



DANIEL AMARO LOPES DUARTE

**INTERSEÇÃO DE ACESSO AO DISTRITO DE SÃO JOSÉ DOS SALGADOS:
ANÁLISE DOS ELEMENTOS DO PROJETO GEOMÉTRICO**

LAVRAS – MG

2020

DANIEL AMARO LOPES DUARTE

**INTERSEÇÃO DE ACESSO AO DISTRITO DE SÃO JOSÉ DOS SALGADOS:
ANÁLISE DOS ELEMENTOS DO PROJETO GEOMÉTRICO**

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

Prof. Dr. Keoma Defáveri do Carmo e Silva
Orientador

**LAVRAS – MG
2020**

DANIEL AMARO LOPES DUARTE

**INTERSEÇÃO DE ACESSO AO DISTRITO DE SÃO JOSÉ DOS SALGADOS:
ANÁLISE DOS ELEMENTOS DO PROJETO GEOMÉTRICO**

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 21 de Agosto de 2020.

Prof. Dr. Keoma Defáveri do Carmo e Silva

Prof. Dr. Paulo Roberto Borges

Prof. Dr. Wisner Coimbra de Paula



Prof. Dr. Keoma Defáveri do Carmo e Silva

Orientador

LAVRAS – MG

2020

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a minha família que me deu toda base e suporte para que fosse possível buscar alcançar meus sonhos. Ao meu pai por ser meu exemplo de dedicação e lealdade. À minha mãe pelo exemplo de carinho e amor. Aos meus irmãos pela eterna parceria, apoio e compreensão. Aos meus avós por serem base e referência para mim, e toda a família.

Aos amigos da Constru Jr., dos estágios que realizei e dos núcleos de estudo que participei pelo crescimento profissional e pessoal que foi aprofundado ao longo desses anos.

Aos amigos do futebol e futsal da Xarada pelo companheirismo e alegria de compartilhar grandes conquistas.

Aos meus irmãos da República Tsunami que em todos esses anos foram minha segunda família e com muita lealdade estiveram ao meu lado em todos os momentos.

À Marina por todo incentivo, apoio e por estar ao meu lado em todos os momentos.

Agradeço ao meu orientador, professor Keoma, por todos os ensinamentos e toda a paciência para indicar a direção correta para a conclusão deste trabalho.

À Universidade Federal de Lavras, especialmente ao Departamento de Engenharia, que contribuíram com toda a estrutura e apoio para a graduação e para a realização do presente trabalho.

Aos muitos amigos que fiz em Lavras durante esses anos e que sempre estiveram comigo quando precisei. A todos que de alguma forma contribuíram para meu crescimento profissional e pessoal.

Muito obrigado.

RESUMO

A Rodovia Estadual MG - 050 é uma via muito importante para a Mesorregião do Oeste de Minas Gerais e principalmente para microrregião de Divinópolis - MG. A microrregião de Divinópolis possui uma alta concentração industrial com destaque nas áreas de calçados, móveis, pirotecnia, siderurgia, confecção e têxtil, além de possuir grande volume de tráfego das cidades vizinhas para a cidade de Divinópolis onde existe uma boa qualidade no ensino básico e superior. No presente trabalho foi desenvolvido um estudo de caso de uma interseção desta rodovia, que devido aos aspectos citados possui um alto fluxo de veículos. Esta interseção dá acesso a um distrito da região chamado São José dos Salgados e a interseção possui um alto histórico de acidentes, sendo este um dos motivos da realização deste estudo. Realizou-se uma análise técnica do traçado e características atuais da interseção, de acordo com especificações normativas. Analisaram-se pontos importantes para a interseção, como largura das vias, faixas de aceleração e desaceleração, acostamentos, dispositivos de proteção contínua e utilizou-se como auxílio projetos fornecidos pela concessionária responsável pelo trecho, histórico de acidentes da interseção e levantamentos fotográficos *in loco*. Dentre todos os pontos pertinentes à interseção, algumas das características como velocidade de projeto, largura das faixas de rolamento, número de faixas de rolamento estão dentro do especificado em norma, porém outras características e elementos de projeto se encontram fora das exigências normativas, ou seja, não oferecem conforto e segurança aos usuários do trecho tornando em alguns pontos a rodovia insegura e inadequada.

Palavras-chave: Rodovia Cruzamento; Interseção; Estudo de caso; Elementos do projeto geométrico.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	6
2.	REFERENCIAL TEÓRICO	8
2.1	Projeto Geométrico	8
2.2	Classificação das Rodovias	8
2.2.1	Classificação Administrativa	9
2.2.2	Classificação funcional	9
2.2.3	Classificação Técnica das Rodovias	12
2.2.3.1	Classes de projeto	12
2.3	Velocidade de Projeto (Vp)	13
2.4	Velocidade Média de Percorso (Vm)	14
2.5	Níveis de serviço	15
2.6	Seção Transversal	16
2.6.1	Faixas de Rolamento	17
2.6.2	Acostamento	18
2.7	Dispositivos de proteção contínua	19
2.8	Dispositivos de drenagem	20
2.9	Veículos de projeto	20
2.10	Interseções rodoviárias	21
2.11	Canalização de Tráfego	23
2.12	Faixas de mudança de velocidade	23
2.13	Inclinação máxima e mínima de rampas	28
2.14	Distância de visibilidade de parada	28
3.	MATERIAIS E MÉTODOS	31
3.1	Materiais	31
3.2	Métodos	32
4.	RESULTADOS	34
4.1	Características técnicas da via	34
4.2	Seção transversal	35
4.3	Dispositivos de proteção contínua	37
4.4	Interseção	39
4.5	Faixas de mudança de velocidade	42
4.6	Distâncias de visibilidade de parada	47
4.7	Nível de serviço e número de acidentes	48
5	CONCLUSÃO	51
	REFERÊNCIAS	52
	ANEXOS	55

1. INTRODUÇÃO

A logística e a infraestrutura de transporte estão diretamente ligadas ao desenvolvimento de uma nação. Com modais de transporte bem estruturados é possível mover cargas e pessoas por todo o território de um país, diminuindo as perdas com logística e acidentes, proporcionando um desenvolvimento pleno. O Brasil por ser um país com dimensões continentais precisa de uma logística e infraestrutura de transporte bem estruturados para que existam boas condições para o desenvolvimento econômico e social da nação (CNT, 2019).

No Brasil o modal rodoviário concentra aproximadamente 61% da movimentação de mercadorias e 95% da movimentação de pessoas (CNT, 2019). Segundo o Anuário Estatístico de Transporte realizado pelo Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil (2017), a infraestrutura disponível para o transporte de bens de produto é constituído por 1,6 milhões de quilômetros de rodovias, 30,6 mil quilômetros de linhas ferroviárias, 21 mil quilômetros de hidrovias e 20 mil quilômetros de dutovias. Pode-se aferir que a malha rodoviária tem maior destaque entre os modais de transporte.

No entanto, essa elevada dependência neste modal não significa que o mesmo possui um sistema estruturado e desenvolvido, atualmente o país possui menos de 13% de toda a extensão rodoviária pavimentada. Quando a rodovia apresenta problemas há um maior consumo de combustíveis, maior desgaste dos veículos e um maior número de acidentes, gerando então um custo elevado para o transporte dos bens de consumo e das pessoas. Esse aumento no custo logístico é refletido no valor dos produtos, ou seja, toda a sociedade paga pela ineficiência da infraestrutura do transporte rodoviário (CNT, 2019).

De acordo com Albano (2007), as interseções e travessias representam 4% de toda a área das rodovias Federais e Estaduais e nestas interseções ocorrem 53% dos acidentes, já as interseções urbanas representam 19% da área pavimentada e nelas ocorrem 78% dos acidentes. A qualidade do projeto da interseção pode afetar consideravelmente a qualidade de todo projeto da rodovia.

Em 2008 os custos dos acidentes ocorridos nas rodovias federais, mostram valores aproximados de 6,4 bilhões de reais, ou seja, 0,21% do PIB do país no ano. E não estão inclusos os custos dos acidentes rodoviários nas cidades, nas rodovias estaduais e municipais (IPR 735, DNIT, 2010).

Dentro desta perspectiva, este trabalho busca abordar uma análise técnica dos elementos de uma interseção que se encontra na Mesorregião do Oeste de Minas, mais especificamente na microrregião de Divinópolis e está localizada na MG-050 no km 110,2 (SETOR DE PROJETOS, AB NASCENTES DAS GERIAS, 2017). Foi analisado se o atual traçado fornece

aos usuários conforto e segurança, e se os elementos do projeto estão dentro das exigências normativas. Buscou-se identificar possíveis problemas na interseção que possam diminuir a qualidade do projeto viário estudado.

A Figura 1 apresenta a vista aérea da localização da interseção em estudo.

Figura 1: Vista aérea da localização da interseção.



Fonte: AB NASCENTES DAS GERIAS, 2017.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Projeto Geométrico

O projeto geométrico de uma rodovia não significa apenas a menor distância entre dois pontos ou o menor custo a ser investido na infraestrutura rodoviária. Compreende estudos na área de engenharia para desenvolver projetos economicamente viáveis, com um produto final de qualidade, que ofereça ao usuário conforto e segurança (RODRIGUES, 2015). O projeto geométrico consiste em um conjunto de levantamentos, estudos e soluções técnicas, para garantir a viabilidade econômica e social da rodovia (PEREIRA *et al*, 2010).

Busca-se no projeto geométrico a determinação de todas as características técnicas da rodovia, como, velocidade de projeto, raios das curvas horizontais, largura das pistas de rolamento, largura do acostamento, indicação de sarjeta, alinhamentos verticais e horizontais, distância de visibilidade horizontal, faixas de mudança de velocidade. O projeto geométrico é composto pela planta baixa da via, perfil longitudinal do terreno e seção transversal da via (DNIT, IPR – 740, 2010). Projetos geométricos com características inadequadas podem causar acidentes de tráfego, baixa eficiência no fluxo e necessidade de novos investimentos em curto prazo (PIMENTA, OLIVEIRA, 2004).

Logo, um bom projeto geométrico deve atender às necessidades de tráfego, respeitar as exigências normativas, estar em harmonia com a região atravessada, e dentro do possível, ter um baixo custo (PIMENTA, OLIVEIRA, 2004). É importante atentar-se a continuidade dos traçados em planta e em perfil, garantindo a continuidade no espaço na perspectiva planimétrica e altimétrica.

2.2 Classificação das Rodovias

A classificação das rodovias é necessária para comunicação entre engenheiros, administradores e demais responsáveis da área de planejamento e projetos rodoviários. As classificações têm o objetivo de auxiliar no planejamento do desenvolvimento da rede viária, definir a responsabilidade institucional nos níveis federais, estaduais e municipais, e definir exigências técnicas para cada tipo de classe rodoviária. As classificações normalmente adotadas são a administrativa, funcional e técnica (PR 010988/18, DER, 2006).

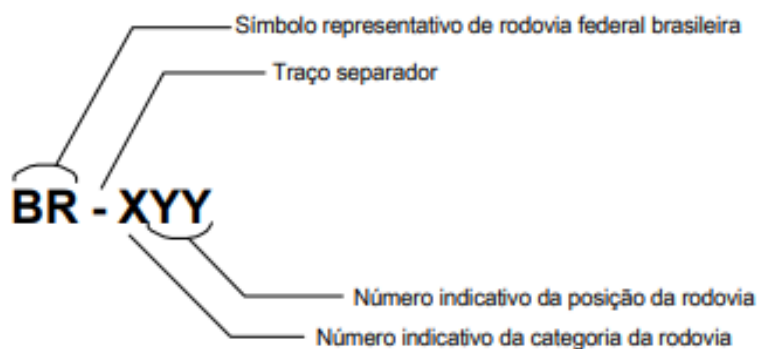
2.2.1 Classificação Administrativa

A classificação administrativa surgiu da necessidade de fixar critérios para a nomenclatura de rodovias federais, objetivando sistematizar as designações técnicas das rodovias. Esta nomenclatura das rodovias tem o objetivo de indicar a que nível institucional a rodovia pertence, a categoria da rodovia, e a posição e orientação da rodovia em relação aos limites geográficos do país (LEE, 2000).

A classificação administrativa é utilizada para indicar a que nível governamental a rodovia pertence, com quais entidades e fundos está vinculada e a orientação da via no aspecto geográfico. Porém, esta classificação não tem relação direta com aspectos técnicos do projeto geométrico, tem mais relação com aspectos institucionais (PR 010988/18, DER, 2006).

Como representado na Figura 2, a nomenclatura segue a regra de: na primeira sigla identificar a que nível institucional que a rodovia pertence, seguido de um traço separador e então três algarismos, onde o primeiro algarismo indica a categoria da rodovia e os dois últimos algarismos indicam a posição da rodovia em relação aos limites geográficos do país. Este critério de nomenclatura de rodovias federais acabou sendo adotado pelos estados e municípios (LEE, 2000).

Figura 2: Padrão das siglas para classificação administrativa.



Fonte: LEE, 2000.

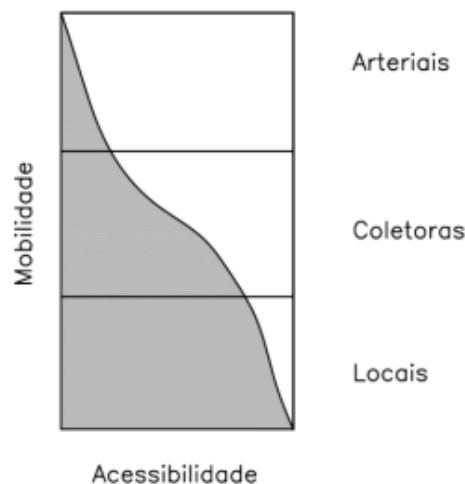
2.2.2 Classificação funcional

Para elaboração de projetos é preciso classificar as rodovias em classes funcionais que irão indicar razão de existência do trecho, sua importância no contexto econômico e de infraestrutura rodoviária da região, estado ou país. Ou seja, classifica as rodovias de acordo com o tipo de serviço que elas oferecem, determinando este serviço pelas funções básicas de mobilidade e acessibilidade que a rodovia possui (MILLACK, 2014). A mobilidade

corresponde ao grau de facilidade para deslocar em uma via, já a acessibilidade corresponde ao grau de facilidade que uma via oferece para conectar a origem de uma viagem com seu destino (IPR - 740, DNIT, 2010).

A classificação funcional é organizada hierarquicamente nos sistemas que seguem, de acordo com os serviços oferecidos: Sistema Arterial, onde a principal função das rodovias é oferecer um serviço de alta mobilidade; Sistema Coletor, onde o serviço oferecido é um misto entre mobilidade e acesso; e o Sistema Local que abrange as rodovias onde o serviço é oferecer oportunidades de acesso (LEE, 2000). A Figura 3 relaciona as funções de mobilidade e acesso de acordo com a classificação funcional das rodovias.

Figura 3: Relação entre os níveis de acessibilidade e mobilidade para os diferentes tipos de vias urbanas.



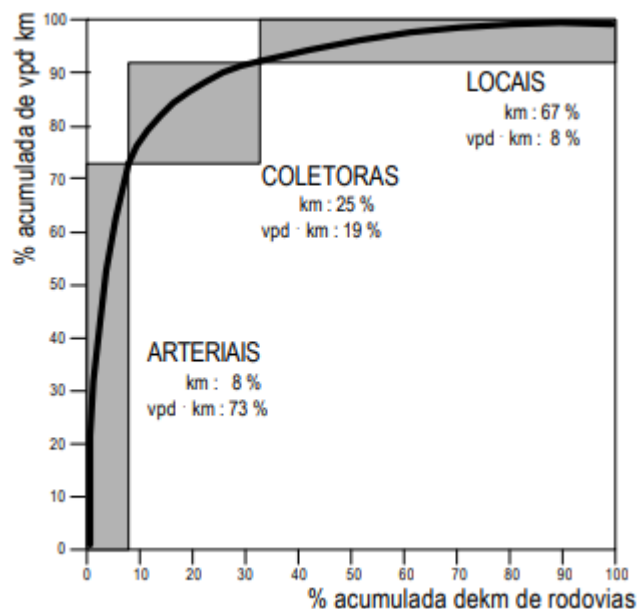
Fonte: IPR – 740, DNIT, 2010.

Existem ainda outros dois conceitos para complementar a classificação funcional, sendo eles: o de extensão da viagem e o de rendimentos decrescentes. Estes conceitos permitem criar uma subdivisão dos sistemas funcionais Arterial e Coletor em classes mais específicas (LEE, 2000). Estes são parâmetros para subdividir os sistemas funcionais Arterial e Coletor em outras duas subclasses, sendo elas a subclasse de sistema primário e sistema secundário. Essas subclasses são definidas de acordo com a distância média das viagens, percentual que a extensão da rodovia representa da rede viária, percentual de veículos atendidos por km realizado e velocidades de operação (IPR - 706, DNIT, 1999).

O conceito de extensão de viagem está relacionado a distância entre o ponto de partida e o ponto final da viagem. Viagens longas estão relacionadas a níveis crescentes de mobilidade

e baixo nível de acesso, ou seja, as viagens longas demandam rodovias do sistema arterial com alta mobilidade e pouca acessibilidade. Enquanto viagens curtas dependem de rodovias do sistema local de baixa mobilidade, mas com muitos acessos. O conceito de rendimentos decrescentes é a relação que em um sistema de rodovias, a parcela da rede que atende a um fluxo pequeno de veículos representa a grande parte da rede viária, enquanto a parte que atende fluxos elevados de veículos corresponde a uma pequena parcela da rede viária total (LEE, 2000). A Figura 4 demonstra a curva de rendimentos decrescente relacionado com a classificação funcional do sistema rodoviário.

Figura 4: Curva de rendimento decrescentes.



Fonte: LEE, 2020.

Percebe-se que o sistema local serve aos pequenos geradores de tráfego atingindo uma porcentagem pequena de vpd-km do sistema viário, porém o sistema local necessita de maiores possibilidades de acesso, e devido a isso abrange uma porcentagem alta da extensão total da rede. Já o sistema arterial serve a um grande volume de tráfego de veículos, com elevados níveis de mobilidade, porém não possuem uma demanda alta de acessos, representando assim uma baixa porcentagem da rede viária total. E no sistema coletor existe um equilíbrio entre os dois outros sistemas (LEE, 2000).

2.2.3 Classificação Técnica das Rodovias

A classificação técnica indica o nível de serviço que a rodovia deve prestar, de acordo com o volume de tráfego, o relevo e as características geométricas necessárias para oferecer conforto, economia e segurança (MILLACK, 2014). Esta classificação estabelece quais características técnicas a via deve obedecer na elaboração do seu projeto (PR 010988/18, DER, 2006).

A classificação técnica permite definir as dimensões e configurações espaciais que a rodovia deve possuir para atender com segurança e conforto a demanda que será solicitada. Esta classificação pode variar de acordo com o país, entidade responsável e a norma estabelecida. No Brasil optou-se por adaptar, através do DNIT, as normas de projeto de acordo com as normas estabelecidas nos Estados Unidos (LEE, 2000).

Segundo os critérios do DNIT, a classificação técnica é realizada utilizando dois parâmetros principais: volume de tráfego que a rodovia precisa atender e o relevo da região. O volume de tráfego trata-se do número de veículos que passa pelo trecho em um intervalo de tempo. O relevo da região interfere diretamente no grau de dificuldade do projeto e construção de rodovias, e tem interferência na velocidade de projeto da mesma. A *American Association of State Highway and Transportation Official (AASHTO)*, sugere a classificação do relevo do trecho em três categorias: relevo plano, relevo ondulado e relevo montanhoso (LEE, 2000).

2.2.3.1 Classes de projeto

O estabelecimento das classes de projeto resultou da experiência acumulada durante o processo de desenvolvimento da malha rodoviária e traduz um consenso no país em relação ao atendimento de forma econômica e com condições de segurança a demanda de tráfego. Os fatores predominantes para criação das classes adotadas foram a função da rodovia, os volumes de tráfego e a dificuldade do grau de implantação resultante do relevo do local (IPR - 706, DNIT, 1999).

A Tabela 1 apresenta as cinco classes de projeto definidas pelo DNIT. Como pode ser observado na Tabela 1, as classes variam da classe 0 a classe IV, sendo a classe 0 o melhor padrão técnico exigido devido a volumes de tráfego elevados, e a classe IV é a classe de projeto mais pobre onde as exigências técnicas não são tão elevadas pois o volume de tráfego é muito baixo (LEE, 2000).

Tabela 1: Classes de Projeto para Rodovias Rurais.

Classes de Projeto	Características	Critério de Classificação Técnica	Velocidade de projeto (km/h)		
			Plano	Ondulado	Montanhoso
0	Via expressa (Controle Total de Acessos)	Decisão Administrativa	120	100	80
I	A Pista Dupla (Controle Parcial de Acessos)	O Projeto em pista simples resultaria em Níveis de Serviço inferiores ao aceitável	100	80	60
	B Pista Simples	Volume de Tráfego Projetado: $VMD > 1400$			
II	Pista Simples	Volume de Tráfego Projetado: $700 < VMD < 1400$	100	70	50
III	Pista Simples	Volume de Tráfego Projetado: $300 < VMD < 700$.	80	60	40
IV	A Pista Simples	Tráfego na data de abertura: $50 < VMD < 200$.	60	40	30
	B Pista Simples	Tráfego na data de abertura: $VMD < 50$.			

Fonte: LEE, 2000 adaptado.

2.3 Velocidade de Projeto (V_p)

A velocidade de projeto (V_p) é a maior velocidade que um veículo pode percorrer com segurança em um trecho, quando este veículo está submetido apenas as limitações impostas pelas características geométricas. É a velocidade estabelecida para os cálculos de projeto, dessa velocidade se derivam as exigências mínimas das características físicas da via (IPR - 740, DNIT, 2010). A velocidade que um veículo apresenta em um trecho depende do motorista, do veículo e das condições da estrada. Em relação ao motorista depende da sua habilidade, vontade e do seu estado psicológico, quanto ao veículo depende da sua potência, e quanto à estrada

depende das características geométricas e das condições da pista de rolamento (PIMENTA, OLIVEIRA, 2004).

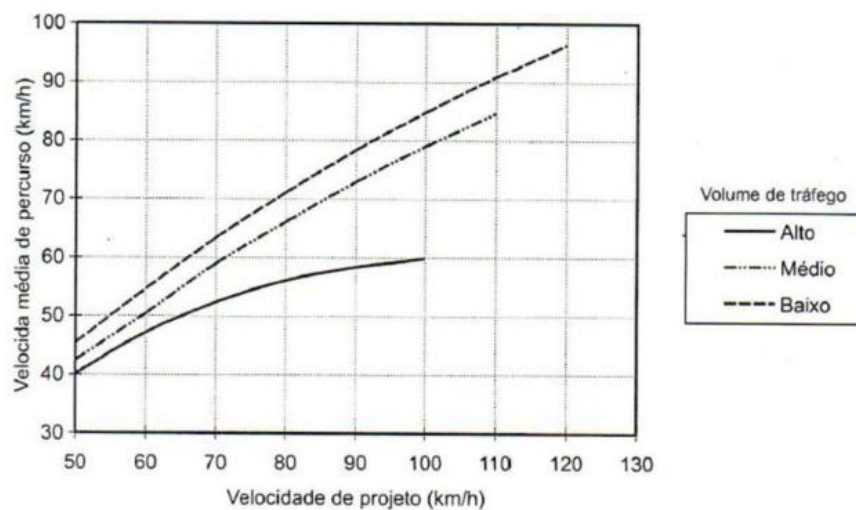
A velocidade de projeto está associada com a função da estrada, logo, uma estrada com função importante deve ter uma velocidade de projeto maior que estradas com uma função de importância secundária. A condição da estrada deve proporcionar ao usuário oportunidade de desenvolver uma velocidade compatível com suas expectativas. Porém todo aumento na velocidade de projeto proporciona um aumento no custo da construção da estrada. Deve-se buscar um ponto de equilíbrio onde a velocidade de projeto satisfaça o usuário e que o custo da construção da estrada não seja tão elevado (PIMENTA, OLIVEIRA, 2004).

2.4 Velocidade Média de Percurso (Vm)

A velocidade média de percurso é o resultado da soma de todas as distâncias percorridas dividida pela somatória dos tempos de percurso, ou seja, é a média das velocidades do percurso. Quanto mais conforto e segurança a rodovia oferecer, os motoristas adotarão velocidades maiores e então a velocidade média se torna uma função da velocidade de projeto (PIMENTA, OLIVEIRA, 2004).

A AASHTO propõe valores que correlacionam a velocidade média do percurso V_m e a velocidade de projeto V_p através de observações estatísticas, essa correlação pode ser verificada na Figura 5.

Figura 5: Relação entre a velocidade de projeto e a velocidade média de percurso.



Fonte: PIMENTA, OLIVEIRA, 2004.

Pode-se observar que relação entre a velocidade média de percurso e a velocidade de projeto estão diretamente relacionadas ao volume de tráfego. Ou seja, grandes volumes de tráfego limitam a liberdade do motorista escolher a velocidade de percurso, diminuindo a velocidade média de percurso. Os motoristas não são capazes de desenvolver a velocidade de projeto quando a via não suporta um volume de tráfego alto (PIMENTA, OLIVEIRA, 2004). Desta relação identificada na Figura 5 obteve-se a relação entre V_p e V_m representada na Tabela 2.

Tabela 2: Relação entre a velocidade de projeto e a velocidade média de percurso de acordo com a (AASHTO, 2011).

V_p (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
V_m (km/h)	30	40	47	55	63	70	77	85	91	98	102

Fonte: PIMENTA, SILVA, *et al.*, 2017.

2.5 Níveis de serviço

O nível de serviço classifica de maneira qualitativa a influência de diversos fatores no serviço oferecido pela rodovia, de acordo com o volume de tráfego que a mesma está sujeita. Os fatores que influenciam o nível de serviço são: velocidade, tempo de percurso, interrupção de tráfego, etc. Os níveis de serviço são divididos em seis, do nível A ao nível F, sendo o nível A com melhor nível de serviço oferecido e o nível F com um serviço de baixo nível funcional (GOLDNER, 2013).

Para que a via ofereça condições de fluxo ideais o projeto geométrico precisa garantir: largura de faixas de rolamento igual a 3,60 metros; afastamento mínimo lateral maior ou igual a 1,80 metros; velocidades de projeto maior ou igual a 112 km/h para multivias e maior ou igual a 96 km/h para vias com pista simples e duas faixas de tráfego; apenas veículos de passeio na corrente de tráfego; terreno plano (IPR - 706, DNIT, 1999). Porém estes requisitos não são sempre alcançados devido a inúmeros fatores, como relevo, infraestrutura das vias, fluxo de veículos alto, entre outros. A divisão de níveis de serviço busca então classificar as vias de acordo com os fatores qualitativos do serviço oferecido, ou seja, fluxo contínuo dos veículos com segurança e conforto (IPR - 723, DNIT, 2006). As divisões dos níveis de serviço podem ser definidas como segue na Tabela 3.

Tabela 3: Níveis de Serviço para rodovias de Classe I.

Nível de Serviço	Tempo seguindo (%)	Velocidade média (km/h)
A	$t \leq 35$	$V \geq 90$
B	$35 < t < 50$	$80 < V < 90$
C	$50 < t < 65$	$70 < V < 80$
D	$65 < t < 80$	$60 < V < 70$
E	$t \geq 80$	$V \leq 60$
F	Atingido quando o fluxo excede a capacidade	

Fonte: IPR - 723, DNIT, 2006.

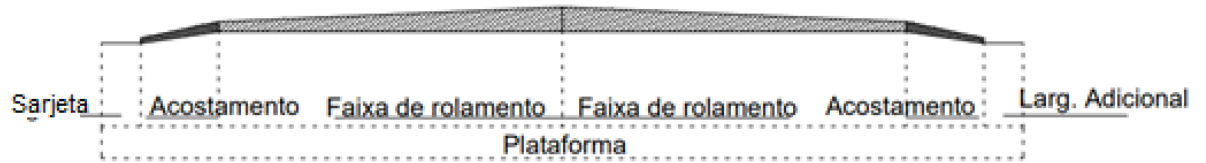
Na Tabela 3 o tempo seguindo (t) refere a porcentagem do tempo em que os motoristas estão em filas com restrição de velocidade e manobra. A velocidade média corresponde a velocidade média que os veículos podem trafegar ao longo da viagem.

O objetivo da determinação da capacidade e níveis de serviço é avaliar se a rodovia é capaz de acomodar os volumes de trânsito existentes e previstos e com essa avaliação determinar a necessidade de adequações. A classificação dos níveis variam do nível de serviço A, onde é descrito a mais alta qualidade de serviço em que os motoristas podem trafegar nas velocidades que desejam, e o nível de serviço F, onde representa o fluxo severamente congestionado, com demanda superior à capacidade da via (IPR - 723, DNIT, 2006).

2.6 Seção Transversal

A seção transversal da rodovia é o corte feito por um plano vertical perpendicular ao eixo da rodovia. Este corte representa diversos elementos e aspectos importantes do projeto geométrico, como largura da pista, eixos do projeto, greide, acostamento, dispositivos de drenagem, alargamentos de plataforma, abaulamento, inclinação dos taludes de corte e aterro (PIMENTA, OLIVEIRA, 2004). A Figura 6 é um exemplo de uma seção transversal, onde podem-se identificar os elementos que a compõe, como faixa de rolamento, acostamento, sarjeta, largura adicional.

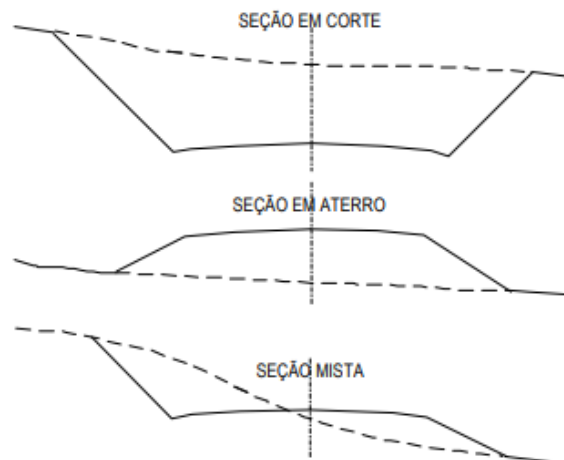
Figura 6: Exemplo de seção transversal genérica.



Fonte: Autor, 2020.

Existem três tipos clássicos de seções transversais: a seção transversal de corte, a seção transversal de aterro e a seção transversal mista, conforme demonstrado na Figura 7 (LEE, 2000). O tipo de seção vai definir como será realizado a movimentação de terra para se obter a seção transversal desejada. É fundamental para redução de custos da terraplanagem um bom estudo entre a compensação de volumes dos tipos de seções ao longo da via (ABRAM, ROCHA, 2000).

Figura 7: Tipos clássicos de seções transversais



Fonte: LEE, 2000, adaptado.

2.6.1 Faixas de Rolamento

A faixa de rolamento é o espaço determinado para o fluxo de veículos (PIMENTA, OLIVEIRA, 2004). A largura da faixa de rolamento é obtida através da soma da largura do veículo de projeto adotado e a largura de uma faixa de segurança em função da velocidade diretriz, do nível de conforto de viagem que se deseja proporcionar e pela categoria da via. Os valores recomendados para a largura da pista de rolamento variam entre 3,00 m e 3,60 m, conforme Tabela 4 (IPR - 740, DNIT, 2010).

Tabela 4: Largura da pista de rolamento conforme classe do projeto.

Classes de Projeto	Relevo		
	Plano (m)	Ondulado (m)	Montanhoso (m)
0	3,60	3,60	3,60
1	3,60	3,60	3,50
II	3,60	3,50	3,30*
III	3,50	3,30*	3,30
IV- A**	3,00	3,00	3,00
IV- B**	2,50	2,50	2,50

*Preferivelmente 3,5 metros onde for previsto um volume horário unidirecional de caminhões superior a 250 veículos.

**Os valores referentes à Classe IV são baseados na publicação “Manual de Rodovias Vicinais” – BIRD/BNDE/DNIT 1976. No caso de rodovias não pavimentadas, representam a contribuição para estabelecimento da largura da plataforma.

Fonte: IPR - 740, DNIT, 2010, adaptado.

2.6.2 Acostamento

Acostamento são espaços adjacentes à faixa de rolamento, destinadas a parada de emergência (PIMENTA, OLIVEIRA, 2004). Todas as vias, pavimentadas ou não, devem possuir acostamentos. A largura ideal para o acostamento deve abrigar o veículo de projeto e uma pessoa trabalhando ao seu lado, mantendo ainda um afastamento de segurança da pista, porém estas condições só são aplicadas em situações extremas de tráfego, uma vez que o acostamento muito largo acarreta diversas consequências, como o aumento do custo de implantação e o custo de desapropriação de áreas, além de poder ser confundido com faixas de rolamento, o que gera condições de perigo aos usuários. É desejável, portanto, que a largura para o acostamento seja fixada em cada caso como resultado de uma análise econômica e técnica da situação, com larguras mínimas fixadas conforme a Tabela 5 (IPR - 706, DNIT, 1999).

Tabela 5: Largura dos acostamentos externos.

Classe de projeto	Relevo		
	Plano (m)	Ondulado (m)	Montanhoso (m)
0	3,5	3,0 – 3,5*	3,0 – 3,5*
I	3,0 – 3,5*	2,5	2,5
II	2,5	2,5	2,0
III	2,5	2,0	1,5
IV-A**	1,3	1,3	0,8
IV-B	1,0	1,0	0,5

*Preferivelmente 3,5 metros onde for previsto um volume horário unidirecional de caminhões superior a 250 veículos.

**Os valores referentes à Classe IV são baseados na publicação “Manual de Rodovias Vicinais” – BIRD/BNDE/DNIT 1976. No caso de rodovias não pavimentadas, representam a contribuição para estabelecimento da largura da plataforma.

Fonte: IPR - 706, DNIT, 1999.

2.7 Dispositivos de proteção contínua

Os dispositivos de proteção contínua são contenções para evitar que veículos desgovernados saiam pelas laterais da pista, ou subam nos canteiros centrais podendo colidir com algum obstáculo (THOMPSON, ATOLÉ, 2012).

Cerca de 60% de todos acidentes fatais em rodovias envolvem somente um veículo, e cerca de 70% destes acidentes estão relacionados a veículos que abandonam a pista de rolamento (IPR 741, DNIT, 2010). Logo, para aumentar a segurança de uma via, é interessante a utilização de dispositivos de proteção contínua que irão absorver a energia cinética do veículo desgovernado, conduzindo o mesmo a uma parada segura (NOVAES, 2017).

Pode-se definir zona livre como a área ao lado da pista de rolamento que não possua obstruções ou obstáculos fixos podendo ser utilizada por veículos desgovernados para retomar o controle ou realizar uma parada segura (IPR 629, DNIT, 2015). O cálculo da zona livre é feito de acordo com a NBR 15486 (2016) e é necessário conhecer os valores do Volume Médio Diário (VMD) e a velocidade de projeto. Com o objetivo de criar valores padronizados em função dos parâmetros das rodovias federais pode-se estabelecer uma relação entre VMD e a V_p (ABNT, NBR 15486, 2016). A mesma pode ser observada na Tabela 6.

Tabela 6: Largura da zona livre.

VMD	Vp (Km/h)		
	60	80	100
ATÉ 6.000 (m)	4,00	5,00	8,3
MAIOR QUE 6.000 (m)	4,70	5,60	9,0

Fonte: ABNT, NBR 15486, 2016, adaptado.

Quando não for possível deixar a zona livre sem obstáculos deve-se implantar dispositivos de proteção contínua como as defensas metálicas, para proteger o risco de impacto de carros desgovernados (ABNT, NBR 15486, 2016).

2.8 Dispositivos de drenagem

A função primordial da drenagem em uma rodovia é eliminar a água que atinge o corpo da via, captando-a e conduzindo-a para o esgotamento pluvial de maneira que não afete significativamente a segurança e durabilidade da via. Basicamente os dispositivos de drenagem se dividem em dispositivos superficiais e profundos, onde temos sarjetas e valetas como exemplos de dispositivos superficiais e bueiros e drenos como exemplos de dispositivos profundos (IPR - 724, DNIT, 2006).

2.9 Veículos de projeto

A rodovia é projetada e construída com o objetivo de fornecer de forma segura e eficiente um meio para transporte de pessoas e mercadorias. Um dos muitos aspectos levados em consideração na hora de se projetar uma rodovia são os veículos de projeto, que buscam definir os tipos de veículo que servirão de referência para determinar os valores máximos e mínimos de parâmetros técnicos a serem observados para o projeto da rodovia (LEE, 2000).

Para definição de características técnicas do projeto o DNIT define 4 tipos básicos de veículos, que correspondem a grande parte dos veículos que transitam pelas rodovias brasileiras. Assim, temos o veículo tipo “VP” para veículos de passageiros e veículos leves como vans e utilitários, o veículo tipo “CO” para veículos comerciais rígidos como caminhões e ônibus de 2 eixos e 6 rodas, veículo tipo “O” para veículos largos de longo percurso como caminhões e ônibus longos de 3 eixos, veículo tipo “SR” para veículos tipo semirreboque com comprimento próximo ao limite para veículos articulados (IPR - 718, DNIT, 2005). As

dimensões básicas de largura e comprimento destes veículos consideradas para fins de projeto estão demonstradas na Tabela 7.

Tabela 7: Principais dimensões básicas dos veículos de projeto.

Característica do veículo	Veículo de Projeto			
	VP	CO	O	SR
Largura total (m)	2,10	2,60	2,60	2,60
Comprimento total do veículo (m)	5,80	9,10	12,20	16,80

Fonte: IPR - 718, DNIT, 2005, adaptado.

2.10 Interseções rodoviárias

Define-se como interseção a área que possui elementos que asseguram a circulação ordenada e segura de veículos onde duas ou mais vias se unem ou se cruzam. As interseções podem ser em nível ou em níveis diferentes, a interseção em nível tem o elemento que liga as vias na mesma altitude e as interseções em níveis diferentes possuem dispositivos que elevam ou rebaixam o nível de uma ou mais vias onde estas se cruzam (IPR - 718, DNIT,2005).

As interseções em nível podem ser divididas em quatro subgrupos, que são: interseção com três ramos, interseções com quatro ramos, interseções de ramos múltiplos e rotatórias (PONTES FILHO, 1998).

As interseções com três ramos, também conhecida por interseção em T ou Y, são interseções compostas por dois ramos que formam uma via contínua e são interceptadas por um terceiro ramo. Caso o ângulo de encontro dos ramos esteja entre 70° e 110° , essa interseção é conhecida como interseção em T, quando o ângulo de encontro é menor que 70° é conhecida por interseção em Y (PONTES FILHO, 1998), conforme Figura 8.

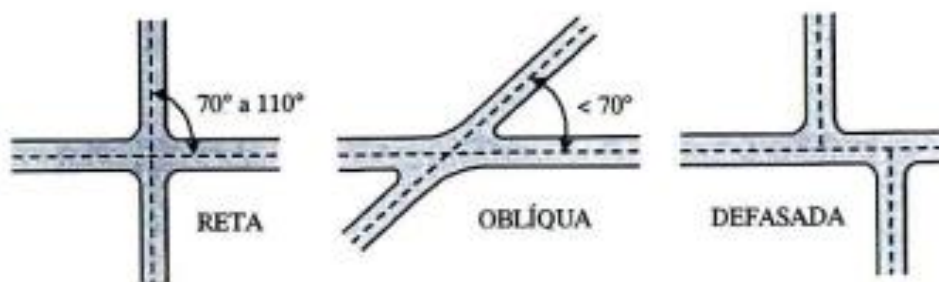
Figura 8: Representação da interseção com três ramos.



Fonte: PONTES FILHO, 1998.

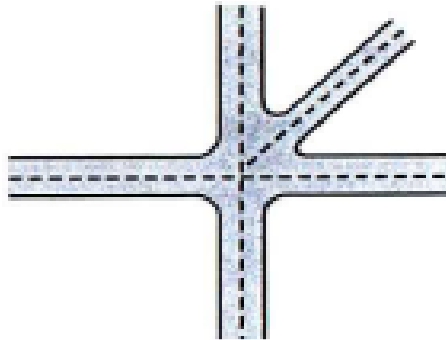
As interseções de quatro ramos ou de múltiplos segmentos acontecem quando quatro ou mais ramos se cruzam. Quando o ângulo entre os ramos fica entre 70° e 110° a interseção é chamada de reta, menor que 70° é chamada de oblíqua, quando dois destes ramos são separados e descontínuos na área de interseção esta é chamada de defasada, e por último, quando existem cinco ou mais ramos, a interseção é chamada de múltipla (PONTES FILHO, 1998). A Figura 9 e Figura 10 demonstram as interseções com quatro ramos e cinco ramos, respectivamente.

Figura 9: Interseções com quatro ramos.



Fonte: PONTES FILHO, 1998.

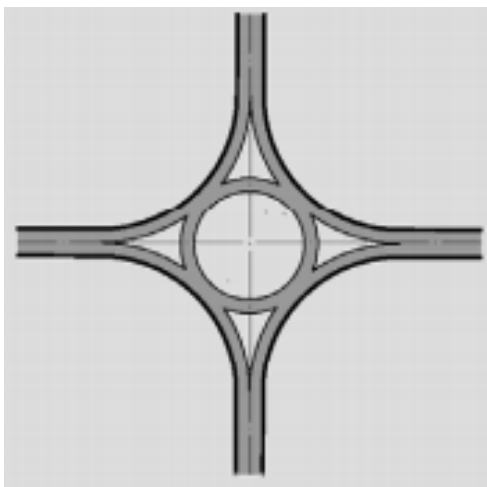
Figura 10: Interseções com cinco ramos.



Fonte: PONTES FILHO, 1998.

As interseções em rotatória são implantadas quando o tráfego no local é intenso e existem muitos ramos chegando em uma interseção (PONTES FILHO, 1998). Na Figura 11 é apresentada um esquema de interseção em rotatória.

Figura 11: Interseção em rotatória.



Fonte: IPR 718, DNIT, 2005.

2.11 Canalização de Tráfego

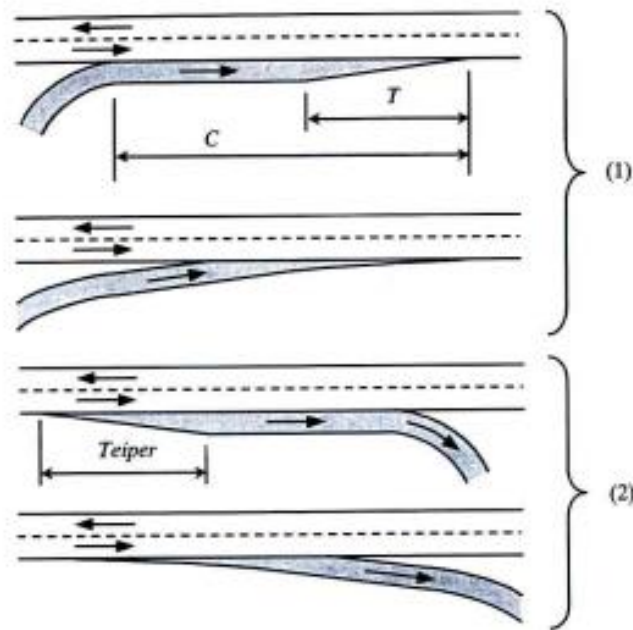
A canalização em uma interseção tem o objetivo de controlar e direcionar as mudanças de direções e o movimento dos veículos e pedestres, para que assim seja possível diminuir os pontos de conflito. Esta canalização pode ser feita com sinalização horizontal (marcas no pavimento), sinalização vertical, ilhas de canalização, tachas e elementos refletivos. Entre as finalidades da canalização de tráfego destaca-se: direcionar para ângulos de 90° o movimento de direção dos veículos em cruzamentos de corrente de tráfego, garantir que os motoristas sejam desencorajados a realizar manobras não permitidas, criar área de refúgios e reduzir áreas de conflito (PONTES FILHO, 1998).

2.12 Faixas de mudança de velocidade

Para evitar interferência com o fluxo de veículos principal são usadas faixas de mudança de velocidade. Estas faixas funcionam como pistas de aceleração: saída dos ramos e entrada na pista principal, ou desaceleração: saída da pista para os ramos (IPR - 718, DNIT,2005).

Estas faixas possuem um trecho de largura variável, denominado taper. O taper é utilizado para alargar o acostamento da pista principal para a largura da faixa de aceleração ou afunilar a faixa de desaceleração de volta a largura do acostamento (PONTES FILHO, 1998). Conforme demonstrado pela Figura 12.

Figura 12: Demonstração do taper de aceleração (1) e desaceleração (2).



(1) Aceleração (2) desaceleração.

Fonte: PONTES FILHO, 1998.

O comprimento do taper e das faixas de mudança de velocidade é definido pela velocidade de projeto da rodovia e do ramo de acesso. Através destes dois parâmetros utiliza-se a tabela presente no Manual de Projeto de Interseções (DNIT, 2005), e representados na Tabela 8 e na Tabela 9, que contem valores definidos do comprimento do taper e das faixas de mudança de velocidade necessários para garantir conforto e segurança dos usuários (IPR - 718, DNIT, 2005).

Tabela 8: Comprimentos da faixa de desaceleração

Velocidade diretriz (km/h)	Taper (m)	Comprimento da faixa de desaceleração, inclusive taper (m)							
		Velocidade de projeto no ramo (km/h)							
		0	20	30	40	50	60	70	80
40	40	60	50	40	-	-	-	-	-
50	45	75	70	60	45	-	-	-	-
60	55	95	90	80	65	55	-	-	-
70	60	110	105	95	85	70	60	-	-
80	70	130	125	115	100	90	80	70	-
90	80	145	140	135	120	110	100	90	80
100	85	170	165	155	145	135	120	100	85
110	90	180	180	170	160	150	140	120	105

Fonte: IPR - 718, DNIT, 2005, adaptado.

Tabela 9: Comprimentos das faixas de aceleração

Velocidade diretriz (km/h)	Taper (m)	Comprimento da faixa de aceleração, inclusive taper (m)							
		Velocidade de projeto no ramo (km/h)							
		0	20	30	40	50	60	70	80
40	40	60	50	40	-	-	-	-	-
50	45	90	70	60	45	-	-	-	-
60	55	130	110	100	70	55	-	-	-
70	60	180	150	140	120	90	60	-	-
80	70	230	210	200	180	140	100	70	-
90	80	280	250	240	220	190	140	100	80
100	85	340	310	290	280	240	200	170	110
110	90	390	360	350	320	290	250	200	160

Fonte: IPR - 718, DNIT, 2005, adaptado.

Os valores representam os comprimentos mínimos das faixas de aceleração e desaceleração em relação a velocidade de projeto. O comprimento apresentado nas Tabelas 8 e 9 deve ser multiplicado pelo fator de correção, presente no Manual de Projeto de Interseções (DNIT, 2005), e representados na Tabela 10 e na Tabela 11. É realizada a correção para evitar que o comprimento das faixas de mudança de velocidade seja superdimensionado ou

subdimensionado, uma vez que a inclinação da pista principal pode favorecer ou prejudicar a aceleração ou desaceleração do veículo (IPR - 718, 2005).

Tabela 10: Fatores de correção para as faixas de desaceleração de velocidade em função da inclinação da pista.

Faixas de Desaceleração		
Velocidade diretriz da rodovia (km/h)	Fator de correção	
Todas	Rampa ascendente de 3% a 4%	Rampa descendente de 3% a 4%
	0,90	1,20
Todas	Rampa ascendente de 5% a 6%	Rampa descendente de 5% a 6%
	0,80	1,35

Fonte: IPR - 718, DNIT,2005, adaptado.

Conforme observa-se na Tabela 10, para as faixas de desaceleração em uma inclinação positiva deve-se utilizar um fator de correção menor que 1, já em faixas de desaceleração com inclinações negativas deve-se utilizar um fato de correção maior que 1 (IPR - 718, DNIT,2005).

Tabela 11: Fatores de correção para as faixas de aceleração de velocidade em função da inclinação da pista.

Faixas de Aceleração								
Velocidade diretriz da rodovia (km/h)	Fator de correção							
	Velocidade de projeto das curvas de conversão							
	20	30	40	50	60	70	80	Todas as velocidades
Rampa ascendente de 3% a 4%								Rampa descendente de 3% a 4%
40	1,2	1,2						0,7
50	1,2	1,2	1,2					0,7
60	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4			0,7
70	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,5		0,65
80	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	1,6	0,65
90	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	1,6	0,6
100	1,5	1,5	1,5	1,6	1,7	1,7	1,8	0,6
110	1,5	1,5	1,5	1,6	1,7	1,7	1,8	0,6
120	1,5	1,5	1,5	1,6	1,7	1,7	1,8	0,6
Rampa ascendente de 5% a 6%								Rampa descendente de 5% a 6%
40	1,3	1,4						0,60
50	1,3	1,4	1,4					0,60
60	1,4	1,5	1,5	1,5				0,60
70	1,4	1,5	1,5	1,6	1,7			0,60
80	1,4	1,5	1,5	1,7	1,8	1,9		0,55
90	1,5	1,6	1,6	1,8	2,0	2,1	2,2	0,55
100	1,6	1,7	1,7	1,9	2,2	2,4	2,5	0,50
110	1,9	2,0	2,0	2,2	2,6	2,8	3,0	0,50
120	2,0	2,1	2,3	2,5	3,0	3,2	3,5	0,50

Fonte: IPR - 718, DNIT,2005, adaptado.

Conforme observa-se na Tabela 11, para as faixas de aceleração em uma inclinação positiva deve-se utilizar um fator de correção maior que 1, já em faixas de aceleração com inclinações negativas deve-se utilizar um fato de correção menor que 1 (IPR - 718, DNIT,2005).

2.13 Inclinação máxima e mínima de rampas

As rampas e as curvas verticais definem a continuidade do traçado no seu âmbito altimétrico. A mudança de altitude da pista projetada para o terreno natural visa deixar o percurso o mais suave possível, com rampas de baixa inclinação e com um equilíbrio entre cortes e aterros. As características de cada classe de rodovia definem os valores máximos para a inclinação das rampas verticais e adota-se 0,35% como o valor mínimo para a inclinação das rampas verticais para fins de drenagem (IPR - 706, DNIT, 1999). Os valores de classificações máximas em rampas variam de acordo com a classe de projeto e o relevo do local. Essa relação pode ser observada na Tabela 12.

Tabela 12: Inclinação máxima em rampas.

Classe de projeto	Relevo		
	Plano (%)	Ondulado (%)	Montanhoso (%)
Classe 0	3	4	5
Classe I	3	4,5	6
Classe II	3	5	7
Classe III	4	6	8
Classe IV-A	4	6	8
Classe IV-B	6	8	10*

*É recomendado que a extensão de rampas acima de 8% deverá ser limitada a 300 m de comprimento.

Fonte: PIMENTA, SILVA, et al., (2017)

2.14 Distância de visibilidade de parada

A distância de visibilidade de parada é a extensão necessária da via para que o motorista, que dirige na velocidade de projeto, após enxergar um obstáculo possa parar o seu veículo com segurança (IPR - 740, DNIT, 2010). A distância de visibilidade de parada é calculada através da Equação 1.

$$D = 0,7 * V + \frac{V^2}{255 * (f + i)} \quad (1)$$

Onde:

D = distância de visibilidade de parada, em m;

V = velocidade diretriz ou média de viagem, em km/h;

f = coeficiente de atrito entre pneu e pavimento molhado no caso de frenagem;

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

Para controle de projeto, os valores arredondados das distâncias de visibilidade, são apresentados no Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais, DNIT (1999). Na Tabela 13 são apresentados os valores calculados e arredondados para fins de projeto das distâncias mínimas de visibilidade e parada, para inclinações variando de +6% a -6%. No cálculo da distância de visibilidade mínima utiliza-se da velocidade média, coeficientes de atrito e inclinações do greide. Esta tabela serve de orientação para projetos rodoviários (IPR - 706, DNIT, 1999).

Tabela 13: Distâncias de visibilidade de parada mínimas.

Velocidade de projeto (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Velocidade média (km/h)	30	38	46	55	62	70	78	86	92	98
Coef. De atrito f	0.40	0.39	0.36	0.34	0.33	0.31	0.30	0.30	0.30	0.29
6% (m)	30	40	55	65	85	100	120	140	160	180
5% (m)	30	40	55	70	85	105	125	140	160	180
4% (m)	30	40	55	70	85	105	125	145	165	185
3% (m)	30	40	55	70	85	105	130	145	165	190
2% (m)	30	40	55	70	90	110	130	150	170	195
1% (m)	30	40	55	70	90	110	130	155	175	200
0% (m)	30	45	60	75	90	110	130	155	180	205
-1% (m)	30	45	60	75	95	115	140	160	180	205
-2% (m)	30	45	60	75	95	115	140	165	185	215
-3% (m)	30	45	60	75	95	120	145	165	190	220
-4% (m)	30	45	60	75	100	120	150	170	195	225
-5% (m)	30	45	60	80	100	125	150	175	200	230
-6% (m)	30	45	60	80	105	125	155	180	210	240

Fonte: IPR - 706, DNIT, 1999, adaptado.

Na Tabela 14 são apresentados os valores calculados para a distância de visibilidade desejável. Nesta definição utiliza-se para o cálculo a velocidade de projeto, coeficientes de atrito e inclinações do greide. Com estes valores pode-se definir as distâncias de visibilidade de parada mínimas para cada velocidade de projeto e inclinação do greide relacionados na tabela, servindo assim de orientação para projetos rodoviários (IPR - 706, DNIT, 1999).

Tabela 14: Distâncias de visibilidade de parada desejadas.

Velocidade de projeto (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Coef. De atrito f	0.40	0.38	0.35	0.33	0.31	0.30	0.30	0.29	0.28	0.27
6% (m)	30	45	60	80	100	125	155	185	225	265
5% (m)	30	45	60	70	100	130	155	190	230	270
4% (m)	30	45	60	70	105	130	160	195	235	280
3% (m)	30	45	60	70	105	130	160	200	240	285
2% (m)	30	45	60	70	105	135	165	200	245	295
1% (m)	30	44	60	70	110	135	170	205	250	300
0% (m)	30	45	65	75	110	140	175	210	255	310
-1% (m)	30	45	65	75	115	145	175	215	265	320
-2% (m)	30	45	65	75	115	145	180	220	270	330
-3% (m)	30	45	65	75	120	150	185	225	280	340
-4% (m)	35	45	65	75	120	155	190	235	290	355
-5% (m)	35	50	70	80	125	155	195	240	300	365
-6% (m)	35	50	70	80	125	160	200	250	310	380

Fonte: IPR - 706, DNIT, 1999, adaptado.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A interseção analisada neste trabalho dá acesso ao distrito de São José dos Salgados, pertencente ao município de Carmo do Cajuru que possui uma população de 20.012 habitantes (PREFEITURA MUNICIPAL, 2020). A interseção se encontra na rodovia estadual MG - 050, esta rodovia é localizada entre as cidades de Juatuba e São Sebastião do Paraíso. Sua localização pode ser identificada na Figura 13.

Figura 13: Vista da atual configuração da seção do km 109+000 ao km 110+590 da MG-050, com interseção em destaque.



Fonte: Setor de Projetos - AB Nascentes das Gerais.

3.1 Materiais

Os materiais utilizados neste trabalho foram fornecidos pelo Setor de Projetos da AB Nascentes das Gerais, empresa responsável pela manutenção e melhoria da via. Foi disponibilizado o levantamento topográfico do local, o perfil longitudinal do eixo da rodovia, um estudo de tráfego do trecho e um histórico de acidentes dos últimos dez anos. Do levantamento topográfico foi retirada a planta baixa da interseção, ou seja, todos os pontos do traçado da interseção. Do perfil longitudinal retirou-se a representação altimétrica de uma linha que passa pelo eixo da pista existente, correlacionando as cotas de altitude pelo estaqueamento, através desse perfil obteve-se as inclinações do greide. Ambos estão representados no Anexo A e no Anexo B deste trabalho, respectivamente.

Foram realizadas visitas na interseção para obter os registros fotográficos das características e elementos constituintes da via, buscando ampliar a compreensão dos problemas apresentados. Foi realizado um levantamento fotográfico *in loco* pelo autor no dia 11 de Junho de 2020 às 08:40 h.

Com o levantamento topográfico, o perfil longitudinal e o estudo de tráfego do trecho obteve-se os dados necessários para realizar o estudo do projeto geométrico atual da interseção. Para realizar este estudo comparativo foram utilizados manuais de projeto, livros técnicos, trabalhos de outros autores e normas para definir os parâmetros mínimos que a interseção deveria ter para oferecer conforto e segurança ao usuário. Todos estes materiais técnicos utilizados estão referenciados no referencial bibliográfico deste trabalho.

3.2 Métodos

Realizou-se um estudo de caso da interseção comparando as características atuais da via com as características exigidas e normatizadas de acordo com os manuais de referência do DNIT.

Com o levantamento topográfico foi possível obter as características físicas dos elementos do projeto, como o traçado atual da rodovia, seção transversal existente, perfil vertical do trecho e com o estudo de tráfego pôde-se obter o nível de serviço e o VMD do trecho. Utilizou-se o levantamento fotográfico para demonstrar os problemas mais críticos do trecho. Com estes dados é possível realizar as comparações das características técnicas atuais com as características exigidas pelos órgãos responsáveis pela fiscalização dos projetos rodoviários.

Para definir a classe da rodovia no trecho deve-se definir as velocidades de projeto, o fluxo de veículos e o relevo. O VMD considerado consiste no fluxo entre a interseção e o Laço Indutivo AT-5, pode-se observar na Figura 14 a localização destes pontos. A inclinação do greide foi retirada do perfil longitudinal (Anexo B).

O nível de serviço foi definido de acordo com o IPR – 723 do DNIT (2006). Os parâmetros para os níveis de serviço discutidos neste manual foram comparados com os resultados dos cálculos dos elementos e considerações técnicas da interseção e da via.

Figura 14: Localização geral dessa interseção na MG-050.



Fonte: Setor de Projetos - AB Nascentes das Gerais (2019).

As características técnicas exigidas foram calculadas utilizando de manuais do DNIT e das informações disponibilizadas pelo Setor de Projetos da AB Nascentes das Gerais. Os manuais, normas, trabalhos e livros técnicos descritos e utilizados neste estudo estão listados na referência bibliográfica deste trabalho.

4. RESULTADOS

4.1 Características técnicas da via

A Tabela 15 apresenta as informações retiradas do Laço Indutivo Contador AT-5 em relação ao fluxo de veículos que passam pelo trecho (AB Nascentes das Gerais, 2017). O VMD total é de 9.665 veículos/dia, dividido em quatro tipos de veículos: motos, veículos de passeio, veículos comerciais, e veículos longos. O percentual destes veículos no Sentido 1 (Sentido Belo Horizonte) é de 4% para motos, 76% para veículos de passeio, 12% para veículos comerciais e 7% para veículos longos. No Sentido 2 (Sentido Divinópolis) temos um percentual de 3% para motos, 75% para veículos de passeio, 12% para veículos comerciais e 10% para veículos longos.

De acordo com Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais (IPR 706/20, DNIT, 1999), uma rodovia com o VMD de 9.665 é classificada como via classe I-B, com configuração em pista simples.

Segundo o IPR – 723 (DNIT,2006) rodovias da Classe I compreendem rodovias que conectam importantes vias, rotas de trabalho diário e ligações entre cidades. Esta classificação da via demonstra a grande importância entre as cidades que ela conecta e que os motoristas esperam poder trafegar na via com velocidades próximas as de projeto.

Pode-se relacionar o elevado número de veículos de passeio que passam por este trecho como possíveis veículos em suas rotas de trabalho, uma vez que a porcentagem tem uma diferença mínima nos dois sentidos, logo é possível que os veículos vão ao seu destino e voltam ao ponto de partida representando a rota de trabalho.

Tabela 15: Informações estatísticas retiradas do Laço Indutivo Contador AT-5.

AT - 5 MG – 050	Sentido 1				Sentido 2			
	Moto(1)	Passeio (1)	Comercial (1)	Longo (1)	Moto(1)	Passeio (1)	Comercial (1)	Longo (1)
Dias contabilizados	365	365	365	365	365	365	365	365
VMD	204	3827	608	374	148	3482	567	454
Porcentagem da Categoria	4%	76%	12%	7%	3%	75%	12%	10%

Fonte: Setor de Projetos AB Nascentes das Gerais, 2017, adaptado.

Sobre o relevo no local pode-se verificar que antes e após a interseção a inclinação do greide varia entre 4,99% e 6,16%, valores retirados do perfil vertical presente no Anexo B (Setor de

Projetos AB Nascentes das Gerais, 2020). Para a classificação e cálculos da via adotou-se o relevo do greide neste trecho como a pior situação, que é uma inclinação de 6,16%.

De acordo com essas características da via, as características locais e estes valores de inclinação de greide, de acordo com a Tabela 12 (PIMENTA, SILVA, et al., 2017), definiu-se o relevo do trecho como montanhoso.

Pela classe de projeto e relevos definidos, segundo o Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais (IPR 706/20, DNIT, 1999) a velocidade de orientação da via seria 60km/h para velocidade de projeto e 55km/h para velocidade média. É a partir destas velocidades definidas que foram calculados as principais características técnicas da via.

A MG 050 tem a função de servir essencialmente viagens inter-regionais e intraestaduais, ou seja, viagens mais curtas. Esta via tem o objetivo de fornecer acesso da via principal para as vias locais que dão acesso aos centros urbanos, com uma velocidade de projeto de 60 km/h. Segundo o IPR – 706 (DNIT, 1999), uma via com as características descritas se encaixa na classificação de sistema coletor primário, pois esta classificação enquadra rodovias que são usadas para distâncias de viagem menores, velocidades mais moderadas e proporcionam mobilidade e acesso.

4.2 Seção transversal

A Figura 15 apresenta sinalização vertical que indica a velocidade de 60 km/h para a via principal e de 40 km/h para o ramo da interseção. Nessa figura pode-se observar a inexistência de uma faixa de desaceleração na via no sentido para Belo Horizonte. A seção transversal tipo indicada na Figura 15 possui configuração de pista simples, com uma faixa de tráfego por sentido. Esta configuração em pista simples está de acordo com as recomendações técnicas, em que as rodovias da classe 1 – B possuem configuração em pista simples, e velocidade de projeto de 60 km/h para relevos montanhosos (IPR 706, DNIT, 1999). Em rodovias com pista simples, as ultrapassagens sobre veículos mais lentos devem ser realizadas na faixa de tráfego de sentido oposto.

Figura 15: Representação da seção transversal, sentido Divinópolis – Belo Horizonte.



Fonte: Do autor, 2020.

Pode ser visto através do levantamento topográfico disponibilizado pela concessionária responsável pela via, representado no Anexo A, e pela Figura 16 que a plataforma atual do trecho é composta por duas faixas de rolamento e acostamento de ambos os lados da plataforma. As faixas de rolamento apresentam uma largura de 3,56 m, e os acostamentos possuem uma largura de 1,5 m, medidas retiradas do levantamento topográfico. Pode-se observar também na Figura 16 a existência de dispositivos de proteção contínua, essas defensas metálicas diminuem as chances que um veículo desgovernado na curva saia pela tangente da via.

Figura 16: Representação dos elementos da plataforma da via.



Fonte: Autor (2020).

Para a classe de projeto I-B com relevo montanhoso as faixas de rolamento devem ter, de acordo com os valores apresentados na Tabela 4, no mínimo 3,50 m e o acostamento, de

acordo com a Tabela 5, uma largura de 2,5 m. Logo os valores de largura da faixa são superiores aos recomendados em norma, enquanto a largura dos acostamentos é 1,00 m inferior.

Esta deficiência na largura do acostamento tem influência direta na segurança da via e dos usuários uma vez que, segundo Pimenta, Oliveira (2004), esse espaço pode atuar como área de manobra, escape, tráfego provisório em casos de emergência e retomada de controle para veículos desgovernados.

Como na seção transversal estudada o acostamento tem 1,0 m a menos que o recomendado, então ocorre uma diminuição na segurança e no conforto que a via fornece aos usuários, diminuindo a velocidade média de viagem pois, de acordo com Pimenta, Oliveira (2004), o motorista diminui a velocidade de viagem quando a via não fornece a segurança esperada.

4.3 Dispositivos de proteção contínua

A Figura 17 apresenta a utilização de defensas metálicas no ramo de acesso, da interseção, para São José dos Salgados. Na Figura 16 observa-se o uso das defensas metálicas na curva anterior a interseção. Para o VMD e a velocidade de projeto da via, de acordo com a Tabela 6, a zona livre de obstáculos desta via deve ser de 4,0 m. A verificação da necessidade de utilização de dispositivos de proteção contínua e os pontos onde os dispositivos já estavam sendo utilizados foi realizada no levantamento fotográfico *in loco*.

Pode-se conferir a utilização da defesa metálica na Figura 17 com o objetivo de servir de defesa para os veículos desgovernados na interseção, evitando que estes colidam com o poste de energia que está dentro da zona livre. Já a defesa utilizada na Figura 16 tem o intuito de evitar que veículos desgovernados caiam em ribanceiras ou saiam pela tangente da curva.

Figura 17: Utilização da defesa metálica para evitar colisões com o poste de energia.



Fonte: Autor (2020).

Na Figura 18 pode-se observar outro trecho próximo a interseção que apresenta uma passarela de pedestres. Seria necessário um dispositivo de proteção contínua pois a estrutura desta passarela está dentro da zona livre de 4,0 m. Sem a utilização da defesa um veículo que perca o controle neste local pode acabar colidindo com este obstáculo, o que poderia ser evitado com a utilização do dispositivo de proteção contínua, pois segundo Thompson e Atolé (2012), as defensas podem evitar que veículos desgovernados subam nos canteiros centrais.

Figura 18: Estrutura da passarela sem proteção de dispositivos de proteção contínua.



Fonte: Autor (2020).

A falta do dispositivo de proteção contínua neste ponto é agravada pelo fato da largura do acostamento ser menor que o recomendado pela IPR – 706 do DNIT (1999), logo os veículos desgovernados não terão o acostamento para retomar o controle do veículo, não poderão contar com a defesa metálica para reduzir a energia cinética e poderão colidir com um obstáculo dentro da zona livre. Com a utilização de dispositivos de proteção contínua, os números de acidentes podem cair consideravelmente uma vez que eles têm o objetivo de reduzir os choques com objetos fixos próximos a via e evitar que os veículos saiam das pistas, a porcentagem destes tipos de acidente em rodovias federais, segundo o IPR 733 (DNIT, 2004), é de 34,2%

4.4 Interseção

Na Figura 19 é apresentado uma foto via satélite da interseção em estudo (Google Earth, 2020). O trecho em análise trata-se de uma interseção com quatro ramos com ângulos entre 70° e 110°. Esta é uma interseção em nível do tipo reta 90°, onde existe a rodovia com vias simples e acessos para o centro de São Jose dos Salgados, de um lado, e para o Distrito Industrial do outro, com um ângulo de 90° entre a rodovia e os acessos. A interseção 4 ramos de acesso, todos retos, e os tipos de conflitos possíveis para esse tipo de interseção, de acordo com Pontes Filho (1998), são o conflito por divergência, convergência, cruzamento e conversão.

Figura 19: Vista em satélite da interseção em estudo.



Fonte: Google Earth (2020).

Na Figura 20 e na Figura 21 podem-se observar as ilhas canalizadoras e as possíveis opções de destino no trecho. Têm-se duas ilhas canalizadoras, uma em cada lado da interseção, que direcionam os veículos a realizar manobras mais seguras. A canalização é realizada com sinalizações como pintura horizontal do pavimento, placas indicativas, faixas de desaceleração e aceleração e ilhas canalizadoras, que visam diminuir os pontos de conflito.

Figura 20: Representação in loco da interseção e acessos.



Fonte: Autor (2020).

Os veículos que vem de São José dos Salgados têm três opções de destino, o distrito industrial, acessar a via principal no sentido de Belo Horizonte, ou pegar a via principal no sentido de Divinópolis.

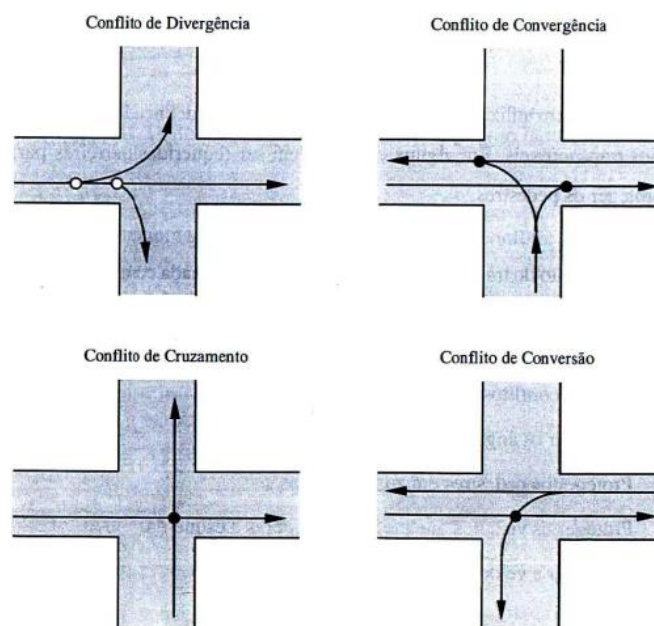
Para ter acesso ao distrito industrial existe o conflito de cruzamento, onde o usuário precisa atravessar duas faixas de fluxos opostos. Para acessar o sentido de fluxo para Belo Horizonte existe o conflito de convergência. Para acessar o sentido de fluxo para Divinópolis, o usuário pode fazer o contorno na ilha canalisadora, com conflitos de cruzamento e convergência. Tanto no sentido de Belo Horizonte para Divinópolis, ou no sentido oposto, para entrar na interseção existe o conflito de divergência. Na Figura 22 são demonstrados estes tipos de conflitos segundo Pontes Filho (1998).

Figura 21: Indicação dos destinos de cada ramo.



Fonte: Autor (2020).

Figura 22: Tipos de conflitos.



Fonte: PONTES FILHO, 1998.

Pode-se observar que a interseção tem inúmeros conflitos, para diminuir estes conflitos e aumentar a segurança da interseção pode-se utilizar de interseções em desníveis, porém, de acordo com Pontes Filho (1998), as mesmas possuem um custo muito alto para implantação. Outra solução é o uso de uma rotatória alongada evitando que o usuário tenha que atravessar os dois sentidos de fluxo.

4.5 Faixas de mudança de velocidade

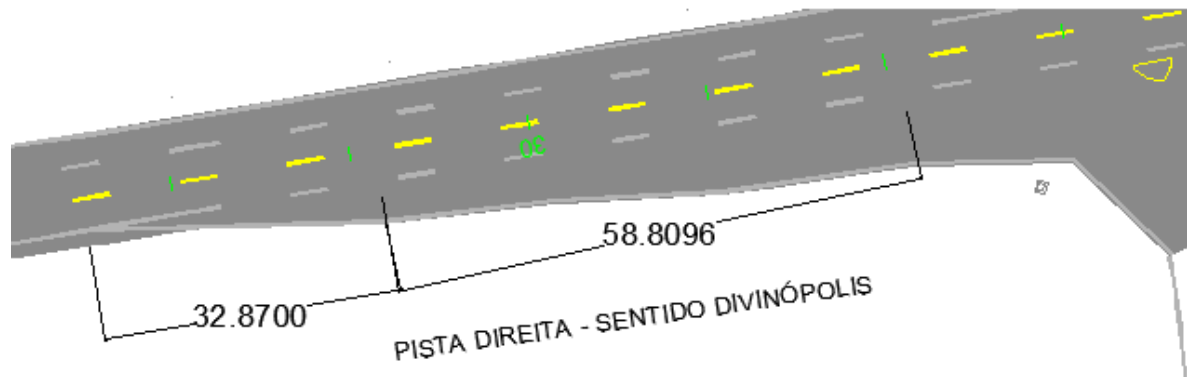
No trecho estudado existem dois acessos, um para a área urbana de São José dos Salgados e um para o distrito industrial. Na Figura 23 pode-se observar o levantamento do trecho no sentido Belo Horizonte – Divinópolis, onde é possível observar a presença da faixa de desaceleração que dá acesso ao distrito industrial. Na Figura 24 pode-se observar através de uma imagem do levantamento topográfico (Setor de Projetos, AB Nascentes das Gerais, 2020), o comprimento da faixa de desaceleração para acesso ao distrito industrial de 32,87 m de taper e 58,81 m de faixa de desaceleração, totalizando 91,74 m.

Figura 23: Faixa de desaceleração de acesso ao distrito industrial.



Fonte: Autor (2020).

Figura 24: Planta baixa de um trecho da interseção.



Fonte: Autor (2020).

Na Figura 25, é representada a faixa de aceleração da saída do distrito industrial com sentido para Divinópolis. Observa-se a inexistência da faixa de aceleração, existe apenas a presença do taper com aproximadamente 15 metros.

Figura 25: Faixa de aceleração na saída do distrito industrial.



Fonte: Autor (2020).

Na Figura 26 pode-se observar a representação do acesso para a área urbana de São José dos Salgados, no sentido de Divinópolis para Belo Horizonte. Neste acesso não existe uma faixa de desaceleração para a entrada da área urbana de São José dos Salgados, apenas o taper com comprimento aproximado de 35 metros.

Figura 26: Acesso para o perímetro urbano de São José dos Salgados.



Fonte: Autor (2020).

A Figura 27 mostra que existe um entrelaçamento entre a faixa de aceleração e uma terceira faixa na saída do perímetro urbano e acesso à rodovia sentido Belo Horizonte. Nesta faixa de aceleração, sentido Divinópolis – Belo Horizonte, existe um outro ponto crítico que é a existência de um ponto de ônibus, como pode-se verificar na Figura 27, no entrelaçamento entre a faixa de aceleração e a 3ª faixa da via principal.

Figura 27: Faixa de aceleração da saída sentido Belo Horizonte.



Fonte: Autor (2020).

Os comprimentos reais das faixas de aceleração e desaceleração, retirados do levantamento topográfico fornecido pelo Setor de Projetos da AB Nascentes das Gerais (2020), foram organizados na Tabela 16.

Tabela 16: Comprimentos reais das faixas de mudança de velocidade.

Faixas de desaceleração	
Comprimento da faixa de desaceleração, sentido Divinópolis (m)	Comprimento da faixa de desaceleração, sentido Belo Horizonte (m)
91,74	35
Faixas de aceleração	
Comprimento da faixa de aceleração, sentido Divinópolis (m)	Comprimento da faixa de aceleração, sentido Belo Horizonte (m)
15	0

Fonte: Do Autor, 2020.

Para verificar o comprimento adequado das faixas de mudança de velocidade deve-se analisar o comprimento mínimo previsto nas Tabela 8 e Tabela 9, retiradas do Manual de Projeto de Interseções do DNIT (IPR 718,2005). Através da Tabela 8 e Tabela 9 e utilizando uma velocidade de projeto de 60 km/h para a rodovia e de 40 km/h para os ramos definem-se os comprimentos para as faixas de aceleração e desaceleração, recomendados pelo DNIT, como segue na Tabela 17.

Tabela 17: Comprimentos recomendados faz faixas de mudança de velocidade.

Vp na via de 60 km/h e VP no ramo de 40 km/h		
Taper (m)	Comprimento da faixa de desaceleração, inclusive taper (m)	Comprimento da faixa de aceleração inclusive taper (m)
55	65	70

Fonte: IPR 718,2005, adaptado.

De acordo com a Tabela 17, tem-se que o comprimento mínimo para as faixas de desaceleração é de 65 m. Já para as faixas de aceleração o comprimento mínimo é de 70 m, sendo ambos valores com taper já inclusos.

Porém as faixas de aceleração e desaceleração no sentido Belo Horizonte estão localizadas em uma rampa ascendente, enquanto as faixas de aceleração e desaceleração sentido Divinópolis estão localizadas em uma rampa descendente, logo, é necessário realizar as devidas correções de comprimento mínimo, pois segundo o IPR 718 do DNIT (2015), a inclinação das rampas pode prejudicar ou favorecer estas mudanças de velocidade, sendo necessário realizar ajustes para evitar que as faixas de mudança de velocidade sejam subdimensionadas ou superdimensionadas.

Seguindo os fatores de correções apresentados na Tabela 10 e Tabela 11, retiradas do Manual de Projeto de Interseções do DNIT (IPR 718,2005), têm-se que para rampas ascendentes e descendentes de 6% deve-se multiplicar o comprimento da faixa de desaceleração por 0,8 para inclinações positivas e 1,35 para inclinações negativas. Já nas faixas de aceleração deve-se usar o fator de correção de 1,5 para inclinações positivas e de 0,6 para inclinações negativas.

Utilizando os fatores de correção mencionados para redimensionar as faixas de mudança de velocidade, obtemos os resultados representados na Tabela 18. Como pode-se observar comparando os resultados da Tabela 18 e os valores reais indicados na Tabela 16, apenas a faixa de desaceleração no sentido de Divinópolis está dentro dos parâmetros recomendados, as demais faixas estão abaixo do recomendado.

No sentido de Divinópolis a faixa de desaceleração recomendada tem 87,75 m e o valor real é de 91,74 m, ou seja, a faixa fornece segurança aos usuários. A faixa de aceleração no sentido de Divinópolis tem 15 m, quando deveria ter 42m segundo recomendações do IPR 718 (DNIT, 2015), logo a via não fornece ao veículo o comprimento necessário para que ele alcance a V_p antes de entrar na via principal. Já no sentido de Belo Horizonte ambas as faixas de aceleração e desaceleração estão abaixo do recomendado de 105 m e 52 m, respectivamente, sendo inexistente a faixa de aceleração e apenas o comprimento do taper de 15 m para a faixa de desaceleração.

Tabela 18: Comprimentos corrigidos pelo fator de correção.

Faixas de desaceleração	
Comprimento da faixa de desaceleração, sentido Divinópolis (Fator de correção 1,35) (m)	Comprimento da faixa de desaceleração, sentido Belo Horizonte (Fator de correção 0,8) (m)
87,75	52
Faixas de aceleração	
Comprimento da faixa de aceleração, sentido Divinópolis (Fator de correção 0,6) (m)	Comprimento da faixa de aceleração, sentido Belo Horizonte (Fator de correção 1,5) (m)
42	105

Fonte: Do Autor, 2020.

Logo, a via não fornece a segurança necessária para os usuários, pois segundo o IPR 718 (DNIT, 2005), as faixas de desaceleração, da rodovia para os acessos, e aceleração, dos acessos para a rodovia, garantem que os veículos consigam entrar na via principal na velocidade de

projeto evitando possíveis mudanças bruscas de velocidade e chances de acidente no fluxo da via principal.

4.6 Distâncias de visibilidade de parada

Para calcular a distância de visibilidade de parada mínima utilizou-se Equação 1, já citada neste trabalho, considerando V como a velocidade média de 55km/h, f como 0,34 e com a inclinação de 6,16% para o lado esquerdo e de -6,16% para o lado direito. Para a distância de visibilidade de parada desejável, utilizou-se Equação 1, considerando V como a velocidade de projeto de 60km/h, f como 0,33 e com a inclinação de 6,16% para o lado esquerdo e de -6,16% para o lado direito. Os valores resultantes destes cálculos podem ser observados na Tabela 19.

Tabela 19: Comprimentos reais das distâncias de visibilidades mínima e desejável.

Distância de visibilidade de parada mínima (m)	
Sentido Divinópolis	Sentido Belo Horizonte
81,11	68,03
Distância de visibilidade de parada desejável (m)	
Sentido Divinópolis	Sentido Belo Horizonte
94,60	78,05

Fonte: Do Autor, 2020.

Pode-se observar na Tabela 19 que os valores para a distância de visibilidade de parada mínima atual é de 68,03 m no sentido de Belo Horizonte e 81,11 m no sentido de Divinópolis. Já para a distância de visibilidade de parada desejável temos 78,05 m no sentido de Belo Horizonte e 94,60 m no sentido de Divinópolis.

De acordo com o IPR 706 do DNIT (1999) a distância de visibilidade de parada mínima e a distância de visibilidade de parada desejável recomendadas são as que seguem na Tabela 20. Através dos dados apresentados conclui-se que as distâncias de visibilidade de parada mínima para ambos os sentidos estão dentro dos valores recomendados pelo IPR – 706 (DNIT, 1999). Já a distância de visibilidade de parada desejável está dentro das recomendações apenas no sentido para Divinópolis, já no sentido de Belo Horizonte está aproximadamente 2,5% abaixo do recomendado.

Tabela 20: Comprimentos recomendados das distâncias de visibilidades de parada mínima e desejável.

Distância de visibilidade de parada mínima (m)	
Sentido Divinópolis	Sentido Belo Horizonte
80	65
Distância de visibilidade de parada desejável (m)	
Sentido Divinópolis	Sentido Belo Horizonte
80	80

Fonte: IPR - 706, DNIT, 1999, adaptado.

Os valores, mesmo com a distância de visibilidade desejável no sentido de Belo Horizonte menor que o recomendado, são aceitáveis pois segundo o IPR – 706 (DNIT, 1999) os valores exigidos são os das distâncias de visibilidade de parada mínima pois já englobam uma margem de segurança suficiente. A distância de visibilidade de parada desejável é uma orientação a ser utilizada quando o projeto e as condições permitirem.

4.7 Nível de serviço e número de acidentes

Como discutido a via é classificada na Classe I – B, do tipo Coletora com relevo montanhoso. Para esta classificação, a via tem velocidade de projeto de 60 km/h e velocidade média de 55 km/h, estes valores de velocidade, segundo o IPR 706 (DNIT, 1999), classificam a via para o nível de serviço E.

Na seção transversal temos a incompatibilidade da largura do acostamento e pontos de possível colisão dentro da zona livre sem a proteção de dispositivos de proteção contínua. Estes pontos levam os motoristas a dirigir a uma velocidade menor da esperada por eles e com uma maior restrição dos movimentos, que é uma das características do nível de serviço E. A restrição dos movimentos dos motoristas diminui a possibilidade de realização de manobras de ultrapassagem, causando a formação de pelotões e atrasando os motoristas.

Considerando uma viagem da cidade de Divinópolis para São José dos Salgados, é preciso percorrer 25,2 km para chegar ao destino. Para velocidade média de 55 km/h seria necessário um tempo de aproximadamente 27 minutos e meio, deste tempo de viagem cerca de 75% o motorista iria estar em pelotão (IPR 706, DNIT, 1999). Ou seja, dos 27 minutos e meio teríamos mais de 20 minutos com os movimentos do motorista restringidos.

Um fator que influencia o fluxo da via e o nível de serviço diretamente é o comprimento das faixas de mudança de velocidade. Na interseção em estudo apenas a faixa de desaceleração no sentido de Divinópolis está dentro do recomendado. Devido a estas características técnicas que não estão de acordo com o recomendado pelo DNIT a via não fornece um dos principais objetivos de um projeto geométrico, segundo Pimenta, Oliveria (2004), que é garantir a segurança dos usuários.

Na Tabela 21 estão representados os acidentes registrados na interseção em estudo desde 2011. O número de acidentes teve um crescimento do ano de 2011 até o ano de 2016 saltando de 5 para 10 acidentes no ano. A partir do ano de 2016 o número de acidentes vem diminuindo devido a instalação de um equipamento eletrônico para redução da velocidade (AB Nascentes das Gerais, 2020), que pode ser visto na Figura 28.

Tabela 21 - Número de acidentes por ano registrados na interseção.

Acidentes Registrados entre os km's 110+000 e 110+500

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020*	Total
Acidentes sem Vítimas	3	1	2	5	4	3	4	3	3	0	28
Acidentes Com Vítimas	2	3	3	3	6	6	1	0	0	1	25
Acidentes Com Vítimas Fatais	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2
Total Geral	5	4	5	8	11	10	5	3	3	1	55

* 2020 - Considerado de 01/01 à 29/02

Fonte: Setor de Projetos – AB Nascentes das Gerais, 2020.

Figura 28: Dispositivo eletrônico para redução de velocidade.



Fonte: Autor (2020).

O número de acidentes na interseção é considerado alto e é interessante adotar medidas para diminuir este número de acidentes. Uma das medidas adotadas pelos responsáveis pela via foi a utilização de um dispositivos de redução de velocidade, esse dispositivo tem o papel fundamental para redução de velocidade na rodovia principal, e assim redução do número de acidentes. Segundo o IPR 735 (DNIT,2010), a cada 1,6 km/h reduzidos da velocidade média da via há uma queda entre 2% e 7% dos acidentes. Existe um sacrifício do fluxo da via mas uma redução considerável no número de acidentes do trecho.

5 CONCLUSÃO

O estudo da interseção existente que dá acesso ao município de São José dos Salgados e a análise técnica dos elementos constituintes do projeto geométrico desta interseção concluíram que em diversos parâmetros de projeto a via não fornece segurança aos usuários.

Conforme discutido, as características da configuração atual da via não atendem a todos os requisitos normativos estabelecidos pelos manuais de projeto do DNIT. O maior problema da interseção são os pontos de conflito na convergência e divergência, agravados em função do tamanho insuficiente das faixas de aceleração e desaceleração, a largura insuficiente do acostamento e a falta de dispositivos de proteção contínua, colocando em risco a segurança dos usuários. Outro ponto da interseção que causa insegurança aos usuários é a existência de um ponto de ônibus na faixa de aceleração, acentuando a falta de segurança na via.

A via não fornece a segurança devida aos seus usuários, sendo necessário realizar adequações para garantir a segurança na interseção. As mudanças necessárias são, principalmente, a adequação das faixas de aceleração e desaceleração, utilização de dispositivos de proteção contínua em pontos com obstruções físicas dentro da faixa livre e a regularização da largura do acostamento. Os pontos de conflito de convergência e divergência também precisam de atenção, atualmente não oferecem segurança aos usuários, e para solucionar este problema pode-se utilizar de uma rotatória alongada, tachas para separar a faixa de aceleração da via principal no sentido de Belo Horizonte e pinturas horizontas nas faixas de rolamento.

Com as devidas adequações no traçado atual a via passaria a oferecer um maior nível de segurança e conforto aos usuários. Devem-se então serem realizadas adequações na largura do acostamento, no comprimento das faixas de aceleração, e também é preciso inserir um dispositivo de proteção contínua na estrutura da passarela para pedestres. Para o problema de conflitos de manobra pode-se implantar uma rotatória alongada, onde os conflitos existentes são menos críticos que em interseções em nível.

REFERÊNCIAS

- AB NASCENTES DAS GERAIS. **ESTUDO DE TRÁFEGO, CAPACIDADE E NÍVEIS DE SERVIÇO – VOLUME 1 – RELATÓRIO DE PROJETO**. Divinópolis, Minas Gerais. 2017.
- ABNT. **NBR 15486 - Segurança no tráfego — Dispositivos de contenção viária — Diretrizes de projeto e ensaios de impacto**. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Rio de Janeiro, 2016. 37 p.
- ABRAM, I. e ROCHA, A. **Manual Prático de Terraplenagem**, 1ª ed., Salvador/BA, 2000.
- ALBANO, J. **Noções sobre interseções**, 2007. Disponível em: <http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/420_14-intersecoes_apresentacao.pdf>. Acesso em: 15 de Julho de 2020.
- CNT. **Pesquisa CNT de rodovias**. Confederação Nacional do Transporte. Brasília. 2019.
- DER. **NOTAS TÉCNICAS DE PROJETO GEOMÉTRICO**. Departamento de Estradas de Rodagem. Rio de Janeiro. 2006. (PR 010988/18/DE/2006).
- DNER. **MANUAL DE PROJETO GEOMÉTRICO DE RODOVIAS RURAIS**. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Rio de Janeiro. 1999. (Publicação IPR - 706).
- DNIT. **EQUIPAMENTOS REDUTORES DE VELOCIDADE E SEU EFEITO SOBRE OS ACIDENTES NAS RODOVIAS FEDERAIS**. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Rio de Janeiro. 2010. (Publicação IPR - 735).
- DNIT. **CUSTOS DE ACIDENTES DE TRÂNSITO NAS RODOVIAS FEDERAIS**. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Rio de Janeiro. 2004. (Publicação IPR - 733).
- DNIT. **Manual de Projeto de Interseções**. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Rio de Janeiro. 2005. (Publicação IPR - 718).
- DNIT. **Manual de Drenagem de Rodovias**. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Rio de Janeiro. 2006. (Publicação IPR - 724).
- DNIT. **MANUAL DE ESTUDO DE TRÁFEGO**. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Rio de Janeiro. 2006. (Publicação IPR - 723).

DNIT. **Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas**. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Rio de Janeiro. 2010. (Publicação IPR - 740).

DNIT, **Guia Prático Programa Nacional de Segurança e Sinalização Rodoviária - BR-LEGAL**. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Rio de Janeiro. 2015.

DNIT, **Anexo I: Projetos Tipo para Defensas Metálicas – Disposições Gerais**. Disponível em: <<https://dnit.gov.br/download/rodovias/operacoes-rodoviarias/prodefensas/anexo-i-projetos-tipo-disposicoes-gerais.pdf>>. Acesso em 15 de Julho 2020. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**, 2010. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/divinopolis/panorama>>. Acesso em: 10 de Junho de 2020.

DNIT. **Manual de projeto e práticas operacionais para segurança nas rodovias**. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria Executiva. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Rio de Janeiro, 2010. 280p. (IPR. Publ., 741).

GOLDNER, L. G. **ENGENHARIA DE TRÁFEGO: Análise de Capacidade de Vias com base no HCM 2000**, 2013. Disponível em: <<https://ecivilufes.files.wordpress.com/2013/07/engenharia-de-trc3a1fego-mc3b3dulo-3-ufsc.pdf>>. Acesso em: 10 de Junho de 2020.

GOOGLE. Google Earth. **Google Earth**, 2020. Disponível em: <<https://www.google.com.br/earth/>>. Acesso em: 5 de Junho de 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**, 2010. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/carmo-do-cajuru/panorama>>. Acesso em: 10 de Junho de 2020.

LEE, S. H. **Projeto Geométrico de Estradas**. Florianópolis: [s.n.], 2000.

MILLACK, T. S. **PROJETO GEOMÉTRICO DE UMA INTERSEÇÃO EM DESNÍVEL**. 2014. 76P. Trabalho de conclusão de curso – UFSC, Florianópolis, 2014.

NOVAES, W. E. L. **ESTUDO DA EFICÁCIA DA UTILIZAÇÃO DAS DEFENSAS METÁLICAS NAS RODOVIAS BRASILEIRAS**. 2017. 132p. Trabalho de conclusão de curso – UFSC, Brasília, 2017.

PEREIRA, D. M. *et al.* **PROJETO GEOMÉTRICO DE RODOVIAS, 2010**. Disponível em: <http://files.labtopope.webnode.com/200000172->

def26dfefb/APOSTILA_PROJETO_GEOMETRICO_UFPR_2010.pdf>. Acesso em: 5 de Julho de 2020.

PIMENTA, C. R. T. e OLIVEIRA, M. P. **Projeto Geométrico de Rodovias**. 2ª ed. São Carlos: Rima Editora, 2004. 197p.

PONTES FILHO, G. **Estradas de rodagem: projeto geométrico**. São Carlos: Instituto Panamericano de Carreteras Brasil, 1998.

RODRIGUES, A. V. de R. **Elaboração de projeto geométrico e de terraplanagem de um trecho rodoviário**. 2015. 60 p. Pós Graduação (Lato Sensu) – FUMEC, Belo Horizonte, 2015.

THOMPSON, F. de F.; ALTOÉ, J. A. F. **DEFENSAS METÁLICAS: Uma evolução na segurança das estradas**. 2012. 84p. Trabalho de conclusão de curso – UFES, Vitória, 2012.

VIANA, G. P. **ESTUDO DE TRÁFEGO: Análise de uma interseção situada no Km 85 da BR-356, em Cachoeira do Campo**. 2018. 97p. Trabalho de conclusão de curso – UFOP, Ouro Preto, 2018.

ANEXOS

ANEXO A – LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO DO TRECHO DA INTERSEÇÃO



Engenheiro Coordenador

DIRETORIA DE PROJETOS

FISCALIZAÇÃO

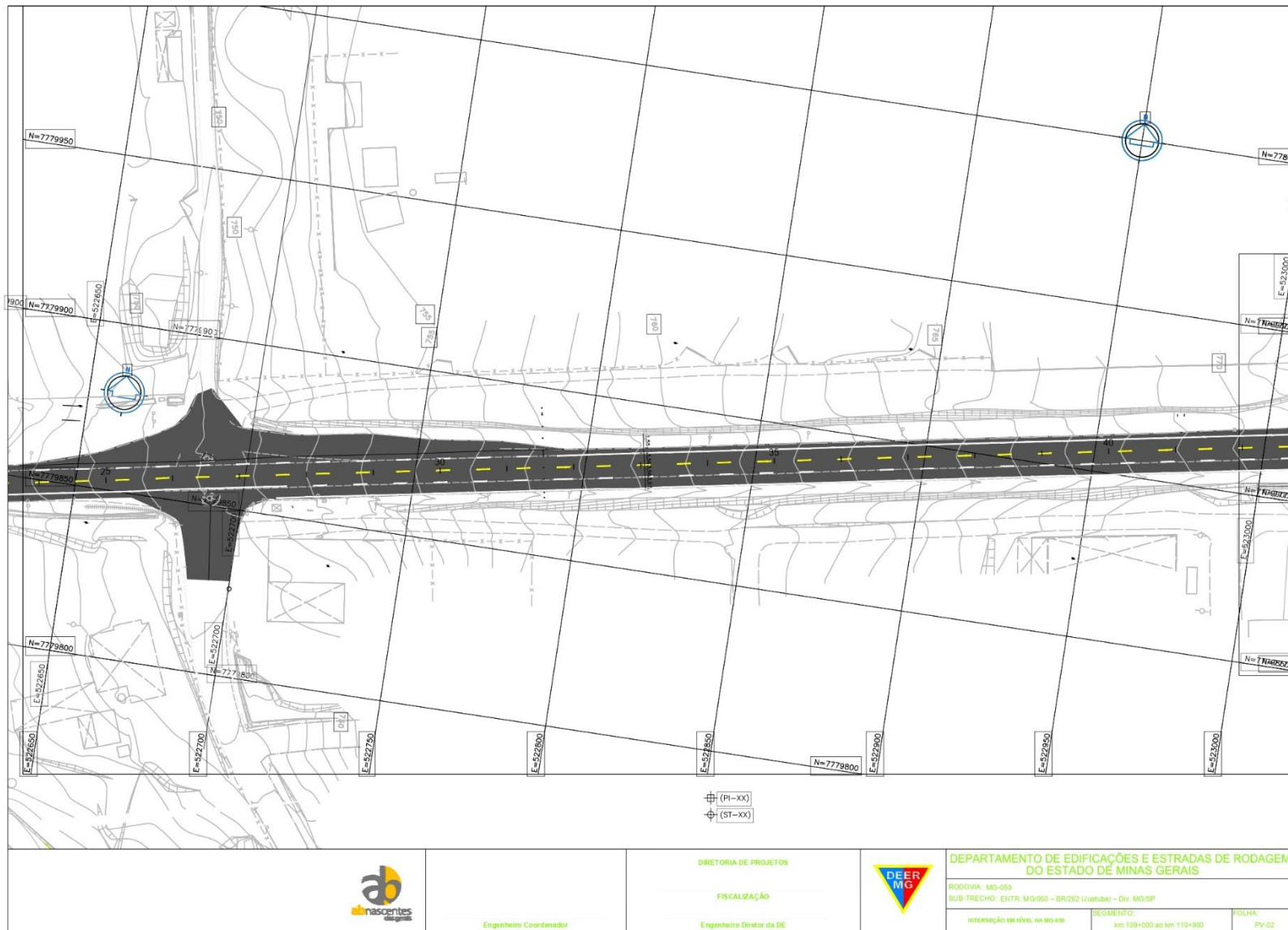
Engenheiro Diretor de DE



DEPARTAMENTO DE EDIFICAÇÕES E ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE MINAS GERAIS

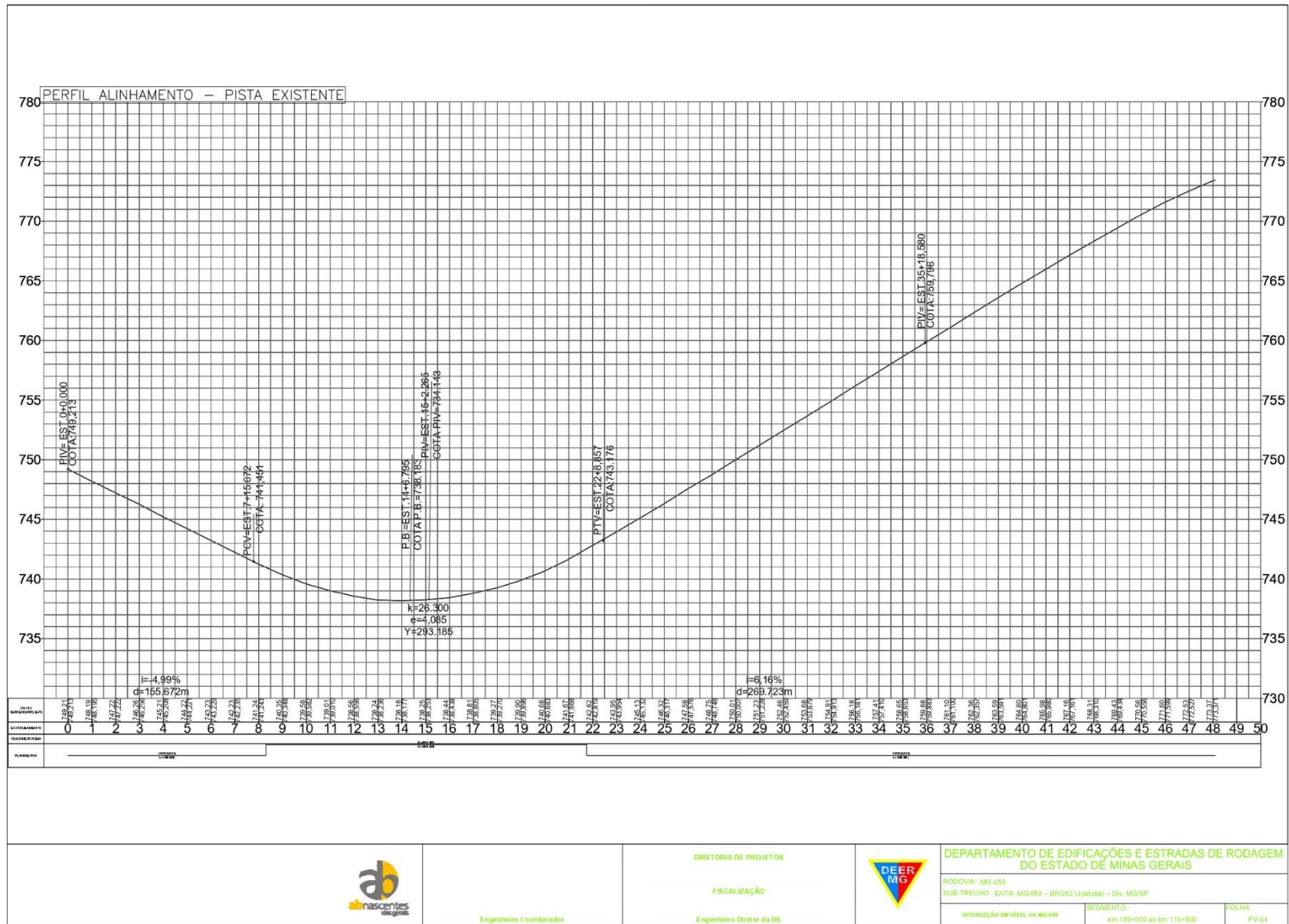
RODOVIA: MG-099
SUB-TRECHO: ENTR. MG/950 - BR262 Ubatuba - Div. MG/SP

INTERSEÇÃO EM NÍVEL NA KM 099
REGIMENTO: km 109-000 ao km 110-000
FOLHA: PV-01





ANEXO B – PERFIL LONGITUDINAL DO TRECHO DA RODOVIA



Engenheiro Coordenador

DIRETORIA DE PROJETOS

FISCALIZAÇÃO

Engenheiro Diretor da DE



DEPARTAMENTO DE EDIFICAÇÕES E ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE MINAS GERAIS

RODOVIA: MS-050
 SUB-TRECHO: ENTR. MG/050 - BR-262 (Justiba) - Dir. MG/SP

INTERSEÇÃO EST. NÍVEL, NA MS-050

SEGMENTO: km 109+000 ao km 110+900

FOLHA: PV-04