



PROJETO GEOMÉTRICO PARA RODOVIA BA-560: LIGAÇÃO ENTRE O MUNICÍPIO DE PIATÃ AO DISTRITO DE INÚBIA, BAHIA

ARTIGO ORIGINAL

PEIXOTO, Laura Torres Oliveira¹

PEIXOTO, Laura Torres Oliveira. **Projeto geométrico para rodovia BA-560: ligação entre o município de Piatã ao distrito de Inúbia, Bahia.** Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano. 08, Ed. 11, Vol. 01, pp. 50-66. Novembro de 2023. ISSN: 2448-0959, Link de acesso: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/projeto-geometrico>

RESUMO

Este artigo aborda os estudos de engenharia realizados para elaboração do projeto geométrico da rodovia BA-560 de ligação. Garantir funcionalidade técnica, segurança e responsabilidade ambiental são pilares para o crescente investimento em mobilidade e infraestruturas urbanas. Projetar rodovias envolvem estudos quanto ao melhor custo-benefício e atendimento as normativas e especificações geridas por órgãos de controle do país. O estudo de caso aborda o projeto de geometria da rodovia municipal para ligação entre o município de Piatã ao Distrito de Inúbia, no estado da Bahia, região nordeste do Brasil. A pesquisa teve como atividade preliminar o levantamento topográfico planialtimétrico cadastral do escopo dos serviços para que fosse gerado o perfil longitudinal da via, bem como estudo do relevo local com precisão. A rodovia projetada foi dimensionada conforme classe II em região ondulosa, atendendo a todos os pré-requisitos de segurança dos usuários, conforto dos motoristas, viabilidade socioambiental e potencial de expansão para a região.

Palavras-chave: Projeto Geométrico, Rodovia, Dimensionamento, Engenharia Rodoviária.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, é fundamental o uso de rodovias como modal para transporte de pessoas e cargas. O favorecimento do transporte rodoviário, em detrimento do uso de ferrovias, teve por início a implantação da nova república no país, no século passado.



A pavimentação em rodovias, nas últimas décadas, tem sido um crescente alvo de subsídio em todas as esferas políticas – municipais, estaduais e federais, como meio de permitir o avanço gradativo na qualidade da infraestrutura e mobilidade urbana.

A viabilidade destas obras de grande complexidade se inicia por meio de estudos preliminares e a concepção de projetos básicos, para melhor avaliar o custo-benefício. Nesse sentido, é inerente garantir o melhor traçado para o projeto geométrico da via, respeitando concordâncias horizontais e verticais.

Os estudos de geometria são regidos por normas e diretrizes regulamentados pelo atual Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT, responsável pelo Manual que dispõe da elaboração de Projetos de Geometria para Rodovias, datado de 1999 (Brasil, 1999), e o Manual de Implantação Básica de Rodovias publicado em 2010 (Brasil, 2010), que regem estudos e consultas das metodologias, sugestões e recomendações das publicações técnicas sobre o assunto.

Neste trabalho é apresentado o projeto geométrico de um estudo de caso em uma rodovia municipal, obtido através dos estudos preliminares do escopo objeto de intervenções, bem como da aplicação prática das técnicas para classificação da via, em seus diversos aspectos a serem discriminados, e parâmetros de geometria indicados pelas normas e legislações vigentes.

O objeto geral desse artigo é apresentar os resultados dos estudos do projeto geométrico desenvolvido para Rodovia BA-560, como solução satisfatória para ligação entre o município de Piatã ao distrito de Inúbia, no estado da Bahia.

Seus objetivos específicos são:

1. desenvolver uma revisão bibliográfica acerca do tema,
2. delimitar parâmetros técnicos para definição dos traçados horizontais e verticais;
3. identificar possíveis falhas no greide existente da via não pavimentada, bem como
4. apontar soluções com a seção transversal projetada.



2. REVISÃO DE LITERATURA

Para Pontes Filho (1998), é possível relacionar atividades prévias ao projeto rodoviário, de modo a estudar a área de intervenção, conforme relação a seguir:

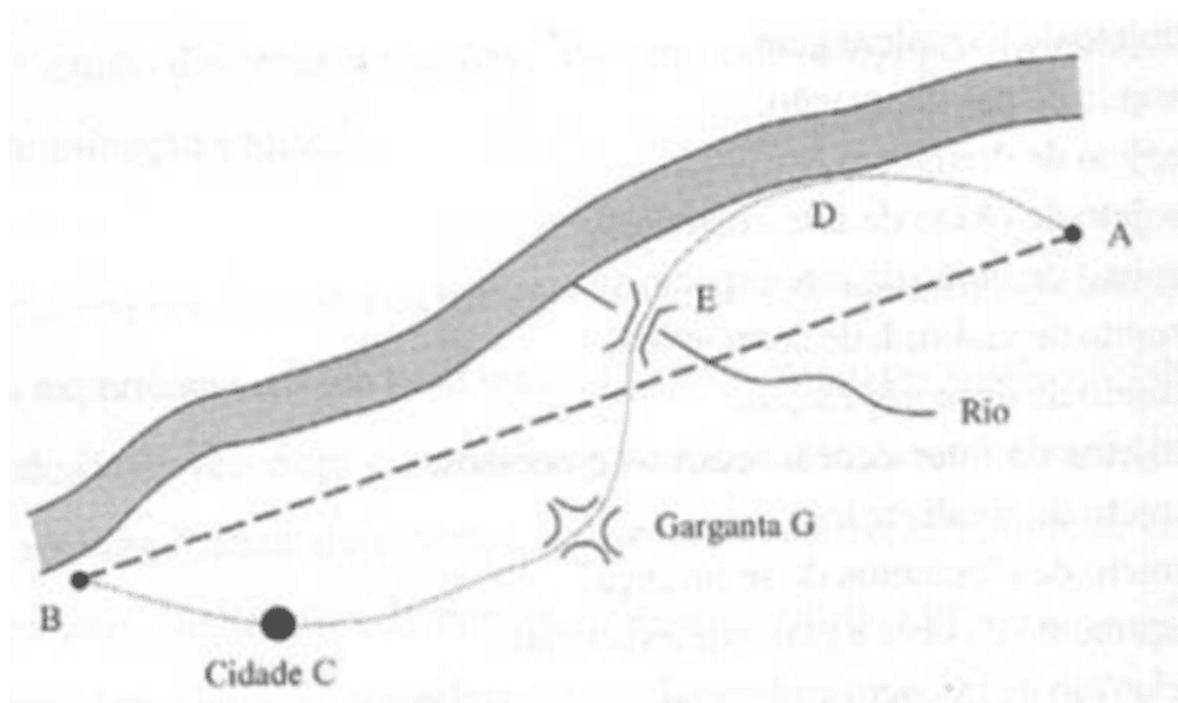
Estudos de tráfego; Estudos geológicos e geotécnicos; Estudos hidrológicos; Estudos topográficos; Projeto geométrico; Projeto de obras de arte corrente e especiais; Projeto de viabilidade econômica; Projeto de obras de terra; Projeto de drenagem; Projeto de terraplenagem; Projeto de pavimentação; Projetos de interseções, retornos e acessos; Projeto de desapropriação; Projeto de elemento de segurança; Projeto de sinalização; Orçamento da obra e plano de execução; Relatório de impacto ambiental (Pontes Filho, 1998. p.123).

A satisfatória execução de cada etapa existe de modo a garantir que cada disciplina seja pensada desde o início dos estudos, do desenvolvimento do anteprojeto de engenharia até a abertura ao tráfego.

Os estudos de Lee (2013, p.12) designam traçado e diretriz como fatores de suma importância para projetos de geometria em novas vias. O traçado de uma rodovia como “a linha que constitui o projeto geométrico da rodovia em planta e em perfil”, ou seja, como uma linha que represente o futuro estaqueamento da via a ser projetada. A diretriz deste traçado pode ser definida como a rota do acesso definido.

A figura 01 demonstra, tendo a ligação entre os pontos A e B a intenção de trajeto. Como nem sempre a linha retilínea é a opção mais viável, seja em virtude do relevo que onera as obras de terraplanagem, bem como vegetação e ações que inviabilizem a licença ambiental do projeto.

Figura 01: Diretrizes de uma estrada para ligação entre A e B



Fonte: Pontes Filho, 1998.

A avaliação integral de fatores que influenciam nos custos ou na alteração da vegetação local, em se tratando de projetos na zona rural, é essencial para a seleção de traçado ou traçados como solução para a implantação do modal (Pimenta & Oliveira, 2001).

As características geométricas e espaciais de uma rodovia, como o greide previsto, quantidade e largura das faixas, acostamentos e curvas, entre outros, são fatores que determinam a capacidade da via quanto à sua função, bem como da viabilidade do traçado indicado (TBR, 2010). Estas informações elencam os atributos essenciais do projeto de geometria, tais como: alinhamentos horizontal e vertical, e seção transversal.

O transporte rodoviário é o principal responsável pela grande parte de transporte de pessoas, bens e mercadorias, e por isso sua implantação deve preencher todos os pré-requisitos técnicos e antecipar possíveis obstáculos que inviabilizem etapas durante a execução civil.



A avaliação integral de fatores que influenciam nos custos ou na alteração da vegetação local, em se tratando de projetos na zona rural, é essencial para a seleção de traçado ou traçados como solução para a implantação do modal (Pimenta & Oliveira, 2001).

As características geométricas e espaciais de uma rodovia, como o greide previsto, quantidade e largura das faixas, acostamentos e curvas, entre outros, são fatores que determinam a capacidade da via quanto à sua função, bem como da viabilidade do traçado indicado (TBR, 2010). Estas informações elencam os atributos essenciais do projeto de geometria, tais como: alinhamentos horizontal e vertical, e seção transversal.

O transporte rodoviário é o principal responsável pela grande parte de transporte de pessoas, bens e mercadorias, e por isso sua implantação deve preencher todos os pré-requisitos técnicos e antecipar possíveis obstáculos que inviabilizem etapas durante a execução civil.

3. DESENVOLVIMENTO

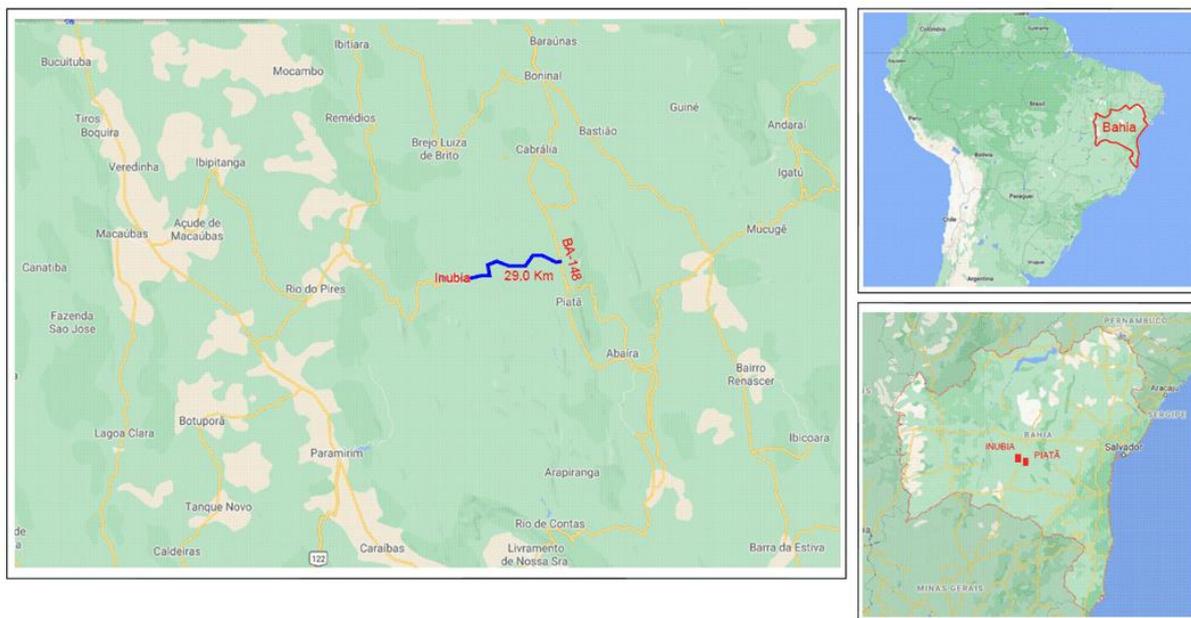
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Para a confecção desta pesquisa foi realizado um estudo de caso no projeto geométrico da rodovia BA-560, que faz ligação entre o município de Piatã ao distrito de Inúbia, Bahia.

O município de Piatã tem área territorial de 1.508,036 km² e possui a maior altitude de todo o estado da Bahia, registrando também as menores temperaturas. Sua população é de 17.269 habitantes e densidade demográfica de 11,5 hab./km². (IBGE, 2018).

Na figura 03, destaca-se o trecho de intervenção a partir do mapa de localização elaborado.

Figura 03: Mapa de Localização – Delimitação dos Estudos



Fonte: Google Maps (2021).

O distrito de Inúbia faz parte do território municipal de Piatã, e hoje, a localidade possui grande potencial turístico com trilhas e cachoeiras conhecidas pela região da Chapada Diamantina, bem como crescente população residente com tráfego diário à sede.

O trajeto previsto possui aproximadamente 29km (vinte e nove quilômetros) de extensão em estrada de chão (cascalho), com consideravelmente larga faixa de 10 m (dez metros) de largura. A Figura 04 é componente do registro fotográfico realizado durante visita de campo, em junho/2021.



Figura 04: Registro Fotográfico – Visita in loco à rodovia



Fonte: do autor (2021).



3.2 METODOLOGIA APLICADA

Para o bom desenvolvimento deste trabalho, a etapa inicial competiu ao levantamento topográfico do escopo objeto de intervenções. Os estudos topográficos foram executados através do levantamento planialtimétrico semi-cadastral georreferenciado, com pontos coletados no eixo da via existente, bem como nos bordos de cada lado.

O resultado desta etapa foi na elaboração de planta topográfica com representação de todos os elementos presentes na poligonal delimitada para o estudo, com o devido georreferenciamento para posicionamento dos dados coletados, bem como a representação das seções transversais dos pontos coletados para geração das curvas de nível de metro em metro, conforme orientam as normas técnicas, garantindo dados precisos sobre a tipologia topográfica local.

Os serviços de campo foram executados com o uso de Estação Total de alta precisão, equipamento eletrônico utilizado para mensurar distâncias e ângulos em levantamentos topográficos, para coleta dos pontos e poligonal básica de apoio, e o uso de Receptores *GNSS* de dupla frequência que apoiaram as bases geodésicas para georreferenciamento.

O *Datum*, origem do sistema de referência geodésica, utilizado para apresentação foi SIRGAS 2000. Os *softwares* utilizados para estas atividades foram Topograph 98SE e AutoCAD Civil 3D. Após a elaboração dos desenhos de topografia, foram determinadas as características tridimensionais da via a ser implantada, considerando planimetria, altimetria e seção transversal.

Para o bom desenvolvimento do projeto preliminar, é essencial também classificar a via projetada quanto à sua funcionalidade. O Manual de Implantação Básica de Rodovia, elaborado pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT, apresenta uma tabela com classes, características e velocidades atribuídas para projetos.



Tabela 01: Critérios de classificação de rodovias

CLASSE DE PROJETO (1)	CARACTERÍSTICAS	CRITÉRIO DE CLASSIFICAÇÃO TÉCNICA (2)	VELOCIDADE DE PROJETO POR REGIÃO (km/h)		
			Plana	Ondulada	Montanhosa
0	Via Expressa – controle total de acesso	Decisão administrativa	120	100	80
I	A Pista dupla – Controle parcial de acesso	O volume de tráfego previsto reduzirá o nível de serviço em uma rodovia de pista simples abaixo do nível “C” (4)	100	80	60
	B Pista simples	Volume horário de projeto VHP > 200 Volume médio diário VMD > 1400			
II	Pista simples	Volume médio diário VMD 700 - 1400	100	70	50
III	Pista simples	Volume médio diário VMD 300 - 700	80	60	40
IV	Pista simples	Volume médio diário VMD < 300	80 – 60 (3)	60 – 40 (3)	40 – 30 (3)

Fonte: DNIT, 2010.

O Volume Diário Médio (VDM) é um dado obtido pelo estudo de tráfego, e relaciona a quantidade de passagem de veículos em um dia (24 horas). Esse número pode ser usado devida avaliação da distribuição de tráfego, mensurar a necessidade de intervenção uma via e programar benfeitorias.

Com os dados obtidos dos estudos preliminares, sabemos que a via de estudo é uma pista simples e que pertence a uma região moderadamente ondulada. Quanto a classificação técnica, o volume médio diário adotado foi de 1000, categorizando a rodovia de classe II. A velocidade máxima adotada neste projeto foi de 80km/h (oitenta quilômetros por hora).

Todos os dados e classificações foram previamente discutidos com técnicos fiscais do município para conhecimento das soluções previstas no desenvolvimento do projeto.



De posse destas diretrizes e definições para a solução do projeto geométrico, coube alinhar quanto às normativas técnicas regentes para a classe do projeto, em atendimento aos parâmetros matemáticos estabelecidos para projeto, conforme discriminado na Tabela 02.

Tabela 02: Características básicas do projeto geométrico para Rodovias Classe II

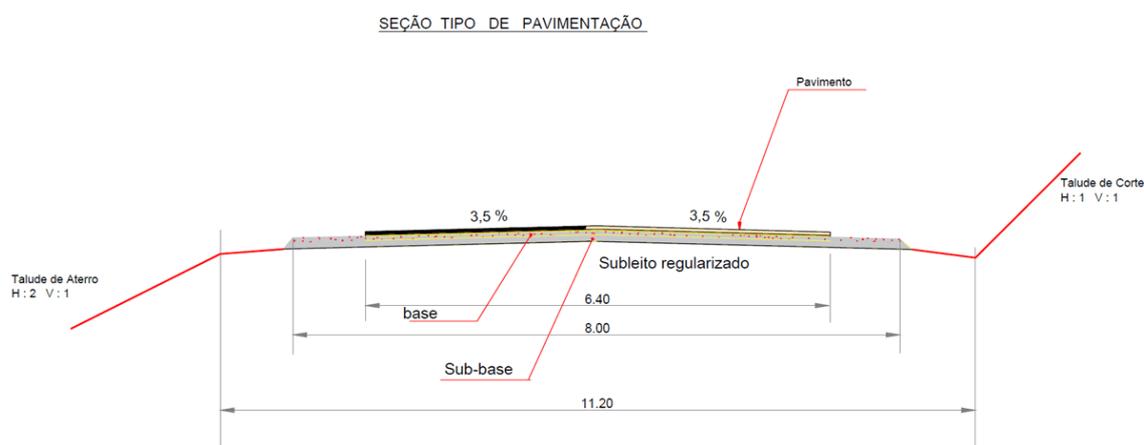
Características	Região		
	Plana	Ondulada	Montanhosa
Velocidade diretriz	100 km/h	70 km/h	50 km/h
Distância mínima de visibilidade de parada			
• desejável	210m	110m	65m
• absoluta	155m	90m	60m
Distância mínima de visibilidade de ultrapassagem	680m	490m	350m
Raio mínimo de curva horizontal (e = 8%)	375m	170m	80m
Rampa máxima	3%	5%	7%
Valor mínimo de K para curvas verticais convexas:			
• desejável	107	29	10
• absoluto	58	20	9
Valor mínimo de K para curvas verticais côncavas:			
• desejável	52	24	12
• absoluto	36	19	11
Largura da faixa de rolamento	3,60m	3,50m	3,30m
Largura do acostamento externo	2,50m	2,50m	2,00m
Gabarito mínimo vertical			
• desejável	5,50m	5,50m	5,50m
• absoluto	4,50m	4,50m	4,50m
Afastamento lateral mínimo do bordo do acostamento			
• obstáculos contínuos	0,50m	0,50m	0,50m
• obstáculos isolados	1,50m	1,50m	1,50m

Fonte: Manual de Projetos de Geometria (Brasil, 1999, p. 161 - 168).

Estes parâmetros foram devidamente considerados para seleção do melhor traçado em atendimento integral ao disposto no Manual, bem como minimizar alterações na rota atual já existente e de uso contínuo dos residentes da região, o que poderia onerar a obra em si.

A partir das premissas relacionadas nos tópicos anteriores, foi projetada a seção transversal do projeto com devidas larguras e características conforme representado na Figura 05.

Figura 05: Seção Transversal Prevista

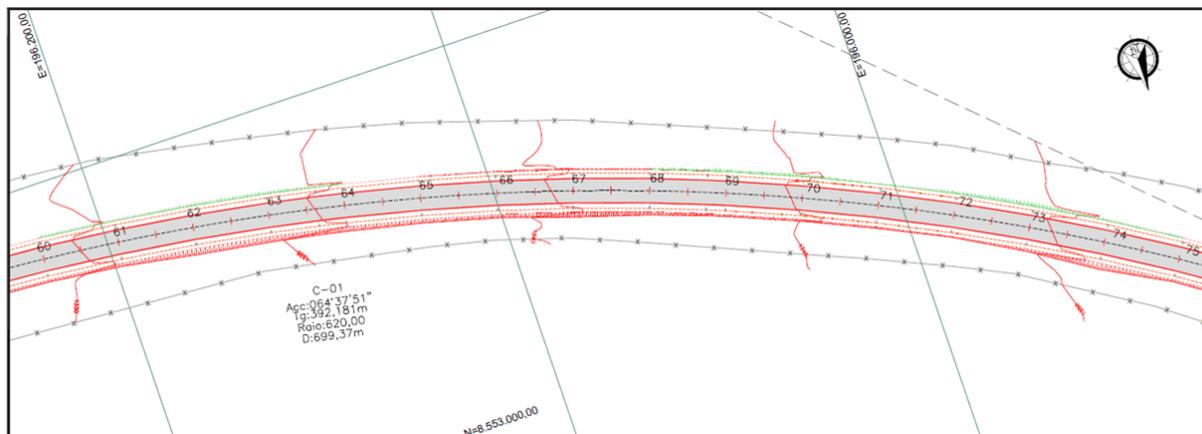


Fonte: do autor (2021).

A seção transversal, ou seções transversais, a depender do trecho, irão servir como base de cálculo futuro para a planilha de corte e aterro dos serviços de terraplanagem, da mesma forma quaisquer alterações no alinhamento geométrico devem ser repassadas a esta atividade, visto que uma depende da outra. Esta etapa se faz importante desde os estudos iniciais até a implantação da obra, quando da locação do eixo geométrico previsto em projeto.

Uma vez definido o traçado e respectiva seção de projeto, foi gerado o estaqueamento da via em desenho, bem como o cálculo das curvas e raios previstos, através do *software* AutoCAD Civil 3D. Um extrato do projeto, com estes elementos, é representado na Figura 06.

Figura 06: Projeto Geométrico Horizontal (extrato)



Fonte: do autor (2021).

O resultado desta etapa foi na elaboração de planta geométrica horizontal e vertical, para geração do estaqueamento em planta baixa e perfil longitudinal, bem como representação das curvas de transição e circulares, sempre indicadas em planta e carimbo (ver figura 07). Os *softwares* utilizados para estas atividades foram Topograph 98SE e AutoCAD Civil 3D.

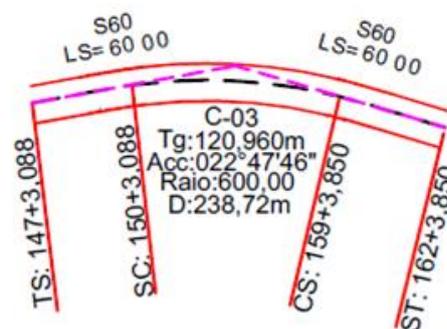
Figura 07: Legenda do Projeto Geométrico (extrato)

Legenda:

Eixo Estaqueado

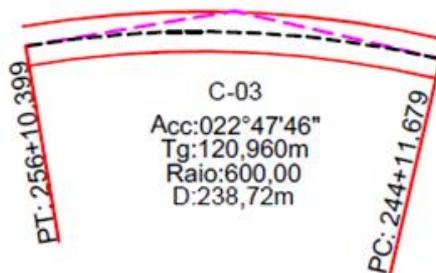
Curva de Transição

TS - Tangente-espiral
SC - Espiral-circular
CS - Circular-espiral
ST - Espiral-tangente
Acc - Ângulo central
LS - Espiral



Curva Circular

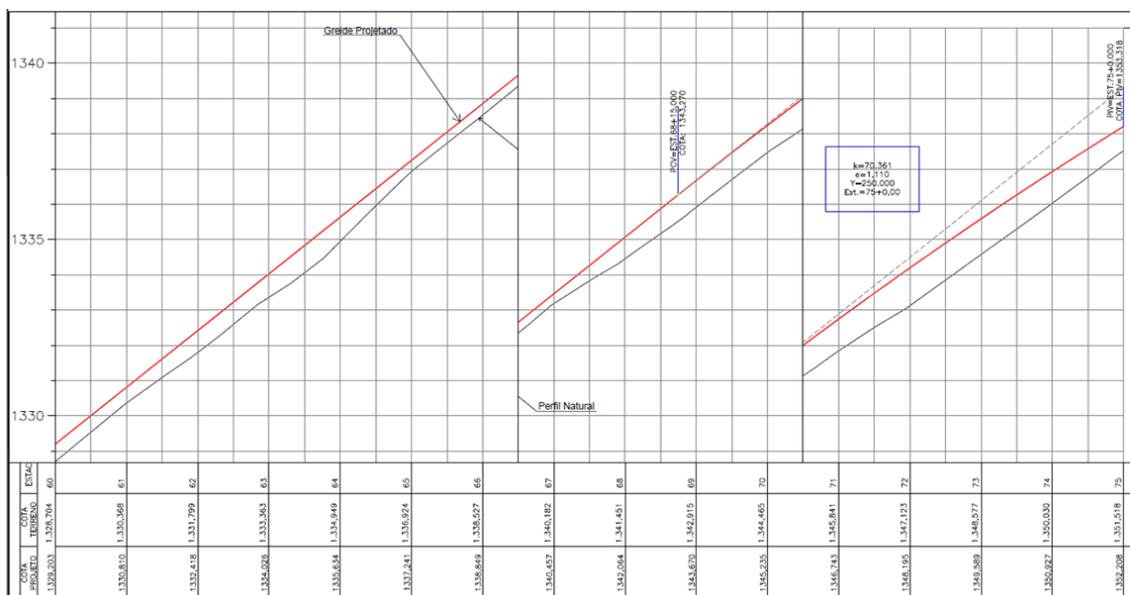
PT - Tangente
PC - Circular



Fonte: do autor (2021).

O projeto vertical, contemplando o perfil longitudinal entre o greide existente (obtido pelo levantamento planialtimétrico) e o greide projetado, indicado na cor vermelha na Figura 08. Como já relatado anteriormente, a concepção do projeto foi de minimizar custos adotando o greide atual da via existente, apenas corrigindo curvas e parâmetros inadequados de forma a atender as normas técnicas vigentes.

Figura 08: Projeto Geométrico Vertical (extrato)



Fonte: do autor (2021).

Em conjunto com os projetos em plantas, foi também apresentado o relatório de alinhamento horizontal complementar, bem como planilha dos elementos verticais calculados pelos softwares de projetos, discriminando as características técnicas e posicionamento georreferenciado das curvas projetadas (ver Figuras 09 e 10).

Figura 09: Relatório de Alinhamento Horizontal Complementar (extrato)

TANGENTE					
Elementos			Coordenadas dos Pontos Notáveis		
Parâm	Valor	Descr.	Km	Norte	Este
D:	923,14	Início:	0+0.000	8.553.282,739	197.352,817
AZ:	4,35	Fim:	46+3.141	8.552.956,984	196.489,061
TANGENTE					
Elementos			Coordenadas dos Pontos Notáveis		
Parâm	Valor	Descr.	Km	Norte	Este
D:	1.320,57	Início:	81+2.514	8.553.090,864	195.839,843
AZ:	5,48	Fim:	147+3.088	8.554.007,673	194.889,381
TANGENTE					
Elementos			Coordenadas dos Pontos Notáveis		
Parâm	Valor	Descr.	Km	Norte	Este
D:	1.647,83	Início:	162+3.850	8.554.158,158	194.633,328
AZ:	5,01	Fim:	244+11.679	8.554.637,712	193.056,824

Fonte: do autor (2021).

Figura 10: Planilha de Elementos Verticais (extrato)

<u>CARACTERÍSTICAS DA RAMPA</u>		
TIPO	VALOR	
COMPRIMENTO:	215.000	
GRADE:	8038%	

<u>CURVA VERTICAL CONVEXA</u>		
Descrição	ESTACAS	COTA
INÍCIO:	68.000+15.000	1.343.270
PIV:	75.000+0.000	1.353.318
FIM:	81.000+5.000	1.358.925
ESTACAS INTERMEDIARIAS:		
	69.000+0.000	1.343.670

<u>CARACTERÍSTICAS DA CURVA VERTICAL SIMÉTRICA</u>		
TIPO	VALOR	
RAMPA ANTERIOR:	8038%	
RAMPA POSTERIOR:	4485%	
COMPRIMENTO:	250.000	
K:	70.361	
e:	-1.110	

Fonte: do

autor (2021).

4. CONCLUSÃO

Este artigo teve como objetivo a apresentação dos estudos que permitiram a devida elaboração do projeto de geometria de uma via municipal, considerando as premissas pertinentes a tipologia da via projetada, bem como em atendimento as normas técnicas competentes ao tema.

A análise preliminar para esta pesquisa compreendeu o levantamento topográfico georreferenciado com planialtimetria, executado em atendimento e conformidade das normas vigentes nos órgãos reguladores como DNIT/DNER e, em manuais internacionais, tendo como referência as diretrizes para via de classe II em relevo ondulado com velocidade diretriz de 80 km/h.



O estudo foi realizado de modo a aproveitar o traçado existente, chamado de “greide colado”, visto que se tratava de uma via já frequentemente utilizada por veículos de tráfego leve e moderado, ocasionando melhorias ao traslado, segurança e conforto dos motoristas.

A pesquisa teve seus objetivos executados e permitiu aprimoração dos conhecimentos teóricos e aplicação de fórmulas e parâmetros práticos para desenvolvimento do projeto executivo de geometria apresentado neste artigo.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de projeto geométrico de rodovias rurais**. Rio de Janeiro: IPR, 1999. (IPR. Publ. 706).

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de Implantação Básica de Rodovias**. Rio de Janeiro: IPR, 2010. (IPR. Publ. 742).

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia E Estatística. **Censo demográfico 2018**.

LEE, Shu Han. **Introdução ao Projeto Geométrico de Rodovias**. 4. Florianópolis. 2013. UFSC, 2013. 438 p

PIMENTA, C. R. T.; OLIVEIRA, M. P. **Projeto Geométrico de Rodovias**. 1ª Edição. ed. São Carlos: Rima, 2001.

PONTES FILHO, G. **Estradas de Rodagem: Projeto Geométrico**. 1ª Edição. ed. São Carlos: Glauco Pontes Filho, 1998.

TBR. **Highway Capacity Manual**. 1ª edição. ed. Washington: TBR, 2010.



MULTIDISCIPLINARY SCIENTIFIC JOURNAL

**NÚCLEO DO
CONHECIMENTO**

REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR NÚCLEO DO
CONHECIMENTO ISSN: 2448-0959

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br>

Enviado: 14 de junho, 2023.

Aprovado: 21 de agosto, 2023.

¹ Pós-Graduada em Engenharia Rodoviária (IPOG), Engenheira Civil (UCSAL). ORCID: 0009-0006-3727-3282. Currículo Lattes: <https://lattes.cnpq.br/8607721932715437>.