altas requerem características geométricas mais amplas, o que pode resultar em um aumento substancial nos custos.

2.3 Veículo de Projeto

2.3.1 Veículo Tipo

Levando em consideração a discrepância de dimensão entre os veículos nacionais e americanos, e diante da falta de estudos mais abrangentes que permitam estabelecer com precisão suficiente as dimensões e características do veículo ideal para nossas condições, serão adotados os modelos preconizados pela AASHTO (1965), com apenas uma modificação

em sua nomenclatura. Existem quatro tipos fundamentais de veículos de projeto a serem selecionados com base nas características predominantes do tráfego em cada caso:

- a) VP: engloba os automóveis, vans, utilitários, pick-ups e veículos similares, que possuem semelhanças físicas e operacionais com os veículos leves convencionais;
- b) CO: refere-se aos caminhões e ônibus convencionais, não articulados, compostos por uma única unidade tratora. Normalmente possuem dois eixos e seis rodas;
- c) O: engloba ônibus de longa distância, ônibus de turismo e caminhões longos, frequentemente com três eixos (conhecidos como "*trucks*"), que possuem dimensões maiores do que os veículos comerciais rígidos (CR) básicos. Além disso, seu comprimento se aproxima do limite máximo permitido por lei para veículos rígidos, excedendo o comprimento dos veículos CR;
- d) SR: consiste em uma unidade tratora simples acoplada a um semirreboque. Seu comprimento se aproxima do limite máximo permitido por lei para veículos dessa categoria.

Na Tabela 2.8 são resumidas as principais dimensões básicas dos veículos de projeto recomendados para serem utilizadas em projetos rodoviários, interseções e instalações relacionadas.

Tabela 2.8: Principais dimensões básicas dos veículos de projeto.

| Características do veículo | VP | CO | O | SR |
|-------------------------------------|-----------|-----------|----------|-----------|
| Largura total | 2,1 | 2,6 | 2,6 | 2,6 |
| Comprimento Total | 5,8 | 9,1 | 12,2 | 16,8 |
| Raio min. da roda externa dianteira | 7,3 | 12,8 | 12,8 | 13,7 |
| Raio min. da roda interna traseira | 4,7 | 8,7 | 7,1 | 6,0 |

Fonte DNER (1999).

Antas (2010) define que para projetar uma rodovia para um veículo específico significa, em termos gerais, garantir que todos os veículos com características ou dimensões iguais ou mais favoráveis do que o veículo de projeto adotado tenham condições operacionais iguais ou mais favoráveis do que as do veículo de projeto. Isso não implica que veículos com características ou dimensões menos favoráveis do que o veículo de projeto adotado sejam proibidos de utilizar a rodovia (pistas principais, marginais, interseções, acessos etc.). Significa, principalmente, que esses veículos estarão sujeitos, em algumas situações, a

condições operacionais menos favoráveis do que os padrões mínimos estabelecidos. Essas condições representam um nível mínimo de dirigibilidade e conforto de viagem considerado adequado, ao levar em conta aspectos como velocidades em rampas, distância dos bordos ou meios-fios em ramos de interseções e a capacidade de ultrapassagem de um veículo imobilizado, velocidade e dirigibilidade em ramos ou curvas de concordância com raios pequenos, entre outros. No entanto, essas condições não devem causar atrasos ou inconveniências considerados excessivos.

O veículo de projeto selecionado deve englobar e abranger os veículos representativos da frota que utilizará a rodovia, de forma a minimizar a presença de veículos restantes com características menos favoráveis do que o veículo de projeto e reduzir ao mínimo os efeitos adversos decorrentes dessa situação.

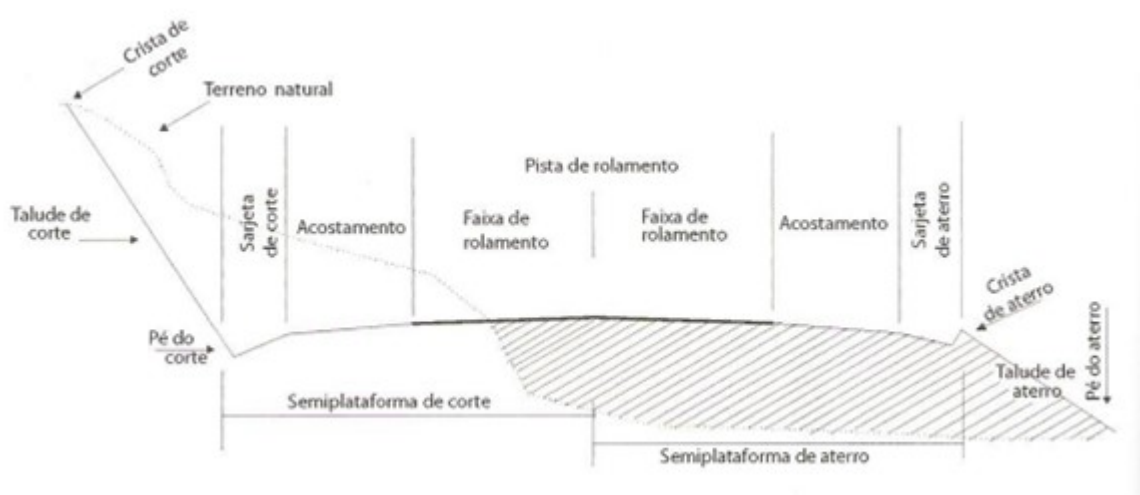
A escolha do veículo de projeto para uma determinada via deve considerar a composição do tráfego atual ou projetado, obtida por meio de contagens de tráfego ou projeções que levem em conta o desenvolvimento futuro da área abrangida pela via e a utilização planejada para cada trecho do projeto viário.

No Brasil, é comum a presença significativa de veículos comerciais (ônibus e/ou caminhões convencionais), o que influencia as características de projeto da via. Portanto, de forma geral, o veículo de projeto padrão a ser adotado é o veículo CO.

2.4 Elementos Transversais de Projeto

Uma seção típica de uma rodovia de pista simples pode incluir os elementos ilustrados na Figura 2.1:

Figura 2.1: Seção Tipo de Rodovia de Pista Simples.



Fonte: Antas (2010).

2.4.1 Pista de Rolamento

Considera-se que os veículos se deslocam em fila, em movimento contínuo e em sentidos opostos, a pista de rolamento compreende, no mínimo, duas faixas de tráfego ou rolamento. Nesse caso, tem-se uma faixa para cada sentido, caracterizando uma pista de rolamento simples.

É importante ressaltar que a faixa de rolamento deve possuir largura suficiente para acomodar o veículo, adicionada de espaços laterais que garantam a circulação segura deles. Através de observações contínuas do comportamento dos usuários em uma rodovia, o DNER (1999) estabelece as dimensões adequadas para esses espaços laterais, ao levar em consideração a velocidade.

A largura da faixa de rolamento é determinada com base no veículo de projeto selecionado durante a análise do tráfego e na velocidade de referência. Considerando as velocidades de referência comuns, as normas internacionais estabelecem uma largura padrão de 3,60 metros para a faixa de rolamento, com uma variação de 3,00 a 3,75 metros, dependendo das velocidades consideradas.

A tabela 2.9 a seguir, apresenta as larguras recomendadas para faixas de rolamento em trechos tangentes.

Tabela 2.9: Largura das Faixas de Rolamento (m).

| Classe da Rodovia | Região | | |
|-------------------|--------|------------|------------|
| | Plana | Ondulada | Montanhosa |
| 0 | 3,60 | 3,60 | 3,60 |
| I | 3,60 | 3,60 | 3,50 |
| II | 3,60 | 3,50 | 3,30-3,50 |
| III | 3,50 | 3,30-3,50× | 3,30 |
| IV - A | 3,00 | 3,00 | 3,00 |
| IV - B | 2,50 | 2,50 | 2,50 |

*Recomenda-se utilizar a maior largura quando previsto alta taxa de veículos comerciais.
Fonte: DNER (1999).

Os valores das Classes IV são baseados no Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais, DNER (1999). Embora a velocidade diretriz possa se modificar ao longo de

uma ligação, em função das mudanças do relevo do terreno, não convém variar a largura da faixa de rolamento. Isto se traduz em maior segurança e garantia da manutenção da capacidade. Só se justifica a adoção de faixas diferentes em trechos longos, onde venha a ocorrer nítida mudança de todas as características.

O número de faixas necessárias na rodovia é determinado pelo estudo de capacidade, levando-se em consideração o volume de tráfego ao longo da vida útil da via. No mínimo, é necessário ter uma pista simples, composta por duas faixas de tráfego, uma para cada sentido.

Caso o estudo de capacidade indique que a pista simples é insuficiente, é necessário recorrer a uma pista com múltiplas faixas de tráfego. Após a pista com duas faixas, a próxima opção é a pista dupla, com quatro ou mais faixas. A pista com três faixas é considerada perigosa e deve ser utilizada apenas quando houver uma clara definição de qual corrente de tráfego é destinada. Essa configuração é comumente empregada em rampas longas e íngremes, permitindo ultrapassar veículos lentos e aumentando a capacidade da rodovia. Nessas situações, a pista com três faixas é limitada ao trecho onde a rampa acentuada ocorre, retornando à seção normal em seguida.

Nas pistas simples, não há separação física entre as correntes de tráfego, permitindo a ultrapassagem por meio da ocupação temporária da faixa esquerda. No entanto, nas pistas duplas, é recomendável ter uma separação física, como um canteiro central ou um separador especial, visando a segurança da via e evitando colisões frontais entre veículos que se deslocam em sentidos opostos. Mais detalhes sobre esse assunto serão apresentados posteriormente.

Para proporcionar um deslocamento confortável e seguro, especialmente durante frenagens repentinas e ultrapassagens, a pista de rolamento ideal deveria ser nivelada transversalmente, o que também resultaria em melhor estética. No entanto, essa solução dificultaria o escoamento rápido das águas pluviais, o que afetaria a segurança do tráfego e a integridade do pavimento. Assim, na pista simples em linha reta, cada faixa geralmente possui uma inclinação transversal a partir do eixo, fazendo com que o centro da pista seja mais elevado do que as laterais. A seção transversal pode ser circular ou parabólica, mas na maioria dos casos, opta-se por ter cada faixa plana para facilitar a construção. Essa inclinação lateral para ambos os lados é chamada de abaulamento. Uma seção curva favorece um melhor deslocamento de um veículo durante uma ultrapassagem.

A inclinação transversal nas pistas simples varia de acordo com o tipo de revestimento do pavimento, levando em consideração a melhor possibilidade de escoamento das águas pluviais. As recomendações usuais são as seguintes:

- a) Pavimento de concreto de cimento: inclinação de 1% ou, de preferência, 1,5%;
- b) Pavimento betuminoso de alta qualidade: inclinação de 2%;
- c) Pavimento betuminoso com superfície rugosa (macadame betuminoso, tratamento superficial etc.): inclinação de 2,5% a 3%;
- d) Pistas de rolamento com revestimento primário: inclinação de 3% a 4.

2.4.2 Acostamento

Segundo Antas (2010), os acostamentos possuem algumas das seguintes finalidades:

- a) Proporcionar espaço para estacionamento de veículos acidentados ou com defeito;
- b) Permitir o estacionamento temporário de veículos cujos motoristas desejam descansar ou não se sentem capazes de continuar dirigindo;
- c) Servir como parada de ônibus para embarque e desembarque de passageiros;
- d) Oferecer espaço para que qualquer veículo possa retornar à sua faixa de rolamento em caso de perda de controle repentino;
- e) Fornecer suporte lateral ao pavimento;
- f) Durante a manutenção da pista, servir como área de armazenamento de materiais e estacionamento temporário de equipamentos;
- g) Permitir a passagem de pedestres, ciclistas e veículos de tração animal;
- h) Encorajar o motorista a utilizar completamente a faixa de rolamento.

Como pode ser observado, o acostamento é um elemento essencial na seção transversal para garantir a segurança do tráfego e um fluxo adequado. Estudos realizados evidenciaram as limitações que podem ocorrer no fluxo de veículos devido à falta de acostamentos com largura insuficiente ou em péssimo estado de conservação.

A largura desejável para o acostamento depende da velocidade diretriz, da composição e do volume de tráfego. Idealmente, seria aquela que permitisse o estacionamento do veículo de projeto e espaço para um trabalhador ao seu lado. No entanto, isso seria excessivamente custoso e incentivaria o uso do acostamento como uma pista de rolamento adicional. Por essas razões, é prevista uma largura de acostamento suficiente apenas para o estacionamento do

veículo de projeto. Além disso, o acostamento deve apresentar características distintas da pista de rolamento, como textura, coloração etc.

A Tabela 2.10 apresenta as larguras de acostamento recomendadas pelas instruções do DNER (1999) para o projeto geométrico de rodovias.

Tabela 2.10: Largura dos Acostamentos Externos (m)

| Classe da Rodovia | Região | | |
|-------------------|------------|------------|------------|
| | Plana | Ondulada | Montanhosa |
| 0 | 3,50 | 3,00-3,50* | 3,00-3,50* |
| I | 3,00-3,50* | 2,50 | 2,50 |
| II | 2,50 | 2,50 | 2,00 |
| II | 2,50 | 2,00 | 1,50 |
| IV - A | 1,30 | 1,30 | 0,80 |
| IV - B | 1,00 | 1,00 | 0,50 |

*De preferência 3,50 m quando previsto volume horário unidirecional de caminhões superior a 250 veículos
Fonte: DNER (1999).

A declividade transversal dos acostamentos pode ser de 5%, uma vez que eles não são destinados à circulação de veículos. No entanto, nem sempre essa declividade é adotada devido a dificuldades construtivas, prevalecendo a mesma inclinação da pista de rolamento.

Embora seja recomendado que a largura da faixa de rolamento não seja alterada com a redução da velocidade diretriz, a largura do acostamento pode ser diferente. Ao modificar a velocidade diretriz, é possível ajustar a largura do acostamento, desde que isso resulte em economia. Essa modificação deve ser feita de forma gradual e o usuário deve ser devidamente alertado por meio de sinalização adequada.

2.4.3 Sarjeta

A função da sarjeta é conduzir as águas das chuvas ao longo da rodovia, sendo parte integrante da seção transversal da estrada. O projeto de drenagem é responsável por dimensionar a sarjeta de acordo com as necessidades de escoamento das águas. Para isso, realiza-se um pré-dimensionamento da seção da sarjeta, buscando atender à maioria dos casos, deixando os casos particulares para um dimensionamento específico.

Nos cortes de terreno, as sarjetas geralmente possuem dimensões maiores devido à necessidade de uma maior capacidade de vazão. Já nos aterros, a adoção de sarjetas deve ser avaliada cuidadosamente devido a possíveis problemas de erosão.

Do ponto de vista hidráulico, as sarjetas podem ter seção triangular, semicircular, trapezoidal ou retangular. No entanto, ao selecionar a seção mais adequada, é importante considerar a segurança dos veículos. Para evitar que as rodas laterais dos veículos fiquem presas na sarjeta, é recomendado que a seção seja pouco profunda e que a face próxima ao acostamento tenha uma declividade suave. Se for necessário aumentar a capacidade de vazão, pode-se projetar um elemento separador entre a borda do acostamento e a sarjeta, criando uma pequena sarjeta adicional. Esse elemento separador pode ser um meio-fio parcialmente contínuo que permita a passagem da água da pista.

No caso da sarjeta em aterros, onde as dimensões são menores, é comum utilizar uma seção triangular, onde um dos lados continua o acostamento e o outro faceia a banquetta lateral. Isso proporciona uma largura adicional ao acostamento, oferecendo maior segurança para o estacionamento de veículos.

2.4.4 Talude

Os taludes formam o contorno lateral do corpo da estrada. Segundo Antas (2010), é primordial a estabilidade dos taludes para a segurança do tráfego, razão pela qual se deve proceder a um cuidadoso estudo de estabilidade com apoio nos estudos geotécnicos, incumbência do projeto de obras de terra. Esta é a principal condicionante para a definição da inclinação dos taludes. Afora essa condição, existem outros aspectos a serem considerados. Assim um talude com inclinação suave proporciona melhor impressão estética e visual, objetivo importante do Projeto Paisagístico, harmonizando-se a obra com as elevações do terreno circunvizinho, além de contribuir ainda para aumentar sua estabilidade. Entretanto, taludes suaves oneram a construção, muito embora possam resultar em economia de manutenção, pois se pode arborizar com maior facilidade elevações com declives brandos. A vegetação, quando se firmar, reduzirá os efeitos da erosão; por outro lado, enquanto isto não ocorre tem-se maior área exposta à ação da chuva, aumentando o risco de erosão. Acresce ainda que os serviços de manutenção podem ser mecanizados quando o talude tem uma inclinação 1V:3H mais suave. Outra vantagem que o talude suave oferece é quanto à segurança para veículos desgovernados, para os quais não haverá perigo de tombamento de taludes para 1V:3H.

Ainda, com taludes suaves obtém-se melhor visibilidade nas curvas, o que representa segurança maior aos motoristas. Evidente que essas soluções só encontram justificativa nos projetos de rodovias de alto padrão, nas quais se torna desejável o máximo de segurança aliada a um aspecto agradável. Identicamente essa suavização não convém ser feita em todos os taludes, mas sim naqueles que não sejam excessivamente elevados e tampouco em regiões de terrenos íngremes.

Outro tipo de talude que merece maior análise é o dos cortes em rocha, considerando-se a questão de estabilidade, os taludes podem ser abruptos, ou mesmo verticais em grande número dos casos, o que atende também a economia da obra. As inclinações variam de acordo com as propriedades das rochas; não convém, contudo, que os taludes sejam verticais, principalmente se forem muito elevados, em virtude da forte impressão de estreitamento que ocasionam no usuário. Algumas especificações recomendam para rodovias inclinações desde 12V:1H, enquanto outras indicam o limite de 5V:1H. Em uma seção transversal, o ponto mais alto dos taludes denomina-se crista, e o ponto mais baixo, pé. Por questões estéticas e de segurança, a crista dos taludes de corte e o pé dos taludes de aterro convém que sejam arredondados, de maneira a não se ter ângulos pronunciados com o terreno natural. Taludes muito elevados são normalmente compartimentados a fim de reduzir efeitos da erosão ocasionada pelo acúmulo gradual das águas das chuvas na parte interior do talude, aonde chegariam com grande velocidade, submetidas à ação da gravidade. O Projeto de Drenagem deverá definir essa compartimentação, levando em conta as características do material do talude, no que diz respeito à resistência à erosão, e à intensidade das precipitações pluviais na região.

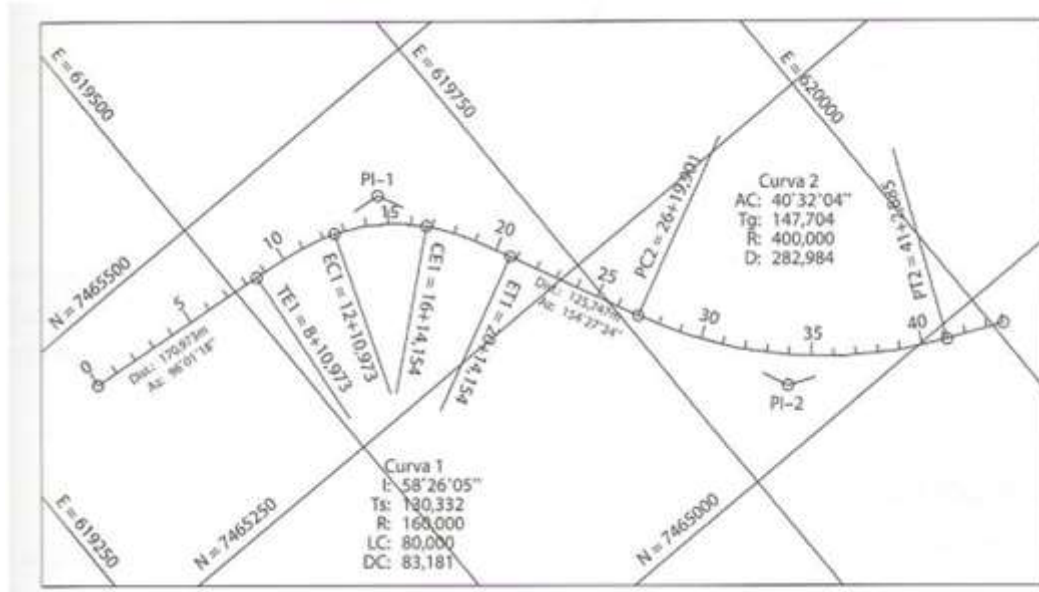
2.5 Elementos Longitudinais de Projeto

2.5.1 Elementos Característicos do Traçado em Planta

Antas (2010) define que geometricamente, a diretriz da estrada é composta por segmentos retos, chamados de tangentes, intercalados por curvas de concordância que permitem uma mudança gradual de direção dos veículos.

A concordância entre as tangentes pode ser feita diretamente com um arco de círculo (Figura 2.2- Curva 2) ou pode ser conveniente inserir uma espiral entre as tangentes e o arco de círculo (Figura 2.2- Curva 1). Essa espiral é uma curva de transição cuja finalidade será discutida posteriormente.

Figura 2.2: Exemplo de Concordância Horizontal.

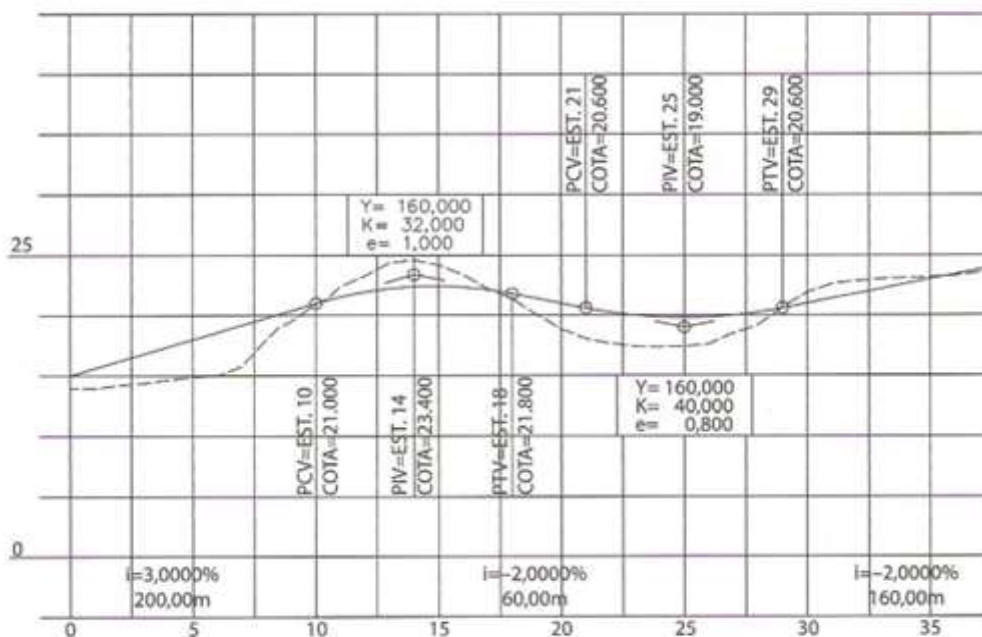


Fonte: Antas (2010).

2.5.2 Elementos Característicos do Traçado em Perfil

Projetando o eixo longitudinal da estrada em um plano vertical que acompanha a via, obtem-se o perfil, no qual são definidos planos inclinados sucessivos, sejam eles aclives ou declives. As transições de inclinação são suavizadas por curvas, proporcionando um trajeto mais confortável para os veículos (Figura 2.3). Vale ressaltar que normalmente todas as distâncias são medidas na horizontal, sendo que distâncias inclinadas são excepcionais.

Figura 2.3: Exemplo de Concordância Vertical



Fonte: Antas (2010).

Convencionou-se utilizar o sinal positivo (+) para representar as rampas em aclive e o sinal negativo (-) para as rampas em declive. Os trechos de terreno plano são chamados de patamares. As declividades são normalmente expressas em porcentagem ou pelo número decimal correspondente, precedido pelo sinal apropriado.

Assim como na planta, os pontos do perfil são identificados por estacas, que são representadas no rodapé do desenho. Cada ponto do perfil possui uma altura em relação a um plano de referência, conhecida como cota. Quando o plano de referência é o nível médio do mar, a altura é referida como altitude do ponto. As principais referências de cotas são indicadas à esquerda do perfil. A projeção vertical da diretriz, conforme definido anteriormente, é conhecida como greide.

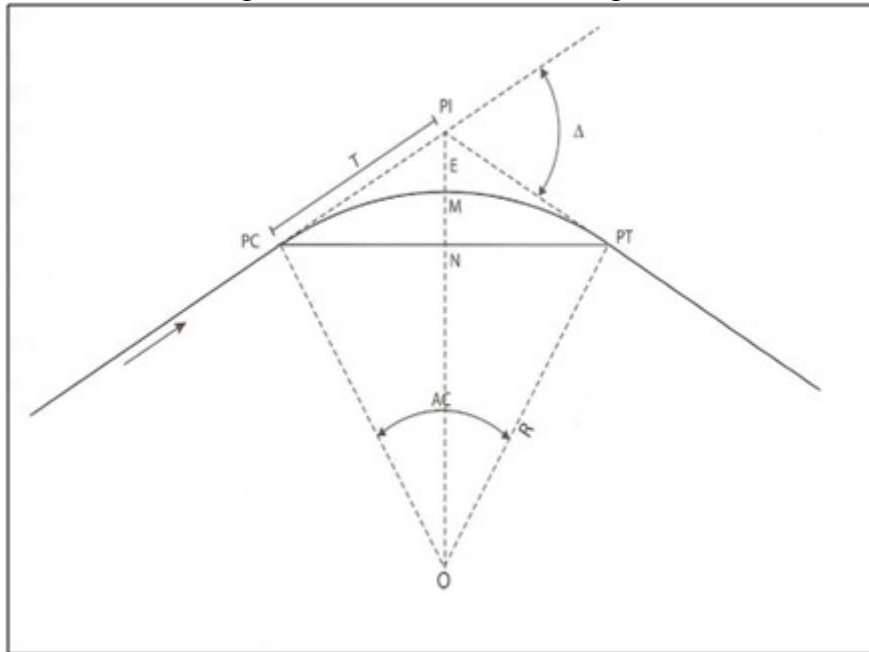
A concordância vertical pode apresentar duas situações particulares: uma saliência aparente ou uma reentrância aparente. A saliência ocorre quando há uma transição de aclive para declive, ou de uma rampa mais íngreme para uma rampa mais suave. Nessa situação, tem-se um PIV saliente ou uma concordância convexa. Em rodovias, quando essa concordância é muito pronunciada, é comumente chamada de lombada.

Já na situação de reentrância aparente, tem-se um PIV (Ponto de Interseção Vertical) reentrante ou uma concordância côncava. O funcionamento dos dois tipos de concordância apresenta algumas diferenças, daí a importância de distingui-los.

2.6 Curva de concordância horizontal

Segundo Pimenta (2004), o traçado de uma rodovia é constituído por trechos tangentes e trechos curvos alternadamente. A Figura 2.4 a seguir mostra a concordância de curvas horizontais do traçado com as tangentes do traçado.

Figura 2.4: Curva Circular Simples.



Fonte: Pimenta (2004)

Onde:

PI = ponto de interseção;

PC = ponto de curva;

PT = ponto de tangente;

Δ = ângulo de deflexão;

AC = ângulo central;

T = tangente externa ou exterior (m);

D = desenvolvimento (ou comprimento) da curva circular (m);

R = raio da curva circular (m);

O = centro da curva circular.

A relação entre os parâmetros das curvas são obtidos através de relações no triângulo retângulo:

$$T = R \times tg \frac{AC}{2} \quad (1)$$

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

$$D = R \times AC \quad (3)$$

Observa-se que todos os parâmetros da curva simples são definidos com base no raio definido pelo projetista.

DNER (1999) utiliza como critério para definir o raio mínimo, as condições de equilíbrio de um veículo ou percorrer uma curva Equação (4).

$$R_{min} = \frac{V^2}{127 \times (e_{max} + f_{max})} \quad (4)$$

Onde:

R_{min} = Raio mínimo (m);

V = Velocidade diretriz (km);

e_{max} = Taxa máxima de superelevação (m/m);

f_{max} = coeficiente máximo de atrito transversal (adimensional).

Tabela 2.11: Valores máximos admissíveis de coeficiente de atrito transversal.

| V (km/h) | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| f_{max} | 0,20 | 0,18 | 0,16 | 0,15 | 0,15 | 0,14 | 0,14 | 0,13 | 0,12 | 0,11 |

Fonte: DNER (1999).

DNER (1999) estabelece valores máximos para a taxa de superelevação em função da classe da rodovia e do relevo.

e_{max} 12%: a taxa máxima prática admissível para a superelevação de projetos rodoviários é de 12%. Seu emprego deve ser limitado aos casos de melhorias e correção de situações perigosas existentes sem alteração dos raios em planta (por economia ou impossibilidade). Deverá ser verificada a incidência, de veículos lentos, já que para esses, o aumento da superelevação será contra-indicada. No caso de projetos novos deve-se procurar aumentar os raios e não a superelevação. Para duplicação com aproveitamento de pista existente sem alterações, cada sentido pode ser atendido separadamente, se necessário.

e_{max} 10%: próprio para rodovias de padrão elevado, onde as condições topográficas, geométricas e de atrito lateral e os volumes de tráfego favoreçam elevadas velocidades e fluxo ininterrupto. Adotar para rodovias de Classe 0 em geral e Classe I em regiões planas e onduladas.

e_{max} 8%: em projetos de rodovias de padrão intermediário ou de rodovias de elevado padrão sujeitas a fatores (geralmente topográficos) que reduzam a velocidade média. Adotar para Classe I em região montanhosa e rodovias das demais classes de projeto em geral.

e_{max} 6%: em projetos condicionados por urbanização adjacente e frequentes interseções, que provocam redução da velocidade média.

e_{max} 4%: em situações extremas, com intensa ocupação do solo adjacente e reduzida flexibilidade para variar as declividades transversais da pista, sem vias marginais.

Cabe salientar que a superelevação máxima deverá ser de preferência mantida para um trecho inteiro. O valor adotado servirá de base para a determinação das taxas de superelevação para raios superiores ao mínimo

2.7 Curva de transição

Segundo Pimenta (2004), a definição do traçado de uma estrada por meio de linhas retas concordando diretamente com curvas circulares cria problemas nos pontos de concordância.

A descontinuidade da curvatura no ponto de passagem da tangente para a circular (PC) e no ponto de passagem da circular para a tangente (PT) não pode ser aceita em um traçado racional.

Assim, é necessário que, tanto nos PCs quanto nos PTs exista um trecho com curvatura progressiva para compor as seguintes funções:

- a) Permitir uma variação contínua da superelevação;
- b) Criar uma variação contínua de aceleração centrípeta na passagem do trecho reto para o trecho circular;
- c) Gerar um traçado que possibilite ao veículo manter-se no centro de sua faixa de rolamento;
- d) Proporcionar um trecho fluente, sem descontinuidade da curvatura e esteticamente agradável

Essas curvas de curvatura progressiva são chamadas de curvas de transição e possuem raio instantâneo variando do trecho reto que possui raio infinito até o valor de raio de a curva circular simples.

Antas (2010) define que em alguns casos em que o raio da curva circular é muito elevado, dispensa-se a transição de curva e tangente. A relação entre a velocidade e os raios mínimos para essa condição estão na Tabela 2.12.

Tabela 2.12: Valores mínimos dos Raios para dispensa de curva 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: Antas (2010).

De certa forma, qualquer curva cujo raio varie de infinito até o valor do raio circular, em uma extensão conveniente, pode ser usada como curva de transição; entretanto, algumas curvas, por suas características geométricas, são melhores, do ponto de vista técnico, para essa função. As curvas mais usadas são:

- a) Clotóide ou espiral;
- b) Lemniscata;
- c) Parábola cúbica.

Segundo Pimenta (2004), a curva espiral é a mais vantajosa do ponto de vista técnico e é a mais indicada para um traçado racional porque é a curva descrita por um veículo, em velocidade constante, quando o volante é girado com velocidade angular constante e o grau da transição varia linearmente com o comprimento percorrido.

Recomenda-se que a superelevação varie linearmente com o comprimento, o que construtivamente é muito vantajoso, pois assim tem-se a superelevação e a aceleração centrípeta variando na mesma proporção. Uma estrada projetada dessa forma oferece aos passageiros dos veículos o mesmo nível de conforto tanto na curva circular como na transição.

Determinação do comprimento de transição:

Critério Estético:

$$LC_{min} = \frac{e(\%) \times l_f}{0,9 - 0,0026V_p} \quad (5)$$

Critério Tempo:

$$LC_{min} = \frac{V_p}{1,8} \quad (6)$$

Critério Dinâmico:

$$LC_{min} = \frac{0,036V_p^2}{R} \quad (7)$$

2.8 Superlargura

O manual do DNER (1999) dimensiona a largura da pista de uma rodovia levando em consideração as larguras máximas dos veículos que a utilizam e suas velocidades.

Para determinar essa largura, é necessário somar as larguras máximas dos veículos, a distância necessária entre eles por questões de segurança e as distâncias necessárias entre os veículos e as bordas do pavimento.

Quando se está em uma curva, devido à rigidez dos veículos que não conseguem acompanhar a curvatura da estrada, é necessário aumentar a largura da pista para manter a distância mínima entre os veículos que existia no trecho em tangente. Além disso, os motoristas enfrentam maior dificuldade em avaliar as distâncias transversais em curvas, o que requer um aumento das distâncias de segurança em relação aos trechos em tangente.

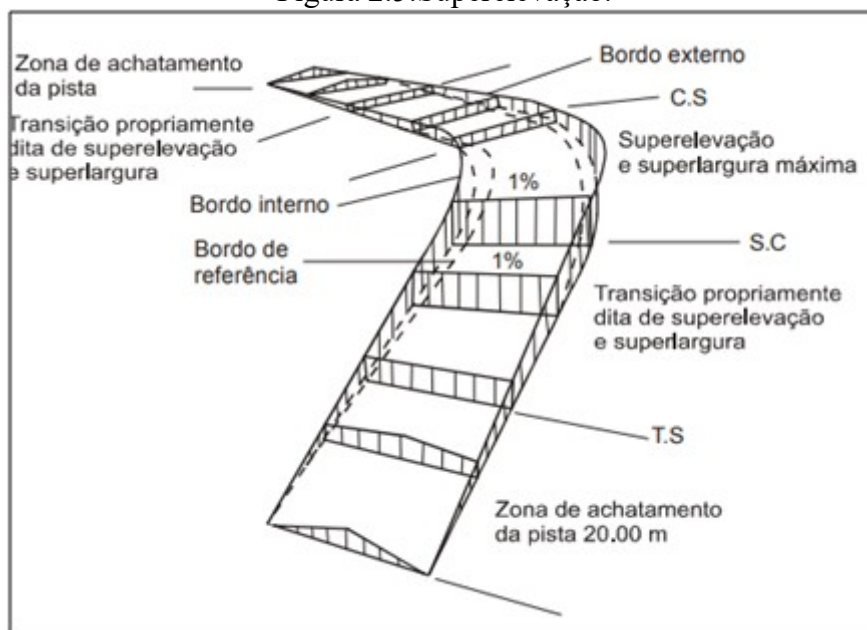
Esse acréscimo de largura necessário em uma curva de uma rodovia para manter as condições de conforto e segurança dos trechos em tangente é chamado de superlargura.

2.9 Superelevação

O DNIT (2006) define superelevação como a inclinação transversal da pista nas curvas, realizada ao redor do bordo de referência, a fim de garantir condições seguras e confortáveis para o tráfego. A transição da inclinação transversal nas curvas para as condições de pista reta é feita ao longo de uma espiral de transição. Ao longo da espiral, a inclinação transversal aumenta gradualmente, girando em torno do bordo de referência.

A transição da situação da pista no trecho em tangente é realizada gradualmente, aumentando a elevação dos bordos, seguindo uma inclinação constante. Isso é feito de forma a obter no trecho tangente uma situação em que o eixo e o bordo externo tenham a mesma cota. A partir desse ponto, inicia-se a curvatura da pista ao redor do bordo de referência até atingir o valor tabelado.

Figura 2.5:Superelevação.



Fonte: DNIT (2006).

A Tabela 2.13 apresenta os valores de raio a partir do qual não é necessário a implantação da superelevação.

Tabela 2.13:Valores mínimos dos Raios para dispensa da Superelevação.

| 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: Antas (2010).

Para as condições de raio mínimo e velocidade diretriz apresentação acima, a força centrífuga é desprezível.

2.10 Visibilidade mínima de projeto

As distâncias de visibilidade são definidas para garantir que os motoristas tenham condições adequadas de visibilidade para tomar decisões de forma segura e oportuna.

Esses padrões de visibilidade são determinados levando em consideração as características geométricas da rodovia, as condições da superfície de rolamento, as condições climáticas (chuva ou sol), o comportamento médio do motorista e as características dos veículos, como freios, suspensão e pneus, que representam condições desfavoráveis médias.

As principais distâncias de visibilidade consideradas no projeto rodoviário são as distâncias de visibilidade de parada, que são de caráter obrigatório, e as distâncias de tomada de decisão e de ultrapassagem, que são valores recomendados. Essas distâncias garantem que

os motoristas tenham tempo suficiente para parar, tomar decisões ou realizar ultrapassagens com segurança.

2.10.1 Visibilidade de parada

Pimenta (2004) define a distância de Visibilidade de Parada como distância mínima necessária para que um motorista, dirigindo um veículo com uma determinada velocidade, consiga frear com segurança após avistar um obstáculo na estrada. Essa distância é calculada levando em consideração as condições de atrito da estrada, o estado dos pneus do veículo, as condições climáticas e o comportamento médio do motorista.

É importante ressaltar que, em condições de chuva, os motoristas tendem a reduzir a velocidade média em relação à velocidade diretriz da rodovia. Essas velocidades médias correspondentes às velocidades diretrizes podem ser usadas como referência para determinar a distância de visibilidade de parada adequada em condições de chuva.

A distância de visibilidade de parada pode ser calculada conforme a Equação (8):

$$D_f = 0,7 \times V + 0,0039 \times \frac{V^2}{f} \quad (8)$$

Onde:

D_f = distância de visibilidade (m);

V = velocidade diretriz ou velocidade média (km/h);

f = coeficiente de atrito longitudinal;

i = inclinação, em m/m (positivo no sentido ascendente e negativo no sentido descendente).

O DNER (1999) define os valores de atrito longitudinal a serem empregados no projeto de rodovias em função da velocidade diretriz e da velocidade média de tráfego (Tabela 2.14 e Tabela 2.15).

Tabela 2.14: Coeficiente de atrito longitudinal para velocidade diretriz.

| V (km/h) | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| R (m) | 0,40 | 0,37 | 0,35 | 0,33 | 0,31 | 0,30 | 0,29 | 0,28 | 0,28 | 0,27 |

Fonte: DNER (1999).

Tabela 2.15: Coeficiente de atrito longitudinal para velocidade média.

| V (km/h) | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| R (m) | 0,40 | 0,38 | 0,36 | 0,34 | 0,32 | 0,31 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 |

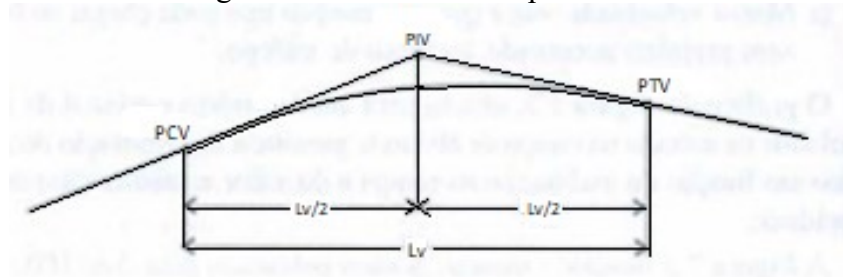
Fonte: DNER (1999).

O coeficiente de atrito longitudinal é uma medida da aderência do pneu com o pavimento, considerando que estes estejam em estado mínimo de boa conservação.

2.11 Curva Vertical

Segundo Pimenta (2004), o objetivo das curvas verticais é concordar trechos de rampa com inclinações diferentes, garantindo a segurança do usuário, qualidade da drenagem e a visibilidade para o motorista. As curvas normalmente utilizadas são as parábolas de eixo simples (Figura 2.6).

Figura 2.6: Curva vertical parabólica.



Fonte: Pimenta (2004).

Elementos da curva vertical:

PIV = ponto de interseção das tangentes;

PCV = ponto de curva vertical início da curva vertical;

PTV = ponto de tangente vertical fim da curva vertical;

L_v = comprimento da curva vertical (projeção horizontal);

i = inclinação da primeira rampa (+) ascendentes (-) descendente;

δ = diferença algébrica de inclinação.

2.11.1 Curva convexa

O comprimento mínimo de uma curva vertical convexa é definido considerando as condições de visibilidade necessárias para o motorista. Ou seja, é escolhido de modo a garantir que o condutor tenha espaço suficiente para realizar uma frenagem segura ao avistar um obstáculo na sua faixa de tráfego. Além disso, quando a curva atende às condições mínimas de visibilidade, também proporciona conforto e uma aparência adequada.

Assim, para todas as curvas convexas da estrada deve-se ter (Equação (9)):

$$D > D_f \quad (9)$$

Onde:

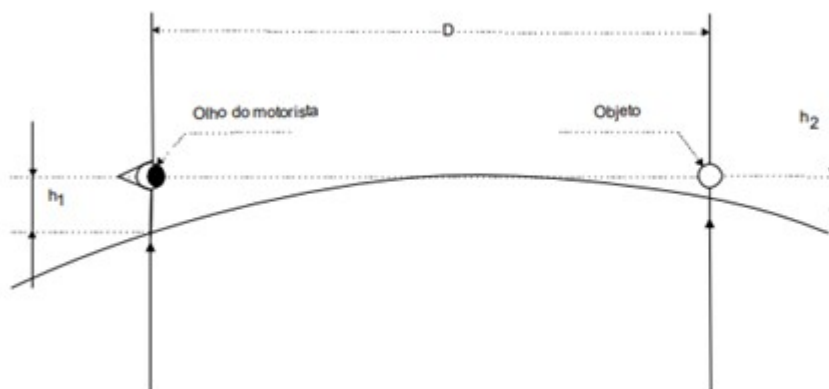
D - Distância de visibilidade do motorista;

D_f - distância mínima de frenagem.

Para determinar o comprimento mínimo da curva vertical, deve-se considerar a diferença entre a distância de visibilidade (D) e a distância de frenagem (D_f). Existem dois casos a serem considerados:

1. Quando a distância de visibilidade (D) é menor que o comprimento da curva (L_v). Nessa condição, na situação mais desfavorável, tanto o veículo quanto o obstáculo estarão posicionados na própria curva.
2. Quando a distância de visibilidade (D) é maior que o comprimento da curva (L_v). Nesse caso, o veículo e o obstáculo estarão localizados nas rampas que antecedem e sucedem a curva, respectivamente.

Figura 2.7: Parâmetros considerados da determinação do comprimento mínimo da curva vertical.



Fonte: DNIT (2010).

Caso 1: $D = D_f \leq L_v$

$$L_{v_{min}} = \frac{|\delta_i| * D_f^2}{4,04} \quad (10)$$

Caso 2: $D = D_f \geq L_v$

$$L_{v_{min}} = \frac{2 * D_f - 4,04}{|\delta_i|} \quad (11)$$

2.11.2 Curva côncava

O comprimento mínimo das curvas côncavas deve ser estabelecido levando em consideração a visibilidade noturna, que está relacionada ao alcance dos faróis dos veículos, bem como às condições de conforto e à drenagem superficial.

Durante a condução de um veículo em uma curva côncava durante a noite, a extensão da estrada iluminada pelos faróis depende da altura desses faróis em relação à pista e do ângulo de abertura do fecho luminoso. Esses fatores determinam a distância que o condutor pode enxergar adequadamente à sua frente e, conseqüentemente, influenciam na segurança e no conforto do trajeto.

Portanto, ao projetar curvas côncavas em uma rodovia, é necessário considerar a visibilidade noturna dos condutores, garantindo que haja espaço suficiente para que eles possam enxergar claramente a estrada iluminada pelos faróis, proporcionando uma condução segura e confortável.

Caso 1: $D = D_f \leq Lv$

$$Lv_{min} = \frac{|\delta_i| \times D_f^2}{1,2 + 0,035D_f} \quad (12)$$

Caso 2: $D = D_f \geq Lv$

$$Lv_{min} = 2D_f - \frac{1,2 + 0,035D_f}{|\delta_i|} \quad (13)$$

Tanto para as curvas côncavas ou convexas, deve-se respeitar o comprimento mínimo absoluto.

$$Lv_{min} = 0,6 \times V_p \quad (14)$$

3. METODOLOGIA

Obteve-se a planta do projeto geométrico da rodovia DF-230 no site do Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal e informações acerca da velocidade máxima permitida na rodovia a ser analisada. Com base nos elementos presentes no projeto, foi escolhido o trecho compreendido entre a estaca 150 até à estaca 225, com comprimento de 1,5 km, para ser analisado nesse trabalho de conclusão de curso (Figura 3.1).

Figura 3.1: Trecho da Rodovia DF-230



Fonte: Google Earth (2023).

O trecho escolhido possui duas curvas horizontais consecutivas bem como duas curvas verticais, sendo uma curva côncava e uma curva convexa, ou seja, elementos comuns e de extrema importância no projeto de uma rodovia, sendo este critério utilizado para a definição do trecho escolhido.

O projeto possui informações acerca dos ângulos de deflexão, raios das curvas simples, comprimento de transição, desenvolvimento da curva circular e o greide do trecho analisado, dados que serão necessários para a análise dos elementos de projeto (Tabela 3.1).

Tabela 3.1: Dados das curvas horizontais da DF-230.

| Curva | AC | R(m) | LC(m) | T/TS(m) | D(m) |
|-------|----|------|-------|---------|------|
|-------|----|------|-------|---------|------|

| | | | | | |
|---|------------|-------|-----|---------|---------|
| 1 | 80°34'50'' | 241,6 | 80 | 144.046 | 259.785 |
| 2 | 57°57'24'' | 400 | 120 | 148.630 | 284.612 |

Fonte: DER-DF (2012).

Para a análise das curvas verticais, foi obtido através do projeto o valor de inclinação das rampas em aclave e em declive da rodovia e à estaca dos pontos notáveis das curvas verticais.

Com as informações da rodovia, foi possível determinar os valores mínimos aceitos pela norma para os parâmetros de projeto. Assim foi possível verificar se as dimensões de projetos são aceitáveis e seguras para o usuário.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A rodovia DF-230 é uma rodovia de classe I e possui velocidade diretriz de 80 km/h. A região do Distrito Federal possui terreno levemente ondulado.

4.1 Raio mínimo da curva horizontal

O Raio mínimo se dá pela equação abaixo:

$$R_{min} = \frac{V^2}{127 * (e_{max} + f_{max})} \quad (15)$$

A partir da Tabela 2.11, obtém-se o valor máximo para o atrito transversal para a velocidade da rodovia de 0,14. E conforme apresentado no referencial teórico, o valor máximo de superelevação para a rodovia de classe I é de 10%.

Assim, obtém-se o valor mínimo para o raio de concordâncias horizontais para a classe de projeto I e velocidade de projeto de 80 km/h.

$$R_{min} = 210 \text{ m} \quad (16)$$

A curva 1 possui raio de 241,6 m e a curva 2 possui raio de 400 m, estando ambas dentro das dimensões consideradas seguras pelo DNER (1999).

4.2 Curva horizontal com transição

Conforme a Tabela 2.12, curvas com raios acima de 1200 m dispensam transição. Sendo os raios da curva 1 e da curva 2 menores do que esse limite, faz-se necessário a transição entre a tangente e a curva simples circular.

4.2.1 Comprimento de transição mínimo

Conforme a Tabela 2.12, apresentada no referencial teórico, o valor mínimo para o qual não se faz necessário a curva de transição é de 1200 m para uma rodovia de 80 km/h e relevo levemente ondulado. Sendo o raio da curva 1 de 241,6 m e o raio da curva 2 de 400 m, é necessário a curva de transição para as duas curvas presentes nesse trecho da DF-230.

A rodovia DF-230 é uma rodovia de pista simples e faixa de rolamento de 3,60 m. Sendo uma rodovia de classe I, possui coeficiente de atrito transversal máximo de 10%.

- Critério Estético:

$$LC_{min} = \frac{e(\%) * l_f}{0,71 - 0,0026V_p}$$

$$LC_{min} = 70 \text{ m}$$

- Critério Tempo:

$$LC_{min} = 45 \text{ m}$$

- Critério Dinâmico

$$LC_{min} = \frac{0,036V_p^2}{R}$$

$$\text{Curva 1} \rightarrow R = 241,6 \text{ m} \rightarrow LC_{min} = 76,29 \text{ m}$$

$$\text{Curva 2} \rightarrow R = 400 \text{ m} \rightarrow LC_{min} = 46,1 \text{ m}$$

4.2.2 Valor mínimo de transição adotado

Visando a segurança e comodidade do usuário, o DNER (1999) estabelece que seja adotado o maior valor para o comprimento mínimo de transição.

Com os valores mínimos calculados pelo critério de tempo, critério dinâmico e critério estético, é definido qual critério adotar para o comprimento mínimo de transição.

- **Curva 1**

Para a curva 1, o valor encontrado pelo critério dinâmico é o maior entre os 3 comprimentos, então adota-se o comprimento de 76,29 m como valor mínimo para o comprimento da curva de transição.

O comprimento de transição de projeto é 80 m sendo superior ao comprimento mínimo.

Observa-se, porém, que o valor encontrado é muito próximo do limite, o que não é recomendado pelo DNER (1999), sendo a curva 1, dimensionada quase no seu valor limite.

- **Curva 2**

Para a curva 2, o valor encontrado pelo critério estético é o maior entre os 3 comprimentos, então adota-se o comprimento de 70 m como valor mínimo para o comprimento da curva de transição.

O comprimento de transição de projeto é 120 m sendo superior ao comprimento mínimo.

Observa-se que a curva 2 possui maior raio em relação a curva 1, sendo necessário um comprimento de transição menor. Porém, a curva 2 foi projetada com transição superior ao comprimento de transição da curva 1 (Tabela 4.1).

Tabela 4.1: Comprimento mínimo de transição e comprimento de projeto (m).

| Raio | Curva 1 | Curva 2 |
|--------------------------|---------|---------|
| | | 241,6 |
| Critério de tempo | 45 | 45 |
| Critério Estético | 70 | 70 |
| Critério Dinâmico | 76,29 | 46,1 |
| LC adotado | 76,29 | 70 |
| LC de projeto | 80 | 120 |

Fonte: Autora (2023).

4.2.3 Comprimento de transição máximo

Para a curva 1 de raio 241,6 m e ângulo de deflexão de $80^{\circ}34'50''$, o comprimento de transição máximo é de 341 m, estando a curva 1 dentro dos limites inferior e superior.

Para a curva 2 de raio 400 m e ângulo de deflexão de $57^{\circ}57'24''$, o comprimento de transição máximo é de 398 m, estando a curva 2 dentro dos limites inferior e superior.

Tabela 4.2: Valores limites e de projeto dos elementos em planta.

| Curva | Rmin(m) | Rc(m) | LCmin(m) | LCmax(m) | LCproj(m) |
|-------|---------|-------|----------|----------|-----------|
| 1 | 210 | 241,6 | 76,29 | 341 | 80 |
| 2 | 210 | 400 | 70 | 398 | 120 |

Fonte: Autora (2023).

4.3 Curvas Verticais

O projeto forneceu os valores de inclinação das rampas e os valores da estaca dos pontos de início e fim das curvas verticais, assim obteve-se o comprimento da curva vertical adotado no projeto

Tabela 4.3: Parâmetros da curva vertical.

| Curva | Tipo | $i_1(\%)$ | $i_2(\%)$ | PVC (m) | PTV (m) | Lv (m) |
|-------|---------|-----------|-----------|---------|---------|--------|
| 1 | Côncava | -1,81 | 1,625 | 3260 | 3900 | 320 |

| | | | | | | |
|---|---------|-------|------|------|------|-----|
| 2 | Convexa | 1,625 | -2,5 | 3580 | 4220 | 320 |
|---|---------|-------|------|------|------|-----|

Fonte: Autora (2023).

4.3.1 Distância de Visibilidade de parada

Conforme a Tabela 2.14, o coeficiente de atrito longitudinal para a velocidade de 80 km/h é de 0,30. Assim, foi possível determinar a distância de visibilidade de parada necessária para o cálculo dos comprimentos da curva vertical.

$$D_f = 0,7 * V + 0,0039 * \frac{V^2}{f} \quad (17)$$

Para a rodovia DF-230, a distância de visibilidade mínima é de 140 m.

4.3.2 Comprimento vertical mínimo

- **Curva 1**

A curva vertical 1, tem seu ponto inicial PVT na estaca 163 e seu ponto de término PVT na estaca 179. Possui inclinação inicial de -1,81%, rampa em declive, e inclinação final de 1,625%, rampa de aclave, sendo uma curva côncava. O seu comprimento é de 320 m sendo maior que a distância mínima de visibilidade, assim adota-se a seguinte fórmula para o cálculo do comprimento de curva vertical mínimo.

Para $D_f \leq Lv$

$$Lv_{min} = \frac{|\delta_i| * D_f^2}{1,2 + 0,035D_f}$$

O valor mínimo para a curva vertical côncava, quando a distância de visibilidade é menor que o comprimento da curva é de 110 m, sendo menor do que o comprimento adotado no projeto.

- **Curva 2**

A curva vertical 2, tem seu ponto inicial PVT na estaca 195 e seu ponto de término PVT na estaca 211. Possui inclinação inicial de 1,625%, rampa em aclave, e inclinação final de -2,5%, rampa em declive, sendo uma curva convexa. O seu comprimento é de 320 m, sendo

maior que a distância mínima de visibilidade, assim adota-se a seguinte fórmula para o cálculo do comprimento de curva vertical mínimo.

Para $D_f \leq L_v$

$$Lv_{min} = \frac{|\delta_i| * D_f^2}{4,04}$$

O valor mínimo para a curva vertical convexa, quando a distância de visibilidade é menor que o comprimento da curva é de 200 m, sendo menor do que o comprimento adotado no projeto.

4.3.3 Comprimento mínimo absoluto

Tanto para as curvas côncavas quanto para as curvas convexas, deve-se respeitar o comprimento mínimo absoluto.

$$Lv_{min} = 0,6 * V_p$$

O comprimento mínimo absoluto para a curva vertical, para a velocidade diretriz da DF-230 é de 48 m. Estando as curvas verticais no trecho analisado dentro dos parâmetros analisados para a curva vertical.

Tabela 4.4: Elementos calculados para a curva vertical.

| Curva | L_v (m) | D_f (m) | $ \delta $ (%) | Lv_{min} (m) |
|-------|-----------|-----------|----------------|----------------|
| 1 | 320 | 140 | 3,435 | 110 |
| 2 | 320 | 140 | 4,125 | 200 |

Fonte: Autora (2023).

5. CONCLUSÃO

Através da análise de projeto realizada neste trabalho de conclusão de curso, pode-se concluir que, para o trecho compreendido entre a estaca 150 e a estaca 225 da rodovia DF-230, o projeto da rodovia DF-230 atende aos critérios normativos estabelecidos pelo DNER (1999).

Alguns dos parâmetros foram dimensionados no limite das recomendações do DNER (1999) o que tornam as condições de tráfego desfavoráveis para veículos com dimensões maiores ao veículo-tipo utilizado pelo AASHTO (1965) e pelo DNER (1999) para determinar os critérios normativos.

Por fim, como sugestão para futuros trabalhos destaca-se a necessidade de análise em relação aos parâmetros não analisados no presente trabalho acadêmico e também a análise de trechos da DF-230 não contemplados por esse estudo.

REFERÊNCIAS

AASHTO – American Association of State Highway and Transportation Officials, **Highway safety design and operations guide**. Washington D.C., EUA, 1997.

AASHTO – American Association Of State Highway Officials and Transportation Officials, Washington. **A policy on geometric design of rural highways**. Washington, D.C., 1965.

AASHTO – American Association Of State Highway And Transportation Officials, Washington. **Highway design and operational practices related to highway safety**. 2. ed. Washington, DC., 1974

ANDRIOLA, CÉSAR LUÍS; TORRES, TANIA BATISTELA; GARCÍA, DANIEL SERGIO PRESTA, **Influencia dos parâmetros geométricos de rodovias na frequência e severidade de acidentes viários em curvas: o caso da BR 116**. Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes. Rio Grande do Sul, 2019

ANTAS, PAULO MENDES. **Estradas - Projeto Geométrico e de Terraplenagem**. Editora Interciência, 2010.

BRASIL. CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES. **Rodovias Esquecidas do Brasil – Transporte Rodoviário**. Brasília: 2018

BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DIRETORIA DE DESENVOLVIMENTO TECNÓLOGO, DIVISÃO DE CAPACITAÇÃO TECNOLÓGICA. **Manual de projeto geométrico de rodovias rurais**. - Rio de Janeiro, 1999.

BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DIRETORIA DE DESENVOLVIMENTO TECNÓLOGO, DIVISÃO DE CAPACITAÇÃO TECNOLÓGICA. **Norma para o Projeto das Estradas de Rodagem**. - Rio de Janeiro, 1973.

BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DIRETORIA EXECUTIVA. INSTITUTO DE PESQUISAS RODOVIÁRIAS, **Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas**. IPR – 740, Ministério dos Transportes, Rio de Janeiro, Brasil, 2010

BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DIRETORIA EXECUTIVA. INSTITUTO DE PESQUISAS RODOVIÁRIAS, **Manual de Pavimentação IPR – 719**, Ministério dos Transportes, Rio de Janeiro, Brasil, 2006

DEPARTAMENTO DE ESTRADA DE RODAGEM DO DISTRITO FEDERAL, **Pavimentação da Rodovia DF-230, no Trecho Compreendido do Entroncamento Com a DF-345 ao Entroncamento Com a DF-410** - Concorrência nº 006/2012, 2012. Disponível em <<https://arquivos.der.df.gov.br/LIC/ITM/634>> Acesso em: Maio de 2023.

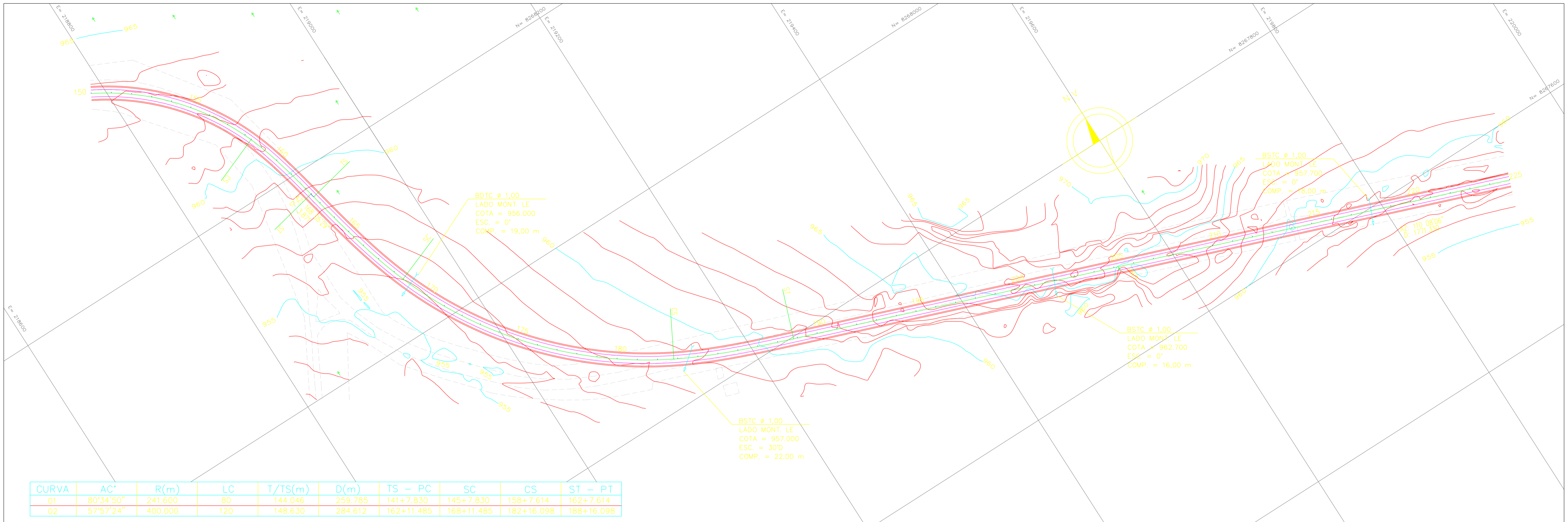
NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Transportation Research Board. Highway capacity manual** Washington, DC. 1994 (TRB. Special Report. 209).

PIMENTA, CARLOS R. T. E OLIVEIRA, MÁRCIO P. **Projeto Geométrico de Rodovias** 2ª edição. São Carlos, RiMa Editora, 2004.

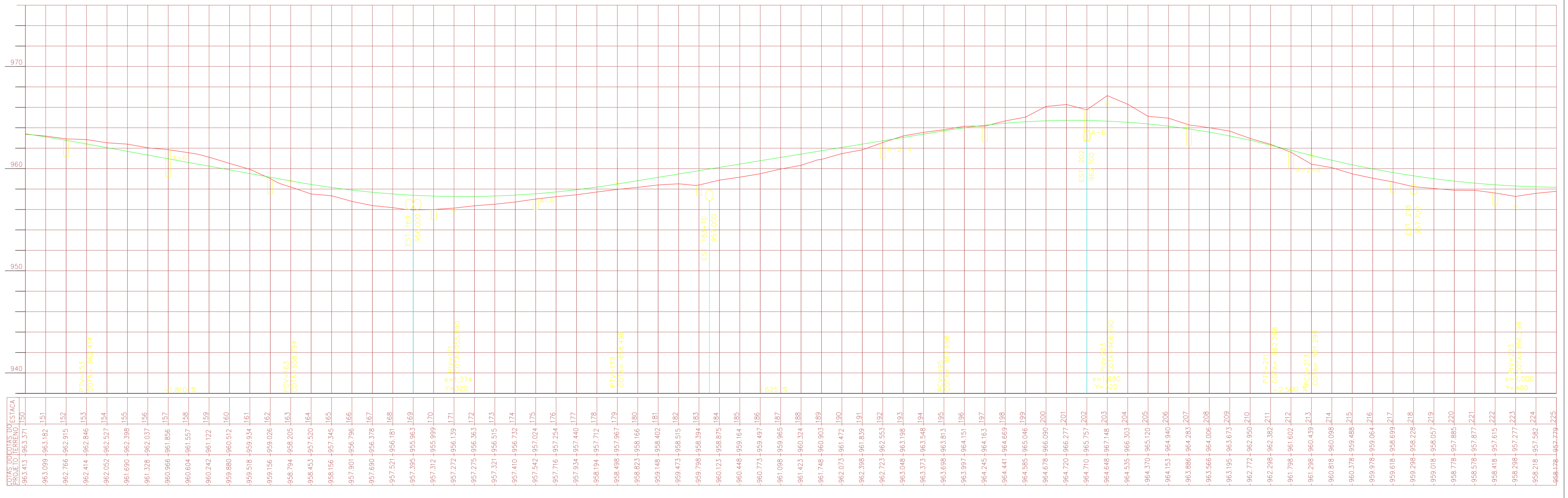
TREAT, J.; N. S. TUMBAS; S. T. MCDONALD; D. SHINAR; R. D. HUME; R. E. MAYER; R. L. STANSIFER E N. J. CASTELLAN **Tri-level study of the causes of traffic accidents**. Executive summary. Vision Research, 1979.

ANEXOS

A partir desse tópico, serão inseridos os anexos utilizados na elaboração do presente trabalho de conclusão de curso.



| CURVA | AC° | R(m) | LC | T/TS(m) | D(m) | TS - PC | SC | CS | ST - PT |
|-------|-----------|---------|-----|---------|---------|------------|------------|------------|------------|
| 01 | 80°34'50" | 241.600 | 80 | 144.046 | 259.785 | 141+7.830 | 145+7.830 | 158+7.614 | 162+7.614 |
| 02 | 57°57'24" | 400.000 | 120 | 148.630 | 284.612 | 162+11.485 | 168+11.485 | 182+16.098 | 188+16.098 |



| ESTACIA | COTAS | TIPO |
|---------|----------|------|
| 963.413 | -963.371 | 150 |
| 963.099 | -963.182 | 151 |
| 962.766 | -962.915 | 152 |
| 962.414 | -962.646 | 153 |
| 962.052 | -962.527 | 154 |
| 961.690 | -962.398 | 155 |
| 961.328 | -962.037 | 156 |
| 960.966 | -961.856 | 157 |
| 960.604 | -961.557 | 158 |
| 960.242 | -961.122 | 159 |
| 959.880 | -960.512 | 160 |
| 959.518 | -959.934 | 161 |
| 959.156 | -959.026 | 162 |
| 958.794 | -958.205 | 163 |
| 958.453 | -957.520 | 164 |
| 958.156 | -957.345 | 165 |
| 957.901 | -956.796 | 166 |
| 957.690 | -956.378 | 167 |
| 957.521 | -956.181 | 168 |
| 957.395 | -955.963 | 169 |
| 957.312 | -955.999 | 170 |
| 957.272 | -956.139 | 171 |
| 957.275 | -956.363 | 172 |
| 957.321 | -956.515 | 173 |
| 957.410 | -956.732 | 174 |
| 957.542 | -957.024 | 175 |
| 957.716 | -957.254 | 176 |
| 957.834 | -957.440 | 177 |
| 958.194 | -957.712 | 178 |
| 958.498 | -957.967 | 179 |
| 958.823 | -958.166 | 180 |
| 959.148 | -958.402 | 181 |
| 959.473 | -958.515 | 182 |
| 959.798 | -958.394 | 183 |
| 960.123 | -958.875 | 184 |
| 960.448 | -959.164 | 185 |
| 960.773 | -959.497 | 186 |
| 961.098 | -959.965 | 187 |
| 961.423 | -960.324 | 188 |
| 961.748 | -960.903 | 189 |
| 962.073 | -961.472 | 190 |
| 962.398 | -961.839 | 191 |
| 962.723 | -962.553 | 192 |
| 963.048 | -963.198 | 193 |
| 963.373 | -963.548 | 194 |
| 963.698 | -963.813 | 195 |
| 963.997 | -964.151 | 196 |
| 964.245 | -964.163 | 197 |
| 964.441 | -964.669 | 198 |
| 964.585 | -965.046 | 199 |
| 964.678 | -966.090 | 200 |
| 964.720 | -966.277 | 201 |
| 964.710 | -965.757 | 202 |
| 964.648 | -967.148 | 203 |
| 964.535 | -966.303 | 204 |
| 964.370 | -965.120 | 205 |
| 964.153 | -964.940 | 206 |
| 963.886 | -964.283 | 207 |
| 963.566 | -964.006 | 208 |
| 963.195 | -963.673 | 209 |
| 962.772 | -962.950 | 210 |
| 962.298 | -962.392 | 211 |
| 961.798 | -961.602 | 212 |
| 961.298 | -960.439 | 213 |
| 960.818 | -960.098 | 214 |
| 960.378 | -959.488 | 215 |
| 959.978 | -959.064 | 216 |
| 959.618 | -958.699 | 217 |
| 959.298 | -958.228 | 218 |
| 959.018 | -958.057 | 219 |
| 958.778 | -957.885 | 220 |
| 958.578 | -957.877 | 221 |
| 958.418 | -957.615 | 222 |
| 958.298 | -957.277 | 223 |
| 958.218 | -957.582 | 224 |
| 958.178 | -957.779 | 225 |

Elaboração: **DIREÇÃO CONSULTORIA ENGENHARIA LTDA.**

G D F S T DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO DISTRITO FEDERAL

DER RODOVIA : DF-230

TRECHO: ENTRº DF-345 - ENTRº DF-410

Folha : **PG-04**

D I T E C D E P Escala: H=1:4000 / V=1:400 PROJETO GEOMÉTRICO PLANTA E PERFIL - EST. 150 A EST. 225