

Sâmara Carneiro de Oliveira

VERIFICAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA GEOMETRIA DE UM TRAÇADO RODOVIÁRIO
LOCALIZADO NO ESTADO DO TOCANTINS COM O AUXÍLIO DA FERRAMENTA
COMPUTACIONAL: SAEPRO

Palmas – TO

2020

Sâmara Carneiro de Oliveira

VERIFICAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA GEOMETRIA DE UM TRAÇADO RODOVIÁRIO
LOCALIZADO NO ESTADO DO TOCANTINS COM O AUXÍLIO DA FERRAMENTA
COMPUTACIONAL: SAEPRO

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

Orientador: Prof. M.e Edivaldo Alves dos Santos.

Palmas – TO

2020

Sâmara Carneiro de Oliveira

VERIFICAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA GEOMETRIA DE UM TRAÇADO RODOVIÁRIO
LOCALIZADO NO ESTADO DO TOCANTINS COM O AUXÍLIO DA FERRAMENTA
COMPUTACIONAL: SAEPRO

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

Orientador: Prof. M.e Edivaldo Alves dos Santos

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. M.e Edivaldo Alves dos Santos

Orientador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Prof. Esp. Euzir Pinto Chagas

Avaliador Externo

Prof. M.e Fernando Moreno Suarte Júnior

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Palmas – TO

2020

Ao meu irmão, Alex.

AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos iniciais vão ao meu Deus, que não me deixou desistir, apesar de todas as dificuldades enfrentadas ao longo desses cinco anos, e em especial nesse último semestre, que Ele quis recolher meu irmão para junto d'Ele. Sou grata porque Deus não me deixou parar quando todas as circunstâncias me pediam isso.

Agradeço toda minha família pelo apoio, meu pai Antonio Barboza por tudo que fez por mim para que essa formação se tornasse real, à minha mãe Deusina Carneiro, por sempre me ensinar a ser uma grande e forte mulher, à minha irmã Samayra Oliveira, que sempre me inspirou em ser uma profissional ética. À todos meus amigos, em especial ao Daniel Santos, Douglas Neves e Myllena Trindade por não terem soltado minha mão quando eu mais precisei, sempre torcendo pelo meu sucesso, sempre querendo me ver bem, vocês se tornaram três das pessoas que eu mais tive a honra de conhecer na vida, e que sorte a minha por isso, e às minhas irmãs de coração, Gislâne Barbosa, Lucinéia Barbosa e Vivian Xavier, pelo apoio, vocês foram essenciais nessa jornada. E por fim, não poderia deixar de agradecer ao meu orientador Edivaldo Alves, que sempre foi inspiração de um excelente profissional e ser humano, do início ao fim da faculdade, e continuará sendo pra sempre, não há palavras no mundo que possa o agradecer por todo ensinamento que transmitiu e todo apoio dado.

Esse trabalho de conclusão de curso, e a minha formação serão dedicados integralmente ao meu irmão Alex Moreira, que não vai poder ver essa conquista aqui da terra, mas sei que está feliz de algum lugar, junto com meu Deus.

Obrigada a todos que direta ou indiretamente me apoiaram e torceram por mim, à minha família de forma geral, amo vocês demais, sem vocês nada disso faria sentido algum, e isso é só o começo da jornada.

RESUMO

OLIVEIRA, Sâmara Carneiro. **Verificação da eficiência da geometria de um traçado rodoviário localizado no estado do Tocantins com o auxílio da ferramenta computacional: SAEPRO**. 2020. 96 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2020.

O surgimento das rodovias se dá devido a necessidade de locomoção do ser humano. No Brasil a malha rodoviária é bastante importante para a economia e desenvolvimento do país. O transporte rodoviário é fundamental para a distribuição de cargas e deslocamento da população, para isso é imprescindível que estas rodovias apresentem condições adequadas de uso e um traçado que possa trazer conforto e segurança ao percorrer o trecho, evitando assim acidentes. As rodovias no Tocantins têm grande influência nas diversas atividades que o estado exerce, contribuindo, por exemplo, para a infraestrutura e turismo da região. Mas para que uma rodovia tenha uma eficiente funcionalidade é necessário que os elementos geométricos de projeto sejam calculados e executados levando em consideração todas normativas exigidas pelo órgão regulamentador responsável por cada região, sendo o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte – DNIT o principal órgão executor federal do Ministério dos Transportes. O presente trabalho foi desenvolvido por meio de pesquisas bibliográficas relacionadas ao tema proposto, visando escolher um traçado que esteja localizado no estado do Tocantins e avaliar seus elementos geométricos, como velocidades, ângulos, curvas e superelevação, embasado nas normativas do DNIT, contando com o auxílio de uma ferramenta computacional desenvolvida pela Universidade Federal do Rio Grande no Sul – UFRGS, o sistema avançado para estudos e projetos viários - SAEPRO, que tem como missão principal criar, desenvolver e aprimorar soluções técnicas de engenharia relacionadas a obras de infraestrutura viária.

Palavras-chave: Rodovias. Elementos geométricos. Tocantins. DNIT. SAEPRO.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Sâmara Carneiro. Verification of the geometry efficiency of a road vehicle located in the state of Tocantins with the aid of a computational tool: SAEPRO. 2020. 96 f. Course Conclusion Paper (Graduation) - Civil Engineering Course, Lutheran University Center of Palmas, Palmas / TO, 2020.

The emergence of highways is due to the need for human mobility. In Brazil, the road network is very important for the country's economy and development. Road transport is fundamental for the distribution of loads and displacement of the population, for this it is essential that these highways present the conditions of use and a route that can offer comfort and safety when traveling or executing, thus being impaired. As highways in Tocantins have great influence on various activities that the state does, contributing to the region's infrastructure and tourism. However, for a highway that has an efficient efficiency, it is necessary that the geometric elements of the project are calculated and executed, taking into account all the standards required by the regulatory body responsible for each region, being the National Department of Transport Infrastructure - DNIT or the main federal executor Ministry of Transport. The present work was developed by means of bibliographic researches related to the proposed theme, selecting a trace that is located in the state of Tocantins and evaluating its geometric elements, such as speeds, angles, curves and superelevation, based on the normative norms of DNIT, counting on the aid of a computational tool developed by the Federal University of Rio Grande do Sul - UFRGS, or advanced system for studies and road projects - SAEPRO, whose main mission is to create, develop and improve technical engineering solutions related to road infrastructure works.

Keywords: Highways. Geometric elements. Tocantins. DNIT. SAEPRO.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Sigla para rodovias federais	17
Figura 2: Participantes do processo de desenvolvimento do projeto de estradas.....	21
Figura 3: Azimute e ângulos de deflexão	22
Figura 4: Elementos de uma curva horizontal circular simples.....	26
Figura 5: Equilíbrio de forças a atuar no veículo em uma curva.....	28
Figura 6: Critérios para escolha de raios de curvas sucessivas	29
Figura 7: Tangentes longas, concordadas com curvas de raio pequeno.....	31
Figura 8: Curvas de raio longo concordadas com tangentes curtas.....	31
Figura 9: Curva horizontal de transição	33
Figura 10: Processo de obtenção da superelevação – giro em torno do eixo da pista.....	37
Figura 11: Seções transversais de uma estrada.....	37
Figura 12: Diagrama de superelevação	38
Figura 13: Elementos que compõe o giro em torno do eixo.....	38
Figura 14: Esquema de cálculo das cotas e flechas da parábola	40
Figura 15: Projeto realizado com o auxílio do SAEPRO: Quarta Faixa da BR-290 (Porto Alegre a Gravataí)	43
Figura 16: Fluxograma identificando as etapas do projeto.....	44
Figura 17: Mapa de localização do estado do Tocantins.....	45
Figura 18: Mapa de localização.....	50
Figura 19: Rodovia TO-454/455	51
Figura 20: Perfil de elevação da TO 454/455.....	52
Figura 21: Valores dos raios acima dos quais podem ser dispensadas as curvas de transição.....	54
Figura 22: Interface principal do programa SAEPRO.....	56
Figura 23: Edição de dados geométricos	57
Figura 24: Relatórios planimétricos e geométricos	58

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Classes de projeto de rodovias	18
Quadro 2: Velocidade diretriz para novos traçados em função da classe de projeto e relevo..	23
Quadro 3: Dimensões básicas dos veículos de projeto em metros	25
Quadro 4: Valores máximos admissíveis de coeficientes de atrito transversal	30
Quadro 5: Valores dos raios acima dos quais podem ser dispensadas curvas de transição	32
Quadro 6: Valores de R acima dos quais a superelevação é dispensável.....	35
Quadro 7: Raios mínimos admitidos de curvas para projetos	36
Quadro 8: Distribuição das classes de declividade.....	53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
BIM	Building Information Modeling
CEULP	Centro Universitário Luterano de Palmas
CIENGE	Consultoria em Informática e Engenharia Ltda.
CNT	Confederação Nacional do Transporte
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagens
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FHWA	Federal Highway Administration
IDOT	Illinois Department of Transportation
SAEPRO	Sistema Avançado para Estudos e Projetos Viários
STE	Serviços Técnicos de Engenharia
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UTM	Universal Transversa de Mercator
ULBRA	Universidade Luterana do Brasil

LISTA DE SÍMBOLOS

km	Quilômetro
km/h	Quilômetro por hora
°	Graus
Δ	Delta
N	Newton
m/s ²	Metro por segundo ao quadrado
m	Metro
Π	Pi
Θ	Teta
Φ	Phi
%	Porcentagem
©	Copyright

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	PROBLEMA DE PESQUISA	14
1.2	HIPÓTESE	14
1.3	OBJETIVOS	14
1.3.1	Objetivo Geral.....	14
1.3.2	Objetivos Específicos	15
1.4	Justificativa.....	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	RECONHECIMENTO DA RODOVIA.....	16
2.2	CLASSIFICAÇÃO DA RODOVIA.....	16
2.3	PROJETO GEOMÉTRICO DE RODOVIAS	19
2.4	Parâmetros Geométricos.....	21
2.4.1	Azimutes e ângulos de deflexão	21
2.4.2	Velocidade de projeto	22
2.4.3	Velocidade operacional	23
2.4.4	Veículos de Projeto	24
2.5	Projeto Planimétrico	25
2.5.1	Curvas Horizontais	25
2.5.1.1	Curvas horizontais circulares	25
2.5.1.2	Raio	28
2.5.1.3	Tangentes	30
2.5.1.4	Desenvolvimento	31
2.5.1.5	Locação de curvas circulares	31
2.5.1.6	Curvas horizontais de transição	32
2.5.1.7	Locação de curvas de transição	34
2.5.2	Superelevação.....	35
2.5.2.1	Distribuição da superelevação	36
2.6	PROJETO ALTIMÉTRICO	39
2.6.1	Greides	39
2.6.2	Curvas Verticais.....	39
2.6.2.1	Curvas verticais convexas.....	41
2.6.2.2	Curvas verticais côncavas.....	41
2.7	SAEPRO.....	42

3	METODOLOGIA.....	44
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	50
4.1	Características Técnicas e Operacionais do Projeto	51
4.1.1	Classificação da Rodovia.....	51
4.1.2	Definição de Velocidades.....	53
4.1.3	Ângulos	54
4.1.4	Elementos geométricos	54
4.2	Avaliação do traçado com o auxílio do SAEPRO.....	55
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	60
	REFERÊNCIAS	62
	APÊNDICES	64
	APÊNDICE A – CARTA DE SOLICITAÇÃO DE ACESSO AO SAEPRO	65
	APÊNDICE B – ELEMENTOS DAS CURVAS DE TRANSIÇÃO	67
	ANEXOS	70
	ANEXO A – RELATÓRIO DE CARACTERÍSTICAS ALTIMÉTRICAS (RCA)	71
	ANEXO B – RELATÓRIO DE INCONFORMIDADES (RIC)	73
	ANEXO C – RELATÓRIO DE PLANILHA DE COORDENADAS (RPL)	79
	ANEXO D – RELATÓRIO DE DIRETRIZ DE TRAÇADO (RDT)	84
	ANEXO E – RELATÓRIO DE PONTOS NOTÁVEIS (RPN).....	89
	ANEXO F – RELATÓRIO DE SUPERELEVÇÃO E SUPERLARGURA POR CURVAS (RCU)	93

1 INTRODUÇÃO

As rodovias de todo o mundo são de extrema importância, pois permitem que a sociedade possa se locomover, movimentar mercadorias, interligar municípios, cidades, estados e até países, conectando regiões e culturas e estimulando o desenvolvimento econômico social. Senna (2014) afirma que as rodovias abrem oportunidades para os mercados e contribuem na geração de empregos, trazendo benefício para comércio e trabalhadores locais. Mudanças na infraestrutura afetam os custos das viagens e desta forma influenciam o comportamento de produtores e consumidores.

O transporte rodoviário no Brasil é a principal alternativa para movimentação de cargas e pessoas, contribuindo significativamente para o desenvolvimento socioeconômico nacional.

O principal problema das piores ligações rodoviárias do Brasil, de acordo com uma pesquisa feita pela Confederação Nacional do Transporte – CNT (2018), está relacionado à geometria da via. No total, 85,3% da extensão conjunta dos 15 trechos analisados apresentam alguma deficiência no traçado, essas deficiências podem gerar a sociedade um custo estimado de R\$ 426,8 milhões, esse cálculo considera, por exemplo, os custos associados aos danos materiais, às despesas hospitalares e de resgate de vítimas e às perdas em termos de vítimas fatais em caso de acidentes (CNT, 2018).

Em 2019 a CNT avaliou características das rodovias brasileiras, e destacou alguns dados das condições geométricas das vias no Tocantins, os dados apresentados foram 1218 km de extensões ruins, 1192 km péssimos, 639 km bons, 444 km regulares e apenas 13 km ótimos, totalizando uma extensão de 3509 km avaliados (CNT, 2019).

Para Austroads (2015) a forma geométrica de uma rodovia está amplamente sob o controle do projetista, diz ainda que o fornecimento de um desenho geométrico consistente ao longo das estradas, particularmente estradas em ambientes rurais, é um aspecto importante da segurança nas estradas, pois não deve haver surpresas para os motoristas como por exemplo uma curva acentuada isolada em uma seção da estrada onde todas as outras curvas têm raios grandes.

Todo projeto de estrada é um empreendimento único, o desenho geométrico de uma estrada é a seleção de suas características e dimensões. O objetivo básico do projeto geométrico de estradas é otimizar a eficiência operacional e a segurança dentro de determinadas restrições, levando em consideração o volume, o tipo e a distribuição do tráfego esperado para o uso da estrada.

As diretrizes de projeto de estradas são desenvolvidas considerando a necessidade de alcançar um equilíbrio entre as demandas às vezes concorrentes dos requisitos operacionais, segurança, custo e impactos sociais e ambientais (Austroads, 2015).

Segundo a Resolução nº 6, de 10 de março de 2004 do Ministério dos Transportes, o órgão que desempenha as funções relativas à operação, manutenção, restauração, adequação de capacidade e ampliação mediante construção de novas vias e terminais no Brasil, é o DNIT, implantado em fevereiro de 2002, criado pela Lei nº 10.233, de 2001, é o principal órgão executor do Ministério dos Transportes.

Busca-se, portanto, ao longo desse trabalho, verificar um trecho de uma rodovia localizada no estado do Tocantins, e avaliar sua geometria através das normativas que o DNIT impõe com o auxílio do SAEPRO, para que ela possa oferecer ao usuário uma rodovia segura com uma infraestrutura ampla e uma boa qualidade.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Para que uma via tenha um traçado adequado é necessário seguir as normativas do DNIT, obtendo um alinhamento satisfatório, para evitar a sensação de percorrer com o veículo um trecho de ondulações próximas, logo há imposições de redução da velocidade e quando essa velocidade não é atendida pelo condutor do veículo, pode assim, ocasionar acidentes neste trecho.

Diante disso, a geometria do traçado no trecho avaliado está de acordo com as recomendações normativas do DNIT?

1.2 HIPÓTESE

- Os elementos geométricos do traçado avaliado estão harmonizados com as normativas de projeto e estão com velocidade adequada em função da topografia, e o tipo de traçado e o enquadramento da via estão compatíveis com as normativas que o DNIT impõe para a implantação básica de uma rodovia;
- A planimetria da rodovia no trecho avaliado não está de acordo com as normas vigentes do DNIT, a velocidade não está adequada para o relevo do trecho, e não há compatibilidade com as normativas ao longo do traçado da rodovia analisada.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Verificar as condições geométricas de um traçado localizado no estado do Tocantins e verificar sua concordância com as recomendações normativas do DNIT com o auxílio do software SAEPRO.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Aferir os elementos geométricos planimétricos rodoviários (traçado, velocidade, raios, curvas horizontais do projeto);
- Realizar uma análise da via de estudo, de acordo com a norma vigente do DNIT, analisando assim, se existem inconformidades com as normativas;
- Avaliar o traçado da via de estudo com o auxílio do software SAEPRO.

1.4 JUSTIFICATIVA

De acordo com o DNIT (2010), as medidas para a promoção de segurança, adotadas em uma rodovia, têm por objetivo garantir conforto e segurança aos usuários desde a fase de planejamento até a abertura ao tráfego. A identificação e correção de possíveis problemas de segurança na fase de elaboração de projeto evita a necessidade de correção de erros que resultem em custos adicionais desnecessários aos órgãos públicos responsáveis pela estrutura viária.

Os trechos que eventualmente ofertam maior índice de acidentes, ou maior demanda de redução de velocidade, geram transtornos ao condutor do veículo. Portanto é necessário avaliar o traçado para, se necessário, fazer algum ajuste, ou alguma adequação para diminuir restrições na velocidade, que eventualmente podem causar acidentes, ou desconforto no percurso.

Toda a sociedade paga o preço da ineficiência da infraestrutura de transporte. Se a rodovia tem problemas, há mais consumo de combustível e maior desgaste dos veículos. Isso gera custos, que elevam o valor dos produtos (CNT, 2019).

Assim, um bom projeto deve atender às necessidades de tráfego, respeitar as características técnicas de um bom traçado e de um bom perfil, estar em harmonia com a região atravessada e, na medida do possível, ter um baixo custo (PIMENTA; OLIVEIRA, 2004).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 RECONHECIMENTO DA RODOVIA

Pontes Filho (1998), afirma que essa é a primeira fase da escolha do traçado de uma estrada. O objetivo principal desse reconhecimento é o levantamento e a análise de dados da região necessários à definição dos possíveis locais por onde a estrada irá percorrer. A topografia da região pode impor a passagem da estrada por determinados pontos, como a diretriz geral da estrada que são os pontos obrigados de passagem de condição e são determinados pelo órgão responsável pela construção, a garganta que são os pontos obrigados de passagem de circunstância e a diretriz parcial que são as retas que ligam dois pontos obrigados intermediários.

Para Coelho Júnior et al. (2014) as gargantas são pontos notáveis do terreno e estão situados em uma posição mais alta entre dois talwegues e mais baixa entre dois divisores. Os talwegues são linhas de recolhimento de água nas curvas de nível, e os divisores de água são linhas que dividem o sentido de escoamento da água, delimitando bacias. As gargantas se assemelham a uma sela de cavalo, onde o centro da sela seria a garganta, as partes mais altas seriam os divisores e as partes mais baixas os talwegues.

2.2 CLASSIFICAÇÃO DA RODOVIA

Conforme o DNIT (2010), rodovia é uma estrada que, tendo a sua plataforma devidamente preparada, se destina à circulação de veículos automotores.

Em geral, são vias de trânsito em área rural, destinada a veículos rodoviários, animais e pessoas, e que normalmente têm preferência de passagem em toda a sua extensão. Em áreas urbanas, depois de se transformarem em logradouros, a tradição pode manter a designação estrada ou rodovia.

O Departamento Nacional de Estradas de Rodagem - DNER (1999), afirma que a classificação de rodovias se fez necessário para atender a enfoques e objetivos diversos de natureza técnica, administrativa e de interesse dos usuários das vias em geral.

Pontes Filho (1998), classifica as rodovias quanto a posição geográfica, quanto a funcionalidade, jurisdição e quanto às condições técnicas:

- Quanto a posição geográfica:

As estradas Federais no Brasil recebem o prefixo BR, acrescido de três algarismos. Para o número 0 é designado as rodovias radiais que partem de Brasília - DF ligando as capitais e principais cidades, elas têm a numeração de 010 a 080 em sentido horário.

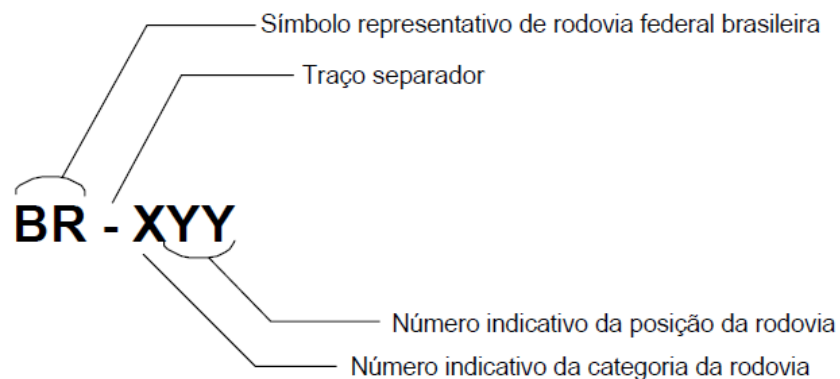
O número 1 é designado às rodovias longitudinais que têm direção geral norte-sul e a numeração varia da direita para a esquerda, entre 100 e 199.

O número 2 são as rodovias transversais, que possuem direção geral leste-oeste e a numeração varia de 200 no extremo norte do país a 250 em Brasília, indo até 299 no extremo sul.

O número 3 são as rodovias diagonais, e Pontes Filho (1998) divide em diagonais pares, que são aquelas que têm direção geral noroeste-sudeste. A numeração varia de 300 no extremo nordeste do país a 398 no extremo sudoeste. O número é obtido de modo aproximado, por interpolação. E em diagonais ímpares que têm direção geral nordeste-sudoeste, e a numeração varia de 301 no extremo noroeste do país a 399 no extremo sudeste.

Por fim, o número 4, que é designado às rodovias de ligação, em geral essas rodovias ligam pontos importantes das outras categorias. A numeração varia de 400 a 450 se a ligação estiver para o norte de Brasília e, 451 a 499, se para o sul de Brasília.

Figura 1: Sigla para rodovias federais



Fonte: Introdução ao projeto geométrico de rodovias (Lee, 2000, p.7).

- Quanto à funcionalidade:

A classificação funcional rodoviária é o processo de agrupar rodovias em sistemas e classes, de acordo com o tipo de serviço que as mesmas proporcionam e as funções que exercem (PONTES FILHO, 1998).

De acordo com o DNER (1999), as rodovias rurais brasileiras podem ser enquadradas dentro de três sistemas funcionais, são eles:

- Sistema Arterial: que compreende as rodovias cuja função principal é a de propiciar mobilidade;

- Sistema Coletor: que compreende as rodovias que proporcionam um misto de funções de mobilidade e acesso;

- Sistema Local: que compreende as rodovias cuja função principal é a de oferecer oportunidades de acesso.

- Quanto à jurisdição:

Para Pontes Filho (1998), as Rodovias Federais são, em geral, uma via arterial e interessa à Nação, quase sempre percorre mais de um estado, e são mantidas pelo governo federal.

Rodovias Estaduais, são as que ligam entre si cidades e a capital de um estado, elas atendem às necessidades de um estado, ficam contidas no seu território, elas normalmente têm a função de arteriais ou coletoras.

Rodovias Municipais, são as construídas e mantidas pelo governo municipal, elas são de interesse de um município ou de municípios vizinhos, atende principalmente ao município que o administra.

- Quanto as condições técnicas:

De acordo com Pontes Filho (1998):

As principais características geralmente consideradas nesse tipo de classificação são aquelas que se relacionam diretamente com a operação do tráfego (velocidade, rampas, raios, largura de pista e acostamento, distância de visibilidade, níveis de serviço, etc.). Estas, por sua vez, são restringidas por consideração de custos, condicionados especialmente pelo relevo.

O tráfego, cujo atendimento constitui a principal finalidade da rodovia, é um dos elementos fundamentais a considerar. Recomenda-se adotar, como critério para a classificação técnica de rodovias, o volume de tráfego que deverá utilizar a rodovia no 10º ano após sua abertura ao tráfego.

Além do tráfego, a importância e a função da rodovia constituem elementos para seu enquadramento em determinada classe de projeto (Pontes Filho, 1998, p. 25-26).

O DNER (1999), estabelece cinco classes técnicas para o projeto de rodovias rurais.

Quadro 1: Classes de projeto de rodovias

CLASSE S DE PROJET O	CARACTERÍSTICA S	CRITÉRIO DE CLASSIFICAÇÃ O TÉCNICA	VELOCIDADE DE PROJETO (km/h)		
			Plan o	Ondulad o	Montanh oso
0	Elevado padrão técnico; Pista dupla;	Decisão Administrativa	120	100	80

		Controle total de acesso.				
I	A	Alto padrão técnico; Pista Dupla; Controle Parcial de Acesso; Grande demanda de tráfego.	O projeto em pista simples resultaria em níveis de serviço inferiores ao aceitável.	100	80	60
	B	Alto padrão técnico; Pista Simples; Grande demanda de tráfego.	Volume de tráfego projetado é superior a 200 veículos por hora ou 1.400 veículos por dia.			
II		Pista Simples.	Volume de tráfego projetado entre 700 e 1.400 veículos por dia.	100	70	50
III		Pista Simples.	Volume de tráfego projetado entre 300 e 700 veículos por dia.	80	60	40
IV	A	Pista Simples; Características suficientes para atender o tráfego no ano de abertura a um custo mínimo.	Tráfego na data de abertura de 50 e 200 veículos por dia.	60	40	30
	B	Pista Simples; Características suficientes para atender o tráfego no ano de abertura a um custo mínimo.	Tráfego na data de abertura inferior a 50 veículos por dia.			

Fonte: Manual de projeto geométrico de rodovias rurais (DNER, 1999, p. 25-27).

2.3 PROJETO GEOMÉTRICO DE RODOVIAS

Para o DNIT (2010), um projeto rodoviário é o conhecimento da capacidade rodoviária que é essencial para que a rodovia planejada seja devidamente adequada às exigências do tráfego, tanto na seleção do tipo de rodovia como no seu dimensionamento: largura, número de faixas e extensões mínimas em trechos de entrecruzamento.

Pontes Filho (1998), diz que o projeto geométrico de uma estrada deve correlacionar seus elementos físicos com as características de operação, frenagem, aceleração, condições de segurança, conforto, entre outros.

A geometria de uma estrada é definida pelo traçado do seu eixo em planta e pelos perfis longitudinal e transversal. De maneira simplificada, o traçado em planta é composto de trechos retos concordados por curvas horizontais que são usadas, em geral, para desviar de obstáculos que não possam ser vencidos economicamente.

Um projeto grande e complexo que envolve a construção de uma nova estrada e novos alinhamentos poderá levar até oito anos de planejamento e desenvolvimento e mais alguns anos para concluir a construção (IDOT, 2003).

Assim, a construção de uma rodovia é um processo, na maioria das vezes, que ocorre de forma lenta, complexa, e envolve órgãos e a comunidade interessada.

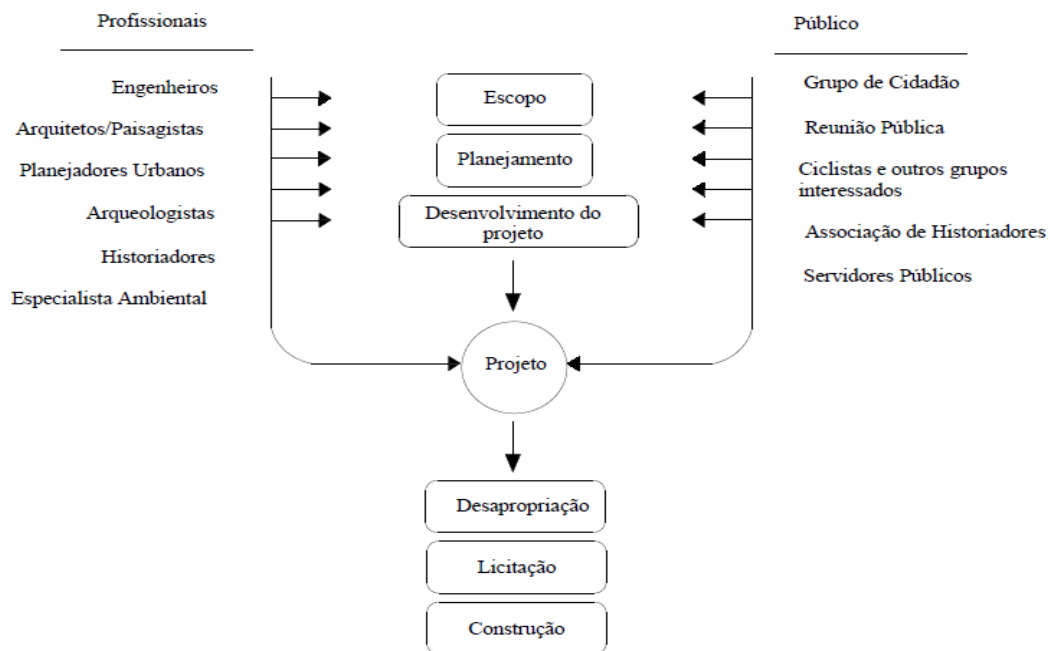
Rodrigues de Souza (2012), afirma que:

Durante cada fase do processo, importantes decisões que afetam as etapas subsequentes e o resultado final são tomadas. Conseguir uma solução flexível e sensível ao contexto é um desafio para os projetistas. E é durante a fase de planejamento de uma rodovia que a população, o público alvo, deve ser instada a fornecer informações sobre os problemas identificados pelos técnicos e a participar do processo decisório de melhoria ou construção de uma estrada. (RODRIGUES DE SOUSA, 2012, p.11).

A Federal Highway Administration – FHWA (2004), divide um projeto geométrico de uma rodovia em etapas, sendo a etapa inicial o planejamento, onde é necessário avaliar o potencial impacto de uma instalação ou melhoria proposta. É necessário levar em consideração como será a melhoria do transporte proposto e se essas melhorias afetarão o aspecto físico da área em torno do projeto, se a área a ser afetada tem características históricas ou paisagísticas únicas e quais são as preocupações da comunidade quanto à segurança e capacidade do transporte.

A segunda fase da etapa é o desenvolvimento do projeto, onde análise ambiental se intensifica. As decisões tomadas ao nível de desenvolvimento do projeto ajudam a definir as principais características do projeto com o restante do processo de concepção e construção. Assim como no planejamento, muitas decisões são tomadas no âmbito de desenvolvimento do projeto, independentemente do nível de detalhes estudado.

Figura 2: Participantes do processo de desenvolvimento do projeto de estradas



Fonte: Adaptado de Flexibilidade no projeto de rodovias - FHWA (2004, p.6).

Após a seleção de uma alternativa preferida, um projeto pode passar para a fase final do design. O produto desse estágio é um conjunto completo de planos, especificações e estimativas das quantidades necessárias de materiais prontos para a solicitação de propostas de construção e subsequente construção (FHWA, 2004).

2.4 PARÂMETROS GEOMÉTRICOS

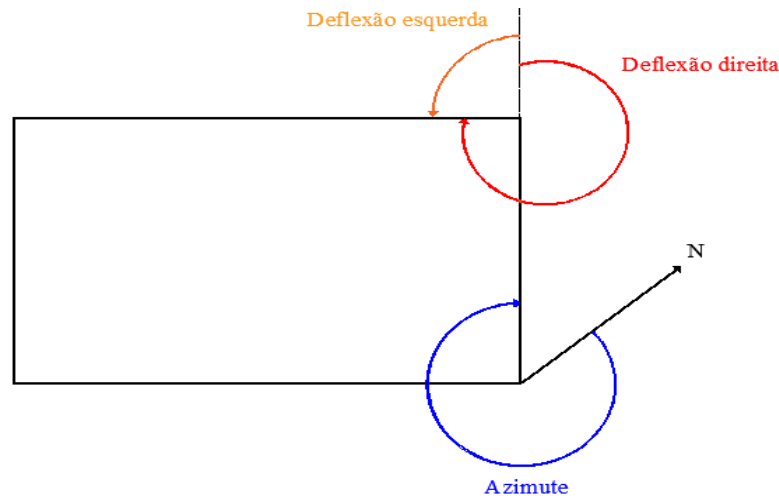
2.4.1 Azimutes e ângulos de deflexão

Para Coelho Júnior et al. (2014), azimutes e ângulos de deflexão são ângulos horizontais topográficos e estão perpendiculares ao eixo zênite-nadir¹. Esses ângulos horizontais são medidos a partir de um ponto topográfico de uma determinada poligonal, de acordo com o método a ser empregado, visando obtenção do ângulo entre dois alinhamentos considerados. São medidos entre as projeções de dois alinhamentos do local a ser levantados, projetado no plano topográfico.

O azimute é o ângulo horizontal de orientação, que tem sua origem sempre no norte magnético até o alinhamento da poligonal em questão, variando de 0° a 360°. Se o norte utilizado for o geográfico, o resultado será o azimute geográfico, caso seja o norte magnético o resultado será o azimute magnético.

¹ zênite-nadir: Zênite é tido como a região mais elevada acima da cabeça do observador do céu celeste, o nadir consiste no ponto mais baixo, que está abaixo dos pés do observador, ambos são opostos. Dicionário Significados, 2015.

Figura 3: Azimute e ângulos de deflexão



Fonte: Adaptada Topografia geral (Coelho Júnior et al., 2014, p. 40).

Pontes Filho (1998), diz que para encontrar o ângulo de deflexão entre dois alinhamentos de azimutes conhecidos é necessário encontrar a diferença entre elas, sendo a deflexão direita ou esquerda, se o resultado for negativo ou positivo, respectivamente.

$$\text{Deflexão} = \text{Azimute}_{n+1} - \text{Azimute}_n \quad (2.1)$$

2.4.2 Velocidade de projeto

Para o DNER (1999), a velocidade é um dos principais elementos a condicionar o projeto rodoviário. A velocidade tem participação na determinação da maioria das características técnicas da rodovia.

A velocidade de projeto também conhecida como velocidade diretriz é a velocidade selecionada para fins de projeto da via e que condiciona as principais características desta, tais como: curvatura, superelevação e distância de visibilidade, das quais depende a operação segura e confortável dos veículos. Representa a maior velocidade com que pode ser percorrido um trecho viário cuja superfície de rolamento apresenta características normais de rugosidade e ondulações, com segurança e em condições aceitáveis de conforto, mesmo com o pavimento molhado, quando o veículo estiver submetido apenas às limitações impostas pelas características geométricas, sem influência do tráfego.

A escolha do valor a ser adotado para a velocidade de projeto é fator decisivo na definição do padrão da estrada. Todas as características geométricas terão de ser definidas de forma que a estrada, em todos os seus pontos, ofereça segurança ao usuário que percorra na velocidade de projeto estabelecida.

Deve-se, sempre que possível, adotar uma velocidade de projeto única para toda a estrada. Só é justificável o uso de velocidades diferentes para trechos da estrada que

apresentam diferenças sensíveis nas condições topográficas da região atravessada.
(PIMENTA; OLIVEIRA, 2004, p. 16)

DNER (1999), afirma ainda que para obter uma velocidade diretriz elevada, requer características geométricas mais amplas, principalmente no que tange curvas verticais e horizontais, acostamentos e larguras, que salvo condições muito favoráveis, elevarão o custo de construção substancialmente.

Essa elevação de custo, porém será tanto menos pronunciada quanto mais favoráveis forem as características do relevo, principalmente a topografia, mas também a geotecnia, a drenagem, etc., bem como menores forem as restrições decorrentes do uso do solo.

No Brasil, a velocidade diretriz é função da classe de projeto e do relevo, podendo variar entre o limite máximo de 120 km/h e mínimo de 30 km/h conforme quadro 2.

Quadro 2: Velocidade diretriz para novos traçados em função da classe de projeto e relevo

Classe de projeto	Velocidades diretrizes para projeto (km/h)		
	Relevo		
	Plano	Ondulado	Montanhoso
Classe 0	120	100	80
Classe I	100	80	60
Classe II	100	70	50
Classe III	80	60	40
Classe IV	80 - 60	60 - 40	40 - 30

Fonte: Manual de projeto geométrico de rodovias rurais (DNER, 1999, p. 42).

2.4.3 Velocidade operacional

A The American Association of State Highway Transportation Officials - AASHTO (2001), define a velocidade operacional como a velocidade na qual observam-se os condutores operando seus veículos sob condições de fluxo livre, quando a velocidade não é influenciada pelos demais veículos na via.

A velocidade operacional, para Pontes Filho (1998), é a média de velocidades para todo o tráfego ou parte dele, obtida pela soma das distâncias percorridas dividida pelo tempo de percurso, ele ainda define como a mais alta velocidade de percurso que o veículo pode realizar, em uma dada via, sob condições favoráveis de tempo e tráfego, sem exceder a velocidade de projeto.

Devido a uma série de fatores, em especial as condições de tráfego, os veículos não conseguem percorrer toda a estrada na velocidade de projeto, logo existem características

geométricas, que devem ser determinadas em função da velocidade de operação ao invés da velocidade de projeto.

2.4.4 Veículos de Projeto

Para o DNIT (2005), as características físicas dos veículos e a proporção entre os veículos de vários tipos constituem-se em parâmetros que condicionam diversos aspectos do dimensionamento geométrico e estrutural de uma via, ele cita como exemplo a largura do veículo que influencia a largura da pista de rolamento, acostamento e dos ramos, a distância entre os eixos influi no cálculo da superlargura das pistas principais e na determinação da largura e dos raios mínimos internos das pistas, o comprimento do veículo influencia a largura dos canteiros, a extensão de faixas de armazenagem, a capacidade da rodovia e as dimensões de estacionamentos, a relação peso bruto total/potência relaciona-se com o valor da rampa máxima admissível e participa na determinação da necessidade de faixa adicional de subida (terceira faixa), o peso bruto admissível dos veículos, conjugado com a configuração dos eixos e a posição do centro de gravidade, influi no dimensionamento e configuração do pavimento, de separadores rígidos e defensas e a altura admissível para os veículos condiciona o gabarito vertical sob redes aéreas e viadutos, túneis, sinalização vertical e semáforos.

O DNIT (2005), enfatiza que:

As demais características que afetam a dirigibilidade do veículo, tais como, desempenho quanto à aceleração e desaceleração, resposta (sensibilidade) das rodas dianteiras ao giro do volante, sistema de suspensão, frequência de vibração do conjunto suspensão – massa do veículo, altura dos faróis, etc., que pertencem ao campo específico da engenharia mecânica, também influenciam e são influenciadas pelo projeto da rodovia e suas interseções, embora de forma menos conhecida e determinação mais difícil. Portanto, para fins de projeto é necessário examinar todos os tipos de veículos, selecionando-os em classes e estabelecendo a representatividade dos tamanhos dos veículos dentro de cada classe. A grande variedade de veículos existentes conduz à escolha, para fins práticos, de tipos representativos, que em dimensões e limitações de manobra, excedam a maioria dos de sua classe. A estes veículos é dada a designação de veículos de projeto, os quais são definidos como veículos cujo peso, dimensões e características de operação servirão de base para estabelecer os controles do projeto de rodovias e suas interseções (DNIT, 2005, p. 73).

DNER (1999), diz que existem quatro grupos básicos de veículos de projeto, a serem adotados em cada caso conforme as características predominantes do tráfego.

Os veículos de passeio (VP), que são os veículos de passeio leves, física e operacionalmente assimiláveis ao automóvel. Os caminhões e ônibus (CO), veículos comerciais

rígidos, compostos de unidade tratora simples. Os semirreboques (SR), que são veículos comerciais articulados. E por fim, os ônibus de longo percurso e caminhões longos (O), que representa veículos comerciais rígidos de maiores dimensões, como consta no quadro abaixo.

Quadro 3: Dimensões básicas dos veículos de projeto em metros

CARACTERÍSTICAS DO VEÍCULO	VEÍCULO DE PROJETO			
	VP	CO	O	SR
Largura total	2,1	2,6	2,6	2,6
Carregamento total	5,8	9,1	12,2	16,8
Raio mínimo da roda externa dianteira	7,3	12,8	12,8	13,7
Raio mínimo da roda interna traseira	4,7	8,7	7,1	6,0

Fonte: Manual de projeto geométrico de rodovias rurais (DNER, 1999, p. 47)

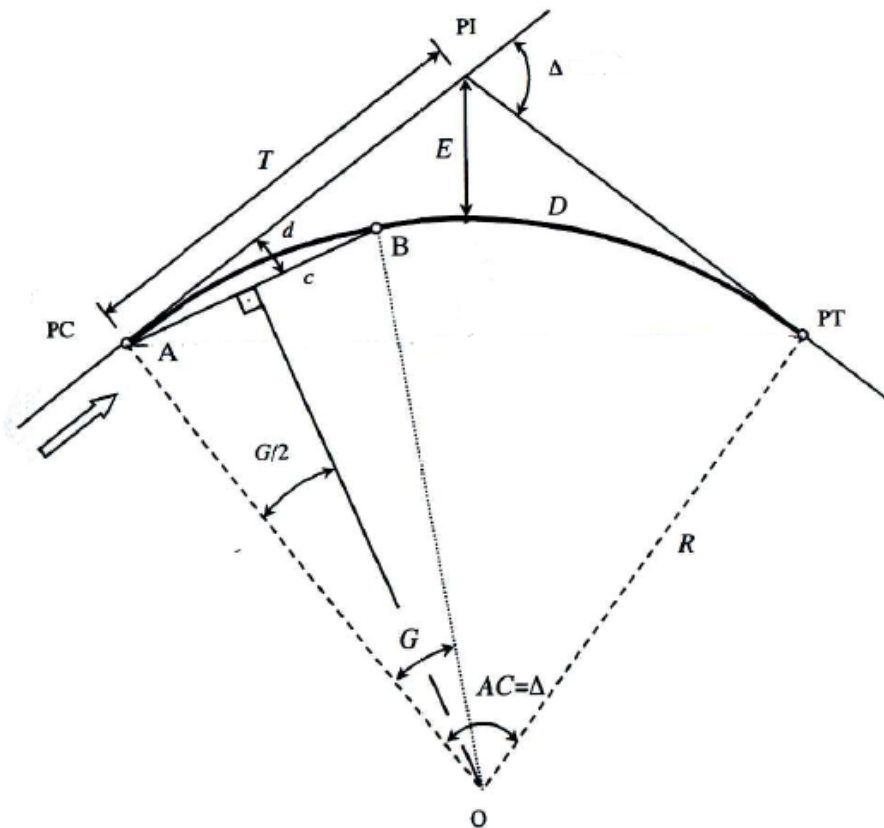
2.5 PROJETO PLANIMÉTRICO

2.5.1 Curvas Horizontais

2.5.1.1 Curvas horizontais circulares

As curvas circulares são os elementos de cálculo que permitem efetuar a concordância entre alinhamentos retos consecutivos, quando combinam duas tangentes com um arco de círculo.

Figura 4: Elementos de uma curva horizontal circular simples



Fonte: Estradas de rodagem - Projeto geométrico (Pontes Filho, 1998, p. 73).

Onde,

PC – Ponto de curva;

O – Centro da curva;

PT – Ponto de tangente;

E – Afastamento;

PI – Ponto de interseção das tangentes;

G – Grau da curva;

D – Desenvolvimento de curva;

c – Corda;

Δ – Ângulo de deflexão;

d – Deflexão sobre a tangente.

AC – Ângulo central da curva;

R – Raio da curva circular;

O ponto de início da curva circular denomina-se PC, que pode ser à direita (PCD) ou à esquerda (PCE). A outra extremidade recebe o nome PT.

Para o DNIT (2010), sempre que a morfologia do terreno natural permita, as curvas circulares devem apresentar os maiores valores de raios possíveis, com o intuito de facilitar a visibilidade e a percepção do traçado ao condutor. A tangente longa deve ser evitada por constituir-se em um elemento estranho ao projeto, em razão da sua rigidez geométrica, de pouca

adaptabilidade às diversas formas da paisagem, e monótona, já que é inteiramente previsível, e perigosa por oferecer extensão estática que convida ao excesso de velocidade.

Para Alexandre (2018), se faz necessário minimizar os custos, coordenar a planta com o perfil longitudinal ou até mesmo realizar uma integração da curva na paisagem. Alexandre (2018), afirma que nestes casos, devem adotar-se valores menores, de raios. No entanto, existem valores mínimos a levar em conta nas curvas circulares.

Os veículos que percorrem uma curva estão sujeitos a uma aceleração centrífuga, com direção horizontal, gerando uma força centrífuga no sentido do extradorso da curva. Para obter o valor da força centrífuga exercida, utiliza-se a equação 2.2.

$$F_c = \frac{P}{g} \times \frac{V^2}{R} \quad (2.2)$$

Onde,

F_c - Força centrífuga (N);

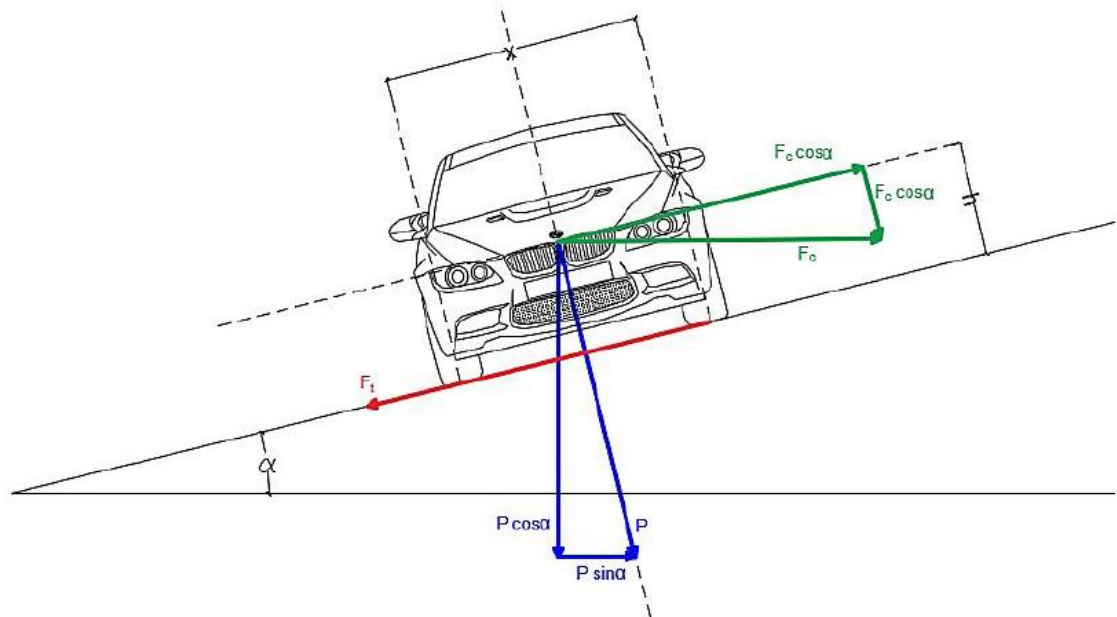
P – Peso do veículo (N);

g – Aceleração da gravidade (m/s²);

$\frac{V^2}{R}$ – Aceleração centrífuga (m/s²).

Essa equação representa as forças que atuam em um veículo quando este circula em uma curva à esquerda.

Figura 5: Equilíbrio de forças a atuar no veículo em uma curva



Fonte: Alexandre (2018, p. 41)

Para Alexandre (2018), existe uma força centrífuga que desvia o veículo para o extradorso da curva, fazendo com que ocorra o deslizamento. Para contrariar essa força, o atrito entre os pneus e o pavimento e um componente de peso, originam uma força tangencial, como exemplifica ele, na figura 5.

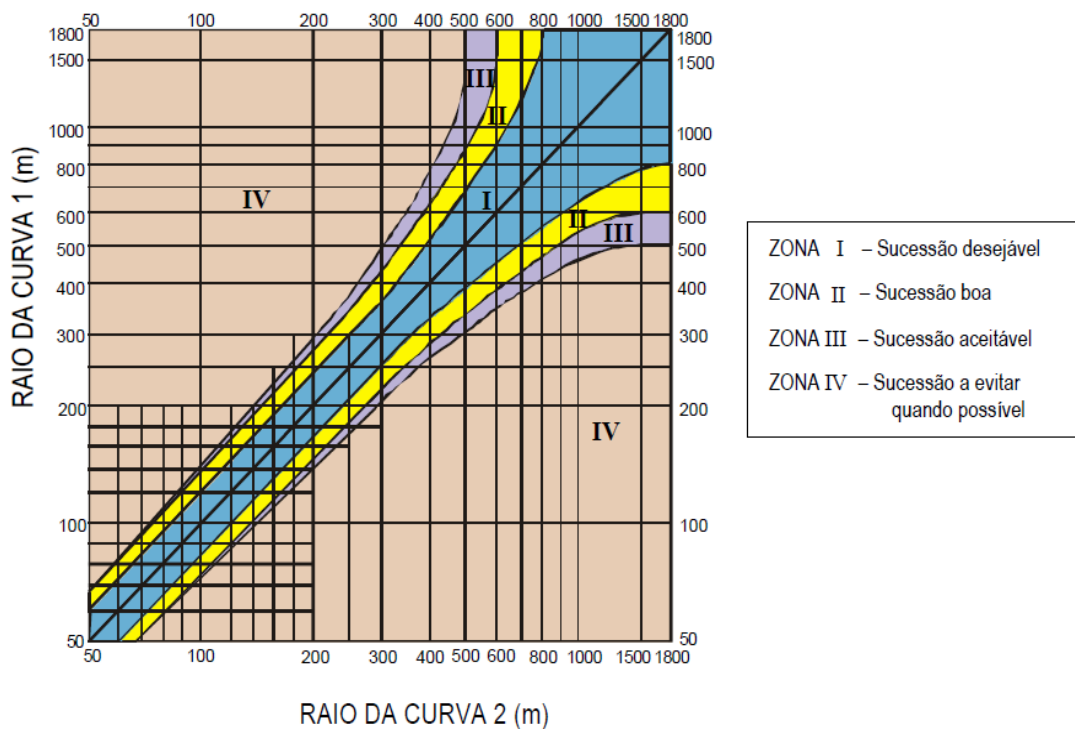
2.5.1.2 Raio

De acordo com Pontes Filho (1998), esse é um elemento geométrico que é empregado na concordância, expresso em metros. É um elemento selecionado por ocasião do projeto, de acordo com as características técnicas da rodovia e a topografia da região. A escolha do valor do raio (R), pode ser feita por meio de gabaritos, que representam, na escala da planta, trechos de curvas circulares de diversos raios, de valores convenientemente escalonados.

Segundo o DNER (1999), o raio mínimo das curvas circulares é definido para cada uma das classes de rodovia. Esse valor decorre dos valores da velocidade diretriz e da superelevação máxima definidos pela norma para cada classe.

Os raios de curvas consecutivas não devem sofrer grandes variações, devendo a passagem de zonas de raios grandes para zonas de raios pequenos ser feita de forma gradativa. A relação entre os raios de curvas consecutivas deve ser estabelecida de acordo com os critérios expressos no gráfico da figura 6.

Figura 6: Critérios para escolha de raios de curvas sucessivas



Fonte: Manual de projeto geométrico de rodovias rurais (DNER, 1999, p. 66).

Pontes Filho (1998), diz que nas unidades usuais, ou seja, R em metros, velocidade em km/h e $g = 9,8 \text{ m/s}^2$, a equação utilizada para encontrar o R é uma fórmula que exprime a relação geral entre valores quaisquer de raio da curva, superelevação, velocidade e o correspondente coeficiente de atrito transversal.

Adotando-se simultaneamente os valores máximos admissíveis para a superelevação e para o coeficiente de atrito transversal, pode-se calcular o valor do raio mínimo admissível, para uma dada velocidade.

$$R = \frac{V^2}{127 \times (e + f)} \quad (2.3)$$

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127 \times (e_{\max} + f_{\max})} \quad (2.4)$$

Onde,

R – Raio de curvatura horizontal;

V – Velocidade diretriz, em km/h;

f – Coeficiente de atrito transversal pneu/pavimento;

e – Superelevação em m;

R_{\min} – Raio mínimo de curvatura horizontal, em m;

f_{\max} – Máximo coeficiente de atrito transversal pneu/pavimento;

$e_{\text{máx}}$ – Máxima superelevação em m;

Pontes Filho (1998), afirma ainda que quando um veículo percorre uma curva horizontal circular, o máximo valor do atrito transversal (ou lateral) é o valor do atrito desenvolvido entre o pneu e a superfície do pavimento na iminência do escorregamento, esses valores máximos admissíveis geralmente adotados em projetos rodoviários de atrito podem ser verificados através do quadro 4.

Quadro 4: Valores máximos admissíveis de coeficientes de atrito transversal

Velocidade diretriz (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Coeficiente de atrito transversal $f_{\text{máx}}$	0,2	0,18	0,16	0,15	0,15	0,14	0,14	0,13	0,12	0,11

Fonte: Manual de projeto geométrico de rodovias rurais (DNER, 1999, p. 71).

2.5.1.3 Tangentes

Para Pontes Filho (1998), tangentes de uma curva são os segmentos de reta que unem PC e PT ao PI. Para fins de cálculo da tangente de uma curva, utiliza-se a equação 2.5.

O DNER (1999), diz que a tangente é esteticamente justificada em regiões muito planas ou em vales, onde se encaixa na paisagem natural, em travessias urbanas, onde o padrão geométrico envolvente for retilíneo ou quando intencionalmente dirigida a algum motivo paisagístico que queira incorporar ao campo visual do motorista.

$$T = R \times \tan \frac{AC}{2} \quad (2.5)$$

Onde,

T - Tangente;

R – Raio da curva circular;

AC – Ângulo central.

O DNER (1999), afirma ainda que os trechos excessivamente longos em tangente, são indesejáveis em rodovias, o traçado deverá ser uma sequência de poucas curvas de raios amplos do que de longas tangentes com várias curvas de pequeno desenvolvimento circular, reduzindo assim a sensação de monotonia para o motorista, esquematizadas assim nas figuras 7 e 8.

Figura 7: Tangentes longas, concordadas com curvas de raio pequeno

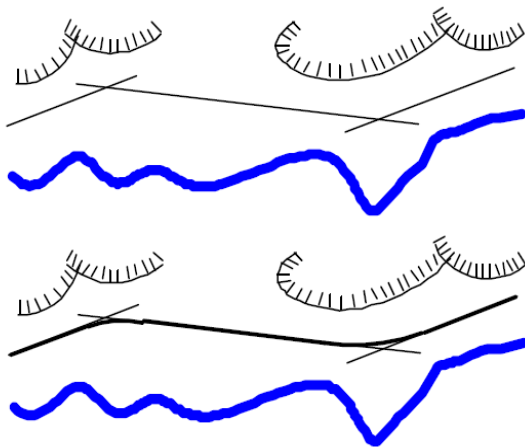
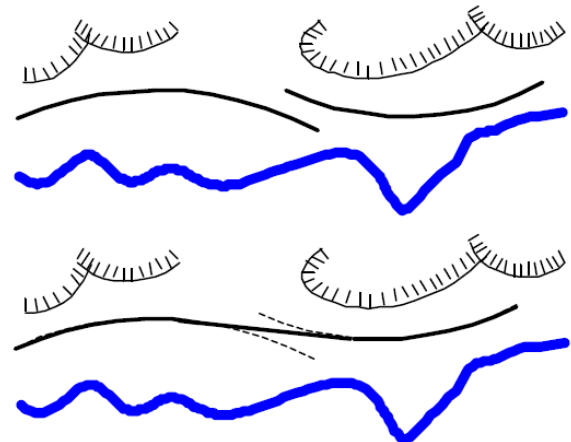


Figura 8: Curvas de raio longo concordadas com tangentes curtas



Fonte: Manual de projeto geométrico de rodovias rurais (DNER, 1999, p. 64).

2.5.1.4 Desenvolvimento

Para Pontes Filho (1998), diz que D é o comprimento do arco de círculo, desde PC até o PT.

Para obter o valor do desenvolvimento utiliza-se a equação 2.6.

$$D = \frac{\pi \times R \times \Delta}{180^\circ} \quad (2.6)$$

2.5.1.5 Locação de curvas circulares

Lee (2000), diz que a locação do eixo é o processo de materialização de pontos do eixo no terreno, consiste basicamente na medida de ângulos e de distâncias ao longo de alinhamentos retos. Dentre os processos usuais para essa finalidade pratica-se, no meio rodoviário brasileiro, o denominado processo de locação por deflexões acumuladas, que consiste basicamente, no posicionamento de pontos da curva a partir das medidas dos ângulos de deflexão em relação à tangente à curva onde está instalado o teodolito, e das respectivas distâncias, medidas ao longo da curva, desde o teodolito até os pontos em questão.

Portanto são necessárias algumas equações para chegar aos resultados.

- As estacas dos pontos PC e PT são determinadas pelas equações abaixo:

$$E(PC) = E(PI) - (T) \quad (2.7)$$

$$E(PT) = E(PC) - (D) \quad (2.8)$$

- Grau de uma curva (G_{20}), é uma forma alternativa de definir a geometria de uma curva circular, é indicado que o G_{20} seja múltiplo de 40° para facilitar a locação.

$$G_{20} = \frac{1145,92}{R} \quad (2.9)$$

- Deflexões sucessivas (ds_1), corresponde a cada estaca isoladamente, é o ângulo que a visada a cada estaca forma com a tangente ou com a visada anterior.

$$ds_1 = (20 - a) \times \frac{G}{2c} \quad (2.10)$$

$$ds = d = \frac{G}{2} \quad (2.11)$$

$$ds_{PT} = b \times \frac{G}{2} \quad (2.12)$$

2.5.1.6 Curvas horizontais de transição

Pontes Filho (1998), diz que para assegurar o conforto e a segurança nas curvas a reduzir os incômodos da variação brusca da aceleração centrífuga, intercala-se entre a tangente e a curva circular uma curva de transição, na qual o raio da curvatura passe gradativamente do valor infinito ao valor do raio da curva circular.

A curva de transição proporciona a variação gradual do raio de curvatura entre o alinhamento reto e a curva circular. A sua implementação na diretriz do traçado permite uma variação uniforme da aceleração centrífuga, assegura um maior nível de segurança e comodidade permitindo, ainda, os disfarces adequados da sobrelevação e sobrelargura, de maneira a fornecer aos condutores uma comodidade ótica que torna possível a percepção antecipada do traçado. ALEXANDRE (2018, p. 27).

O DNER (1999), recomenda o critério associado à velocidade de projeto resumido pelos valores do quadro 5.

Quadro 5: Valores dos raios acima dos quais podem ser dispensadas curvas de transição

V (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100
R (m)	170	300	500	700	950	1200	1550	1900

Fonte: Manual de projeto geométrico de rodovias rurais (DNER, 1999, p. 105).

A curva de transição para Pontes Filho (1998), exerce basicamente três funções:

- Proporcionar um crescimento gradual da aceleração centrífuga que surge na passagem de um trecho reto para um trecho curvo;
- Adequar a extensão para efetuar o giro da pista até a posição superelevada da curva;

- Comprimento máximo:

$$L_{s\text{ máx}} = \frac{\pi \times \Delta \times R}{180^\circ} \quad (2.14)$$

- Ângulo de transição (em radianos):

$$\theta_s = \frac{L_s}{2 \times R_c} \quad (2.15)$$

- Abscissa dos pontos SC e CS:

$$X_s = L_s \times \left(1 - \frac{\theta_s^2}{10} + \frac{\theta_s^4}{216}\right) \quad (2.16)$$

- Ordenada dos pontos SC e CS:

$$Y_s = L_s \times \left(\frac{\theta_s}{3} - \frac{\theta_s^3}{42}\right) \quad (2.17)$$

- Abscissa do ponto O':

$$K = X_s - R_c \times \text{sen } \theta_s \quad (2.18)$$

- Afastamento da curva circular:

$$p = Y_s - R_c \times (1 - \cos \theta_s) \quad (2.19)$$

- Ângulo central do trecho circular:

$$\Phi = \frac{\pi}{180^\circ} \times AC - 2 \times \theta_s \quad (2.20)$$

- Tangente total:

$$TT = k + (R_c + p) \times \left(\frac{\Delta}{2}\right) \quad (2.21)$$

- Distância do PI à curva circular:

$$E = \frac{R_c + p}{\left(\frac{\Delta}{2}\right)} - R_c \quad (2.22)$$

- Desenvolvimento da curva de transição:

$$D = \phi \times R_c \quad (2.23)$$

2.5.1.7 Locação de curvas de transição

Para Pontes Filho (1998), as curvas de transição podem ser locadas pelo método das ordenadas sobre a tangente com o uso dos valores calculados para X e Y.

As estacas dos pontos TS, SC, CS E ST são determinadas pelas equações abaixo:

$$TS = PI - TT \quad (2.24)$$

$$SC = TS + LS \quad (2.25)$$

$$CS = SC + D \quad (2.26)$$

$$ST = CS + LS \quad (2.27)$$

Sendo assim, as equações utilizadas para esse método, são:

$$\theta = \frac{L^2}{2 \times R \times L_s} \quad (2.28)$$

$$X = L \times \left(1 - \frac{\theta^2}{10} + \frac{\theta^4}{216}\right) \quad (2.29)$$

$$Y = L \times \left(\frac{\theta}{3} + \frac{\theta^3}{42}\right) \quad (2.30)$$

2.5.2 Superelevação

O DNIT (2010), define superelevação como declividade transversal da pista em um único sentido, nos trechos em curva horizontal, com caimento orientado para o centro da curva, com o objetivo de contrabalançar a atuação da aceleração centrífuga.

Corresponde ao valor da tangente do ângulo formado pela reta de maior declive da seção com o plano horizontal, usualmente é expressa em porcentagem.

Para cada velocidade diretriz considerada existe um valor de raio para o qual a aceleração centrífuga é tão pequena que pode ser desprezada, tratando-se o trecho como se fosse em tangente, seja porque o valor teoricamente seria muito pequeno, seja por questões de aparência ou por implicarem desnecessariamente em mudança do sentido da declividade transversal da pista. (DNIT, 2010, p.241)

Curvas com raios acima dos indicados no quadro 6 não necessitam de superelevação.

Quadro 6: Valores de R acima dos quais a superelevação é dispensável

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

Fonte: Manual de projetos geométrico de travessias urbanas (DNIT, 2010, p. 241).

A taxa mínima de superelevação aplicável é determinada, atendendo às necessidades de drenagem. Os valores mínimos aceitos pelo DNIT (2010), variam entre 1,5% e 2,5%. Normalmente, adota-se o valor de 2% como o mínimo recomendável para pavimentos de alta qualidade, sem meios-fios.

A maior taxa de superelevação admitida para fins de projeto de rodovias no Brasil é de 12%, devendo seu emprego ser limitado a casos de melhorias de rodovias existentes ou de correção de problemas existentes que não permitam o aumento dos raios de curvatura.

Quadro 7: Raios mínimos admitidos de curvas para projetos

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

Fonte: Manual de projeto geométrico de rodovias rurais (DNER, 1999, p. 71).

Portanto Pontes Filho (1998), afirma que para cada velocidade, o raio, a superelevação, bem como o coeficiente de atrito transversal, constituem um conjunto de valores obtidos através das equações representadas abaixo.

$$e + f = \frac{V^2}{127 \times R} \quad (2.31)$$

O DNER (1999), adota para raios acima dos mínimos a seguinte equação, para chegar ao valor da superelevação:

$$e = e_{máx} \times \left(\frac{2R_{mín}}{R} - \frac{R_{mín}^2}{R^2} \right) \quad (2.32)$$

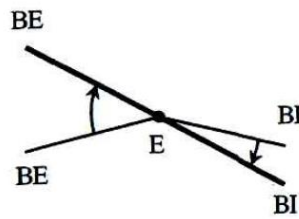
2.5.2.1 Distribuição da superelevação

Pontes Filho (1998), define como sendo o processo de variação da seção transversal da estrada entre a seção normal e a seção superelevada, esse processo de variação deve ser feito de modo a evitar variações bruscas dos perfis das bordas da pista.

Dentre os processos mais utilizados para a distribuição da superelevação baseados na posição do centro de giro do pavimento o mais utilizado é o giro em torno do eixo da pista, pois acarreta menores alterações das cotas do pavimento em relação.

Giro em torno do eixo da pista é mais utilizado pois acarreta menores alterações das cotas do pavimento em relação ao perfil de referência resultando assim, em uma distorção menor do pavimento, como representado na figura 10.

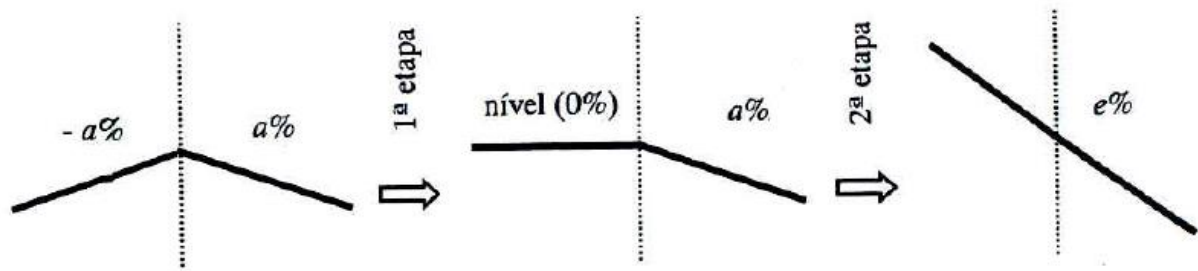
Figura 10: Processo de obtenção da superelevação – giro em torno do eixo da pista



Fonte: Estradas de rodagem - Projeto geométrico (Pontes Filho, 1998, p. 183).

Pontes Filho (1998), diz que o giro do pavimento para a obtenção da superelevação é feito de forma que tanto as bordas como o eixo tenham variação linear, e divide o processo de distribuição da superelevação em duas etapas, sendo elas a eliminação da superelevação negativa e a obtenção da superelevação do trecho circular, como demonstra a figura 11.

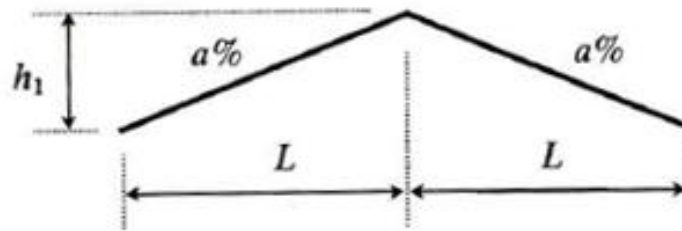
Figura 11: Seções transversais de uma estrada



Fonte: Estradas de rodagem - Projeto geométrico (Pontes Filho, 1998, p. 184).

No caso comum quando o trecho circular é sucedido por curvas de transição, a variação da superelevação (2ª etapa) deverá ser feita dentro da curva de transição. Neste caso, o L_s define o comprimento do trecho de variação da superelevação (L_e). Para a 1ª etapa, o comprimento L_1 é definido em função da inclinação α_1 .

Figura 12: Diagrama de superelevação

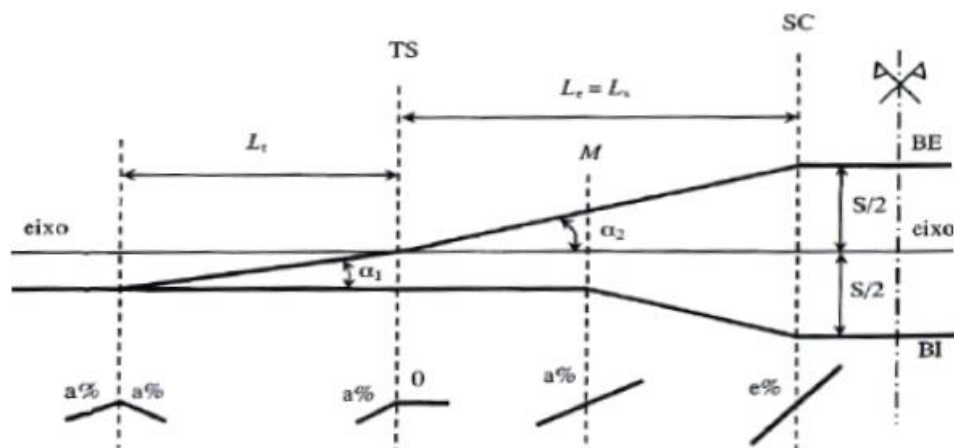


Fonte: Estradas de rodagem - Projeto geométrico (Pontes Filho, 1998, p. 190).

Para encontrar a altura da superelevação, utiliza-se a equação a seguir:

$$h_1 = \frac{L \times \alpha}{100} \quad (2.33)$$

Figura 13: Elementos que compõe o giro em torno do eixo



Fonte: Estradas de rodagem - Projeto geométrico (Pontes Filho, 1998, p. 190).

As equações para se chegar aos resultados dos elementos representados na figura 13, encontram-se abaixo:

$$\frac{S}{2} = \frac{L \times e}{100} \quad (2.34)$$

$$L_t = \frac{100 \times h_1}{d_1} \quad (2.35)$$

$$L_{e1} = \frac{100 \times h_1}{d_2} \quad (2.36)$$

$$L_{e2} = \frac{100 \times (S - 2h_1)}{2 \times \alpha_2} \quad (2.37)$$

$$L_e = L_{e1} + L_{e2} \quad (2.38)$$

2.6 PROJETO ALTIMÉTRICO

2.6.1 Greides

De acordo com Pantoja (1997), o greide é um perfil vertical longitudinal, composto por trechos retos concordados por curvas verticais. É obtido a partir de estudos dos projetos em planta do eixo da estrada projetada. Sua representação gráfica em escala específica fornece as cotas do terreno natural e do eixo da estrada.

Pontes Filho (1998) define greide de uma estrada como o conjunto das alturas a que deve obedecer ao perfil longitudinal da estrada quando concluída. Diz ainda que os greides devem ser classificados como retos e curvos. São retos quando possuem uma inclinação constante em um determinado trecho e curvos quando se utiliza uma curva de concordância para concordar os greides retos.

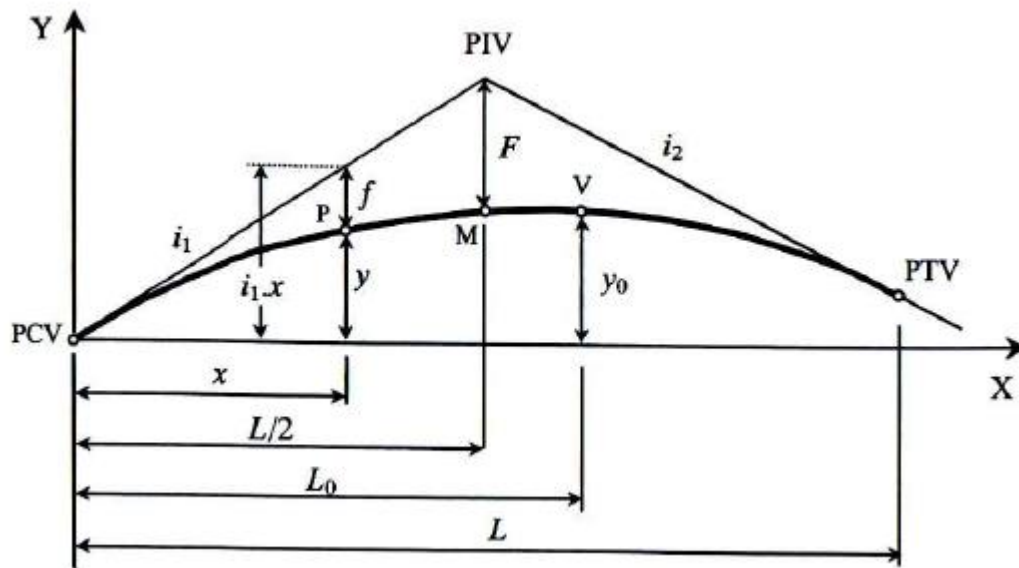
2.6.2 Curvas Verticais

Pimenta e Oliveira (2004), classificam como objetivos das curvas verticais, a concordância de rampas projetadas, elas devem ser escolhidas de forma a atender às condições de segurança, boa aparência, visibilidade e permitir a drenagem adequada da estrada.

As curvas utilizadas para concordância vertical podem ser circunferências ou parábolas. A parábola mais utilizada é a simples de eixo vertical, pois proporciona boa aparência à curva e boa concordância entre as tangentes e possibilita fácil cálculo das cotas.

O comprimento de uma curva vertical (L_v) é escolhido em função de uma análise cuidadosa dos diversos fatores condicionantes do projeto, com o objetivo de obter um greide econômico com características técnicas satisfatórias.

Figura 14: Esquema de cálculo das cotas e flechas da parábola



Fonte: Estradas de rodagem - Projeto geométrico (Pontes Filho, 1998, p. 215).

Para o cálculo das cotas e flechas da parábola simples Pontes Filho (1998), determina as equações abaixo.

$$L = g \times R \quad (2.39)$$

$$f_{\text{máx}} = \frac{g \times L}{8} \quad (2.40)$$

$$f = \frac{g}{2L} \times x^2 \quad (2.41)$$

Onde,

f – Flecha da parábola;

g - Diferença algébrica das rampas;

L – Comprimento da curva vertical;

x – Distância horizontal do ponto de cálculo da flecha ao ponto de curva vertical (PCV).

Para fins de cálculo do ponto de ordenada máxima ou mínima utiliza-se:

$$L_0 = \frac{i_1 \times L}{g} \quad (2.42)$$

$$Y_0 = \frac{i_1^2 \times L}{2g} \quad (2.43)$$

Onde,

L_0 – Abcissa do vértice V em relação ao PCV;

Y_0 - Ordenada do vértice V em relação ao PCV.

Para encontrar as estacas e a cota no vértice V, utiliza-se as seguintes equações:

$$E(V) = E(PCV) + L_0 \quad (2.44)$$

$$Cota V = Cota PCV + Y_0 \quad (2.45)$$

2.6.2.1 Curvas verticais convexas

Alexandre (2018), diz que as curvas convexas apresentam um critério de dimensionamento que limita o seu raio e o respectivo desenvolvimento devido à necessidade de assegurar uma distância de visibilidade adequada, para garantir a segurança na circulação da estrada.

Pontes Filho (1998), recomenda que o critério que requer que um motorista com seu campo de visão situado a uma altura de 1,10 m acima do plano da pista enxergue um obstáculo situado sobre a pista com uma altura de 0,15 m.

O comprimento mínimo de curvas convexas é analisado em dois casos:

- Caso 1: Quando a distância de visibilidade (S) é menor ou igual ao comprimento da curva (L), ou seja, $L \geq S$.

$$DP = 0,7 \times V + \frac{V^2}{255 (f_{\text{máx}} - i)} \quad (2.46)$$

$$A = g = i_1 - i_2 \quad (2.47)$$

$$L_{\text{mín}} = \frac{Dp^2}{412} \times A \quad (2.48)$$

Onde,

$L_{\text{mín}}$ – Comprimento mínimo da curva vertical;

DP – Distância de parada;

i – Inclinação da pior situação;

A – Diferença algébrica das rampas.

- Caso 2: Quando a distância de visibilidade é maior que o comprimento da curva, ou seja, $S > L$.

$$L_{\text{mín}} = 2DP - \frac{412}{A} \quad (2.49)$$

2.6.2.2 Curvas verticais côncavas

Para Pimenta e Oliveira (2004) o comprimento mínimo de curvas côncavas deve ser determinado em função da visibilidade noturna (alcance dos faróis), das condições de conforto e da drenagem superficial. Afirma ainda que, quando um veículo percorre uma curva côncava

à noite, a extensão iluminada pelos faróis depende da altura destes em relação a pista e da abertura do fecho luminoso.

Para Pontes Filho (1998), o comprimento mínimo de curvas côncavas também é analisado em dois casos:

- Caso 1: Quando a distância de visibilidade (S) é menor ou igual ao comprimento da curva (L), ou seja, $L \geq S$.

$$DP = 0,7 \times V + \frac{V^2}{255 (f_{máx} + i)} \quad (2.50)$$

$$A = g = i_1 - i_2 \quad (2.51)$$

$$L_{mín} = \frac{Dp^2}{122+3,5DP} \times A \quad (2.52)$$

- Caso 2: Quando a distância de visibilidade é maior que o comprimento da curva, ou seja, $S > L$.

$$L_{mín} = 2DP - \frac{122 + 3,5DP}{A} \quad (2.53)$$

2.7 SAEPRO

O SAEPRO, é um sistema avançado para estudos e projetos viários. É um software desenvolvido pelas empresas Serviços Técnicos de Engenharia S.A. - STE, e Consultoria em Informática e Engenharia Ltda. - CIENGE, em parceria com a UFRGS.

Seu objetivo principal é disponibilizar um conjunto de ferramentas integradas para coordenação, estudos, projetos, construção, operação e análises de obras viárias, utilizando objetos paramétricos no conceito Building Information Modeling - BIM. Permite a concepção de obras viárias em múltiplas dimensões, gerando modelos em realidade virtual, desenvolvido no conceito de plataforma, oferece condições de inclusão de módulos específicos.

Tem como missão criar, desenvolver e aprimorar soluções técnicas de engenharia relacionadas a obras de infraestrutura viária, sua visão é ser referência de excelência em pesquisa, projeto e capacitação em obras de infraestrutura viária e informática, e seus valores são a simplicidade, eficiência, precisão, integração e modularidade.

A construção da plataforma SAEPRO surge do desenvolvimento de um sistema com conceito BIM para obras de infraestrutura, ou seja, da virtualização, modelagem e gerenciamento das atividades inerentes ao projeto/construção de obras de infraestrutura.

É utilizado por empresas de consultoria em projetos viários e por instituições acadêmicas nas disciplinas de graduação (SAEPRO, s.d).

Alguns dos projetos realizados com o auxílio da ferramenta SAEPRO, foi a BR-453 (RS-486 – Rota do Sol), a transposição do rio São Francisco (eixo leste), e a quarta faixa da BR-290 em Porto Alegre- RS e Gravataí- RS.

Figura 15: Projeto realizado com o auxílio do SAEPRO: Quarta Faixa da BR-290 (Porto Alegre a Gravataí)



Fonte: UFRGS - SAEPRO, 2020.

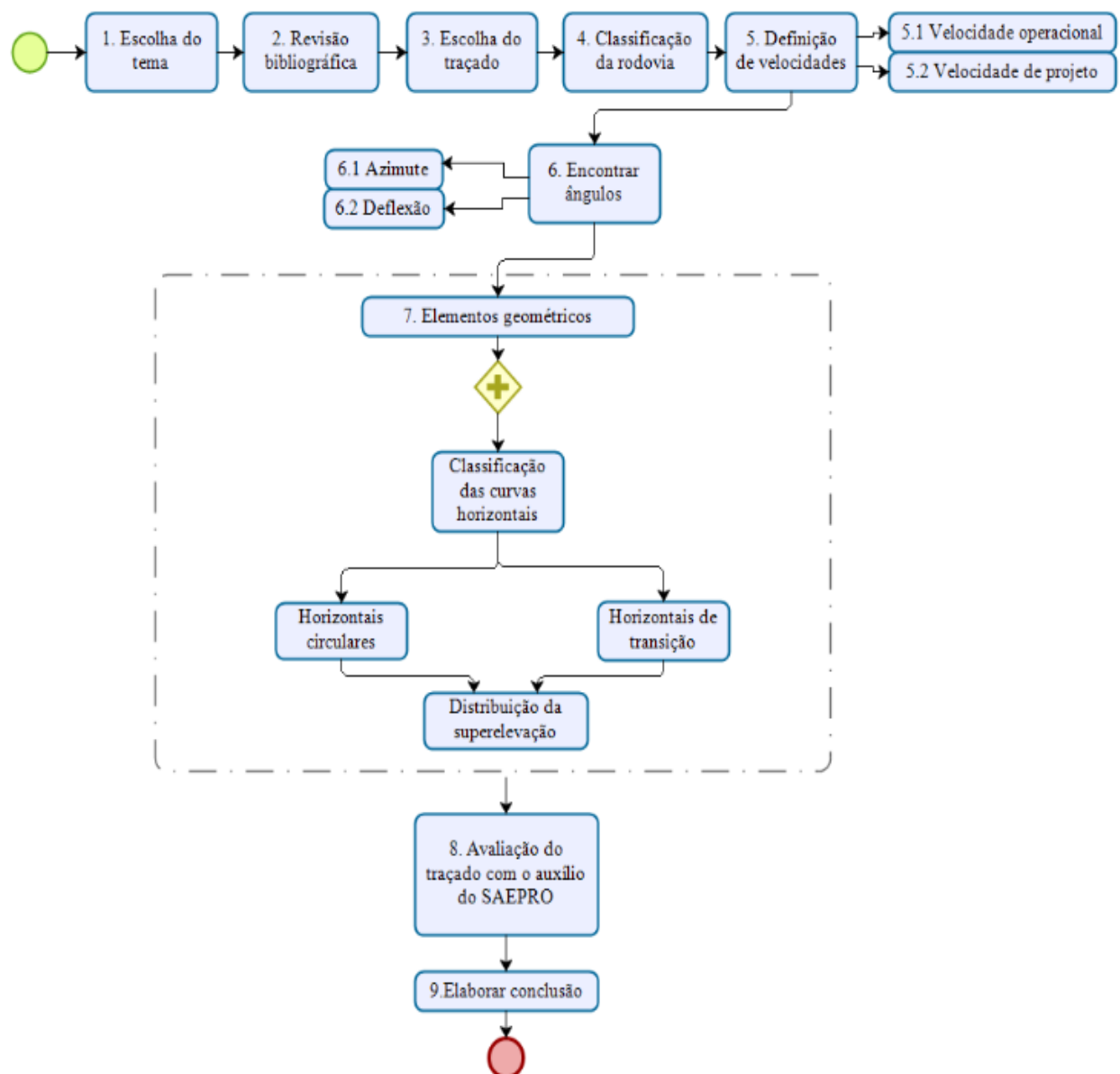
Para o auxílio em projetos acadêmicos o SAEPRO é bastante utilizado em um projeto que tem por nome Projeto Ponto de Partida tendo como o objetivo oferecer ao aluno de graduação da disciplina de rodovias um ambiente que o qualifique segundo as expectativas do mercado para com o profissional de engenharia.

3 METODOLOGIA

A metodologia científica nada mais é que o estudo dos métodos ou da forma, ou dos instrumentos necessários para a construção de uma pesquisa científica, ou seja, é uma disciplina e serviço da ciência. É onde será especificado o tipo de pesquisa que será empregada e as suas etapas a serem realizadas (BARUFFI, 2004).

O presente projeto é uma pesquisa aplicada, que segundo Silva e Meneses (2001), objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos a solução de problemas específicos e envolve verdades e interesses locais.

Figura 16: Fluxograma identificando as etapas do projeto



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

1) ESCOLHA DO TEMA

O fluxograma da figura 16 apresenta todas as etapas que foram realizadas ao longo do projeto, a etapa 1 foi a primeira a ser concluída para que o projeto fosse iniciado.

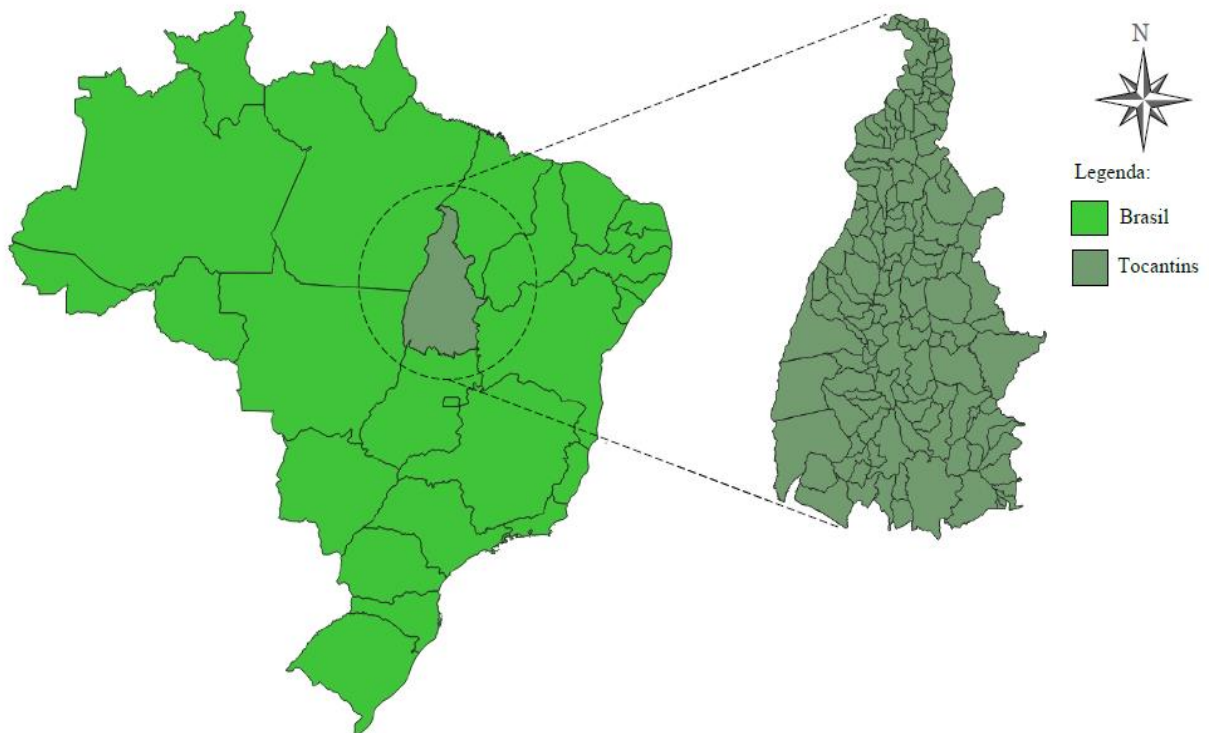
2) REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica foi construída inicialmente para obter embasamento e sustentação teórica para o pesquisador ao longo de todo projeto, referenciar autores e normativas referentes ao tema proposto e assim dar continuidade com o projeto.

3) ESCOLHA DO TRAÇADO

O traçado de estudo foi um traçado já existente que está localizado no estado do Tocantins. A coleta de informações relacionadas ao assunto é necessária para verificar os parâmetros que serviram para a análise da geometria da rodovia, foi necessário que esse traçado escolhido possuísse dados suficientes para serem avaliados.

Figura 17: Mapa de localização do estado do Tocantins



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

4) CLASSIFICAÇÃO DA RODOVIA

A classificação se deu pela análise de quatro fatores, e foi através dessa classificação que as rodovias foram identificadas pelos órgãos públicos e qual o órgão responsável por

determinada rodovia, essas identificações representam também o tipo da rodovia e a direção que ela vai seguir.

A rodovia escolhida foi classificada de acordo com critérios estabelecidos pelo DNIT que foram referenciados neste projeto por Pontes Filho (1998).

5) DEFINIÇÃO DE VELOCIDADES

Após a classificação da rodovia foi definido a velocidade de projeto e operacional, essa velocidade de projeto foi determinada através da classificação da rodovia quanto à classe e ao relevo do traçado, que se deu por meio do quadro 2.

Segundo Austroads (2015), a velocidade desejada ou esperada deve ser determinada nos estágios iniciais do projeto, ela deve corresponder ao ambiente da estrada para garantir a segurança de todos os usuários da estrada. A velocidade do projeto selecionado afetará praticamente todos os aspectos do projeto. Todos os esforços devem ser feitos para projetar o caminho para facilitar e incentivar implicitamente uma velocidade operacional consistente.

6) ENCONTRAR ÂNGULOS

Os ângulos de deflexão e azimute de cada curva existente, foram calculados através da equação abaixo, para que só então, fossem calculadas as características geométricas ao longo de todo o traçado.

$$Deflexão = Azimute_{n+1} - Azimute_n \quad (2.1)$$

7) ELEMENTOS GEOMÉTRICOS

Esta etapa do projeto compõe todo o cálculo dos elementos geométrico das curvas horizontais e verticais. Para iniciar é necessário encontrar a força centrífuga exercida sobre o veículo ao percorrer a curva, para obter esse resultado utiliza-se a equação 2.2.

$$F_c = \frac{P}{g} \times \frac{V^2}{R} \quad (2.2)$$

A partir daí calculou-se o raio de cada curva existente no trecho avaliado, sendo para o raio a equação 2.3 e para o raio mínimo a equação 2.4.

$$R = \frac{V^2}{127 \times (e + f)} \quad (2.3)$$

$$R_{mín} = \frac{V^2}{127 \times (e_{máx} + f_{máx})} \quad (2.4)$$

Foi necessário levar em consideração o critério para escolha de raios de curvas sucessivas exposto na figura 6.

Após encontrar os valores dos raios de cada curva do trecho foi necessário encontrar os segmentos de reta que unem os pontos existentes na curva e o comprimento do arco, esses valores se deram por meio das equações 2.5 e 2.6, respectivamente, encontrando assim a tangente e o desenvolvimento das curvas.

$$T = R \times \tan \frac{\Delta}{2} \quad (2.5)$$

$$D = \frac{\pi \times R \times \Delta}{180^\circ} \quad (2.6)$$

Após encontrar todos os elementos geométricos necessários para locar as curvas horizontais circulares, a locação se deu através das equações 2.7 a 2.12.

$$E(PC) = E(PI) - (T) \quad (2.7)$$

$$E(PT) = E(PC) - (D) \quad (2.8)$$

$$G_{20} = \frac{1145,92}{R} \quad (2.9)$$

$$ds_1 = (20 - a) \times \frac{G}{2c} \quad (2.10)$$

$$ds = d = \frac{G}{2} \quad (2.11)$$

$$ds_{pT} = b \times \frac{G}{2} \quad (2.12)$$

Para a verificação de trechos com curvas de transição, após encontrar o raio de todas as curvas, verificou-se o quadro 5 e identificou quais as curvas que precisariam de transição. Para as curvas que foram indispensáveis a transição encontrou-se todos os elementos geométricos existentes em uma curva com essa classificação. Encontrou-se os comprimentos mínimo e máximo através das equações 2.13 e 2.14.

$$L_{s \text{ mín}} = 0,036 \times \frac{V^3}{R_c} \quad (2.13)$$

$$L_{s \text{ máx}} = \frac{\pi \times \Delta \times R}{180^\circ} \quad (2.14)$$

O ângulo de transição foi encontrado em radianos através da equação 2.15

$$\theta_s = \frac{L_s}{2 \times R_c} \quad (2.15)$$

As abcissas e ordenadas da espiral-circular e circular-espiral foram encontradas através da equação 2.16 e 2.17.

$$X_s = L_s \times (1 - \frac{\theta_s^2}{10} + \frac{\theta_s^4}{216}) \quad (2.16)$$

$$Y_s = L_s \times (\frac{\theta_s}{3} - \frac{\theta_s^3}{42}) \quad (2.17)$$

A abscissa do centro do trecho circular afastado se deu por meio da equação 2.18.

$$K = X_s - R_c \times \text{sen } \theta_s \quad (2.18)$$

O afastamento da curva circular, o ângulo central do trecho circular, a tangente total, a distância do PI à curva circular, e o desenvolvimento da curva de transição foram encontrados através das equações 2.19 até 2.23.

$$p = Y_s - R_c \times (1 - \cos \theta_s) \quad (2.19)$$

$$\Phi = \frac{\pi}{180^\circ} \times AC - 2 \times \theta_s \quad (2.20)$$

$$TT = k + (R_c + p) \times (\frac{\Delta}{2}) \quad (2.21)$$

$$E = \frac{R_c + p}{(\frac{\Delta}{2})} - R_c \quad (2.22)$$

$$D = \phi \times R_c \quad (2.23)$$

Assim como na curva circular, a locação também é necessária na curva de transição e foram utilizadas as equações 2.24 a 2.30 para encontrar os valores necessários para locar cada curva de transição.

$$TS = PI - TT \quad (2.24)$$

$$SC = TS + LS \quad (2.25)$$

$$CS = SC + D \quad (2.26)$$

$$ST = CS + LS \quad (2.27)$$

$$\theta = \frac{L^2}{2 \times R \times L_s} \quad (2.28)$$

$$X = L \times (1 - \frac{\theta^2}{10} + \frac{\theta^4}{216}) \quad (2.29)$$

$$Y = L \times (\frac{\theta}{3} + \frac{\theta^3}{42}) \quad (2.30)$$

Para verificar se é necessária superelevação nas curvas existentes no trecho, o manual de projetos geométrico de travessias urbanas do DNIT de 2010 disponibiliza um quadro que está referenciado no quadro 6 com o critério necessário para verificar a necessidade ou não de superelevação, se necessária superelevação utilizou-se as equações 2.31 a 2.38.

$$e + f = \frac{V^2}{127 \times R} \quad (2.31)$$

$$e = e_{\max} \times \left(\frac{2R_{\min}}{R} - \frac{R_{\min}^2}{R^2} \right) \quad (2.32)$$

$$h_1 = \frac{L \times \alpha}{100} \quad (2.33)$$

$$\frac{S}{2} = \frac{L \times e}{100} \quad (2.34)$$

$$L_t = \frac{100 \times h_1}{d_1} \quad (2.35)$$

$$L_{e1} = \frac{100 \times h_1}{d_2} \quad (2.36)$$

$$L_{e2} = \frac{100 \times (S - 2h_1)}{2 \times \alpha_2} \quad (2.37)$$

$$L_e = L_{e1} + L_{e2} \quad (2.38)$$

8) AVALIAÇÃO DO TRAÇADO COM O AUXÍLIO DO SAEPRO

Esta etapa se iniciou com a solicitação do software SAEPRO via e-mail para a UFRGS, que é responsável pelo programa, com o envio de um requerimento ao coordenador do projeto SAEPRO, solicitando acesso ao software, e assinando um termo declarando que não será utilizado os projetos para fins comerciais e que não será repassado o software à terceiros, requerimento este que foi assinado pelo orientador deste projeto e pela coordenadora do curso de Engenharia Civil do CEULP/ULBRA.

A partir daí foi elaborado todo o projeto geométrico com o auxílio dos programas QGis 3.12©, Google Earth©, AutoCad© e Layout©.

9) ELABORAR CONCLUSÃO

Após a verificação dos resultados conclui-se todas as etapas, através da análise de todos os dados obtidos, o pesquisador concluiu o projeto atingindo todos os objetivos propostos no início deste projeto.

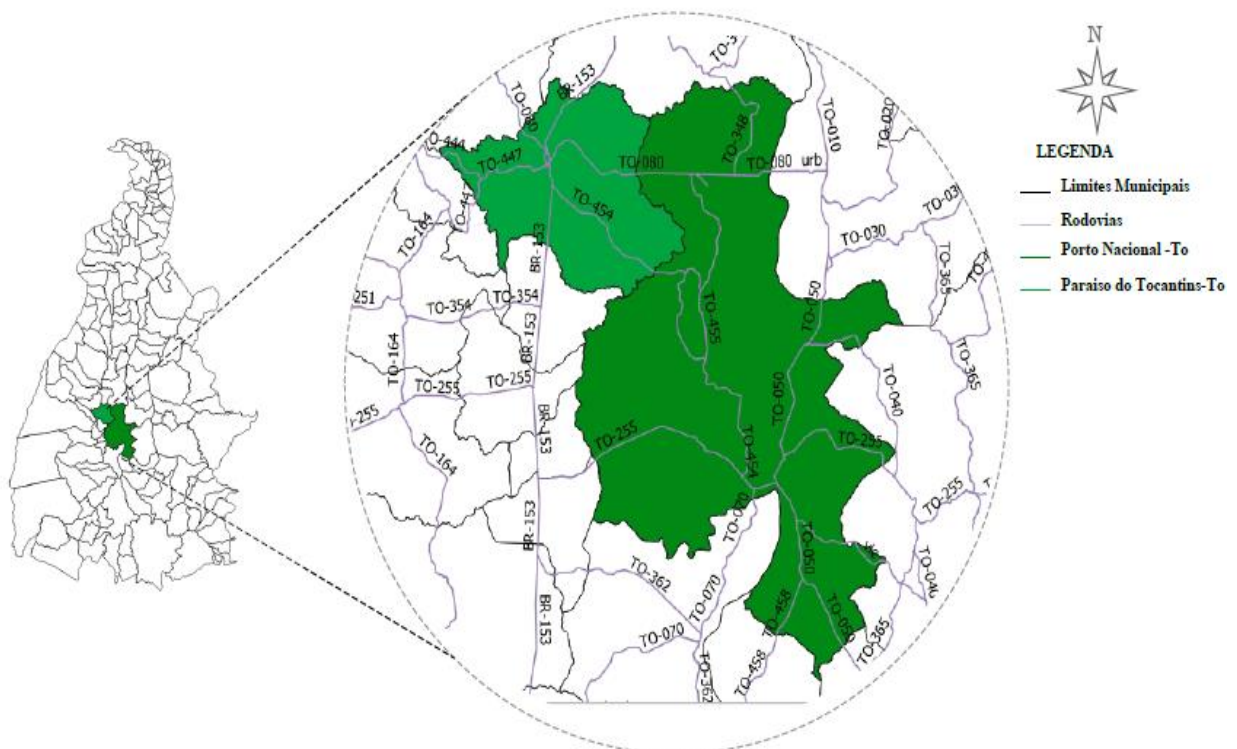
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nessa seção serão apresentadas as verificações feitas para atingir os objetivos propostos, assim como os resultados obtidos através da ferramenta computacional SAEPRO.

A rodovia que serviu como estudo para a verificação da eficiência da geometria foi a TO-454/455, trecho: entroncamento TO-080 (km22) / entroncamento TO-255 (Porto Nacional). com 71,42 km de extensão, no Estado do Tocantins.

A diretriz do trecho, tem seus limites entre os meridianos $48^{\circ}27'50''$ W e $48^{\circ}34'10''$ W e os paralelos $10^{\circ}11'25''$ S e $10^{\circ}43'30''$ S, estendendo-se, principalmente, na direção Norte/Sul, iniciando-se nas coordenadas Universal Transversa de Mercator - UTM 775.861,861 E e 8.813.369,437 N, Zona 22 L, no entroncamento com a TO-255, trecho Porto Nacional / BR-153, e terminando nas coordenadas UTM 767.080,597 E e 8.872.542,959 N, Zona 22 L, após 71.419,64 m, no entroncamento com a TO-080, trecho Palmas / Paraíso do Tocantins, nas proximidades do pátio da Ferrovia Norte – Sul.

Figura 18: Mapa de localização



Fonte: QGIS, 2020; elaborado pelo autor, 2020

A rodovia foi projetada pela CAMAMAR Engenharia Ltda, adjudicado pelo DERTINS, e executada pela CSN Engenharia, uma empresa que está no mercado desde 1996, atualmente é uma das maiores empresas do segmento que atua e pioneira no Tocantins.

Figura 19: Rodovia TO-454/455



Fonte: CSN Engenharia, sd; Google Earth, 2020; elaborado pelo autor, 2020

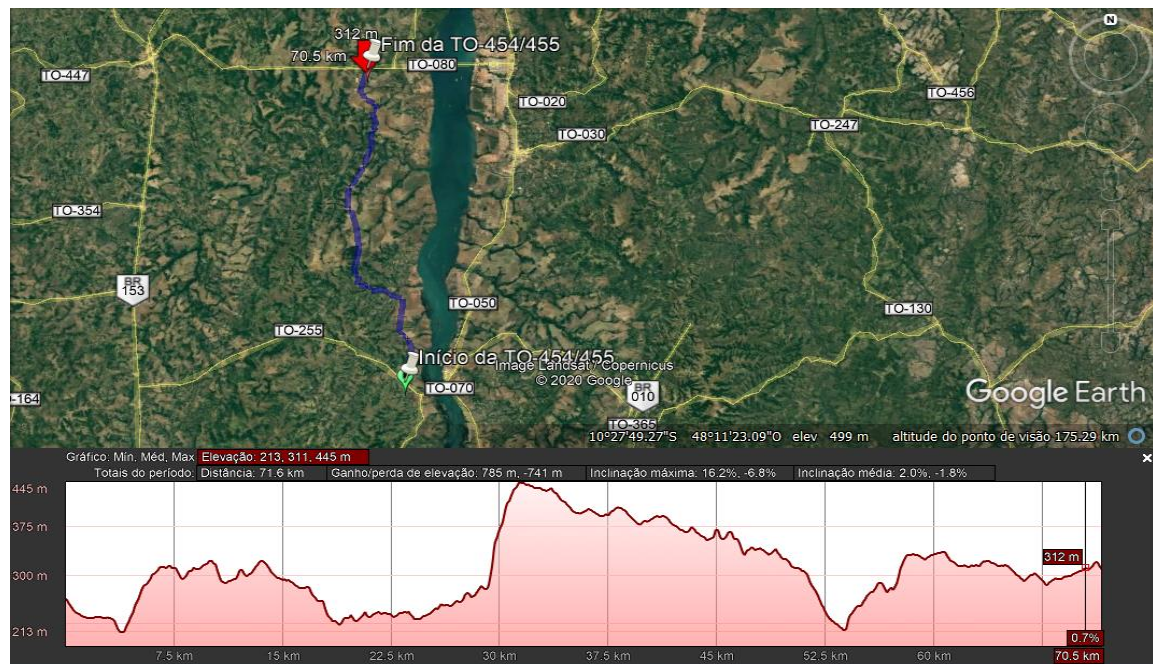
4.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS E OPERACIONAIS DO PROJETO

4.1.1 Classificação da Rodovia

Segundo o DNER (1999), “a classificação de rodovias por diferentes critérios tem-se revelado necessária para atender a enfoques e objetivos diversos de natureza técnica, administrativa e de interesse dos usuários das vias em geral”.

A rodovia classificada se enquadra como uma rodovia de ligação, no quesito posição geográfica, devido a ligação de pontos importantes como a TO 255 com a TO 080, seu sistema funcional é o local, pois sua função principal é a de oferecer oportunidades de acesso aos usuários que pretendem se deslocar, principalmente, de Porto Nacional à Paraíso, sendo ela uma rodovia municipal, de interesse de um município, e está classificada como classe III, de acordo com o relevo ondulado, e o volume diário médio (VMD) está entre 300 e 700 veículos por dia, sendo esse dado fornecido pela CAMAMAR através do projeto elaborado.

Figura 20: Perfil de elevação da TO 454/455



Fonte: Google Earth, 2020

Para obter as informações necessárias do relevo do trecho, foram observados dois fatores, primeiro a declividade como mostra na figura 20, onde a inclinação máxima ao longo da rodovia é de 16,2% e analisando o quadro 8, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, verificamos assim o relevo ondulado para este trecho em questão, e o segundo fator foi de acordo com a normativa do DNIT, que classifica o relevo em função da perda de rendimento que o veículo de carga tem em função das curvas verticais e horizontais ao longo do traçado, porém a demanda de curvas verticais e horizontais depende da rugosidade, portanto se o veículo trafega por um trecho que contenha bastantes dessas curvas, consequentemente ele tem uma taxa de perda de rendimento, isso implica dizer que a região que tenha um excesso de curvas é uma região bastante acidentada.

Quadro 8: Distribuição das classes de declividade

Declividade (%)	Relevo	Área (km²)	%
0-3	Plano	7,27	4,87
3-8	Suave-ondulado	10,3	6,9
8-20	Ondulado	24,72	16,56
20-45	Forte-ondulado	59,37	39,77
45-75	Montanhoso	31,54	21,13
>75	Forte-montanhoso	16,06	10,76
Total		149,27	100

Fonte: EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo, Rio de Janeiro (1979, 83p.)

4.1.2 Definição de Velocidades

Através da velocidade de projeto que foram obtidos a maioria dos elementos do projeto geométrico rodoviário, depois de classificar a rodovia, foi possível obter a velocidade diretriz do um projeto, levando em consideração o quadro 2, onde o DNER determina a velocidade diretriz de um projeto de acordo com a classe e relevo, obteve-se então uma velocidade diretriz de 60 km/h, o projeto atual do trecho admite uma velocidade diretriz de 100 km/h, o DNIT permite que isso ocorra desde que seja economicamente viável, e forneça segurança ao percorrer a superfície de rolamento em suas características normais de rugosidade em condições de conforto, mesmo com o pavimento molhado, e em situações sem interferência do tráfego, para evitar que o condutor do veículo quando em um terreno acidentado, uma tangente ocasional ou uma curva de raio elevado não adote velocidade maior que a permitida.

O DNIT ainda aconselha que essa velocidade seja superior para todos os elementos geométricos, porém levando em consideração que a velocidade diretriz é elevada, consequentemente as características geométricas também serão, podendo na maioria das vezes aumentar o custo de implantação.

A velocidade operacional está relacionada basicamente com uma aferição in loco da velocidade que os usuários estão percorrendo ao longo do trecho, sendo ela um dado adicional nesse projeto, observa-se o tempo de percurso dos usuários, a maior velocidade atingida pelo veículo ao longo do trecho, desde que seja menor que 100 km/h, nesse caso, dentre outros fatores relacionados a velocidade. Logo, todos os elementos são calculados efetivamente com a velocidade de projeto. Eventualmente após a execução e liberação do tráfego for verificado que a velocidade não está de acordo ou o fluxo da via estiver muito intenso ao ponto de o condutor não ter mobilidade, pode ser feito algum ajuste e levar em consideração a velocidade operacional.

4.1.3 Ângulos

Os ângulos encontrados foram os ângulos centrais e azimutes, nos quais o sistema já os encontra a partir das coordenadas inseridas. Não foram localizados ângulos centrais menores que $0^{\circ} 15'$, que é o mínimo admissível pela norma, o menor ângulo central de todo o traçado está na curva 51, onde consta um ângulo de $2^{\circ} 4' 9''$, como consta no ANEXO C.

4.1.4 Elementos geométricos

A força centrífuga varia de acordo com a velocidade, a velocidade determinada para este projeto foi de 100 km/h, sendo a determinação do DNIT para a determinação da força centrífuga, um coeficiente de atrito transversal de 0,13 de acordo com o quadro 4, levando em consideração pneus em bom estado, podendo esse valor ser inferior em casos de pneus lisos.

No projeto existente da TO 454/455 constam no total 67 curvas horizontais sendo 21 com ramo de transição, pois as curvas com raios maiores que 592 m foram dispensadas a transição, devido à velocidade ser 100 km/h, a velocidade diretriz determinada pelo projetista, para raios menores que 592 m, foi necessário curvas horizontais de transição, o SAEPRO identificou a mesma quantidade que consta no projeto existente, conforme consta no ANEXO A.

A classificação dessas curvas foi feita de acordo com a figura 21, se tratando de rodovia rural, as curvas horizontais de transição foram necessárias para que a trajetória ao longo do trecho fique mais natural para ser percorrida pelo usuário e sua aceleração aumente ou diminua de forma gradual à medida que entre ou saia da curva horizontal circular, e que evite a invasão das faixas próximas que tenham raios pequenos.

Figura 21: Valores dos raios acima dos quais podem ser dispensadas as curvas de transição

V (km/h)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
R (m)	24	54	95	148	213	290	379	480	592	716	852	1000

Fonte: AASHTO, A policy on geometric design of highways and streets, 2004, p. 13, apud DNER: Projeto geométrico, 2005, p. 13

O projeto existente indica que o raio mínimo de curva horizontal sem ramo de transição é equivalente a 600 m, porém levando em consideração o quadro 7 e a equação 2.4, onde o DNER determina para uma velocidade de 100 km/h e uma superelevação máxima de 8% o valor de 375 m, para curvas horizontais circulares, diante disto não foram identificadas curvas horizontais circulares com raio menor que o mínimo permitido pela norma.

As tangentes que o SAEPRO encontrou e as do projeto existente não houveram divergências em nenhum PI, utilizou-se a equação 2.5 para encontrar esses valores, levando em consideração ângulo central e raio de cada curva.

O desenvolvimento das curvas horizontais foi encontrado através da equação 2.6, e assim como as tangentes não foram encontradas divergências do relatório do programa para o projeto existente.

A locação do projeto foi feita a partir do eixo do piquete ser locada de 20 m em 20 m, sendo localizados todos os pontos PC e PT, em curvas horizontais circulares e em curvas horizontais dotadas de ramos de transição localizados TS, SC, CS e ST, como consta na planilha de coordenadas na aba de estaqueamento no anexo 2, nesta mesma planilha onde se lê TE, EC, CE e ET, lê-se TS, SC, CS e ST.

O comprimento de transição foi inserido no SAEPRO, de acordo com os já existentes no trecho, os demais elementos das curvas circulares, como θ_s , X_s , Y_s , p , Φ , TT , E , D , θ , X , Y , foram encontrados com o auxílio do Excel, como consta no apêndice B.

Para identificar a superelevação das curvas se fez necessário observar se há alguma curva com raio maior que 5000 m ao longo do traçado, de acordo com a velocidade de 100 km/h, conforme nos mostra o quadro 6, diante disto foi necessário superelevação ao longo de todo traçado, pois o maior raio existente está localizado na curva de número 51, que traz um raio de 1996,83 m.

O DNIT determina que a superelevação atenda a necessidade de drenagem, tendo como valor mínimo aceito entre 1,5% e 2,5%, mas usualmente adota-se 2,0% como o mínimo recomendado, levando em consideração pavimentos de alta qualidade, sem meio fios. Para a superelevação máxima é indicado 12%, mas somente em casos extremos, como por exemplo em casos de correção de situações perigosas, a taxa de superelevação máxima adotada ao longo do projeto foi de 8%, sendo esse o valor indicado pela norma para projetos de rodovias de padrão intermediário.

Após gerar o relatório de superelevação por curvas conforme ANEXO F no SAEPRO, observou-se que não há curvas com superelevação menor que a mínima e maior que a máxima permitida.

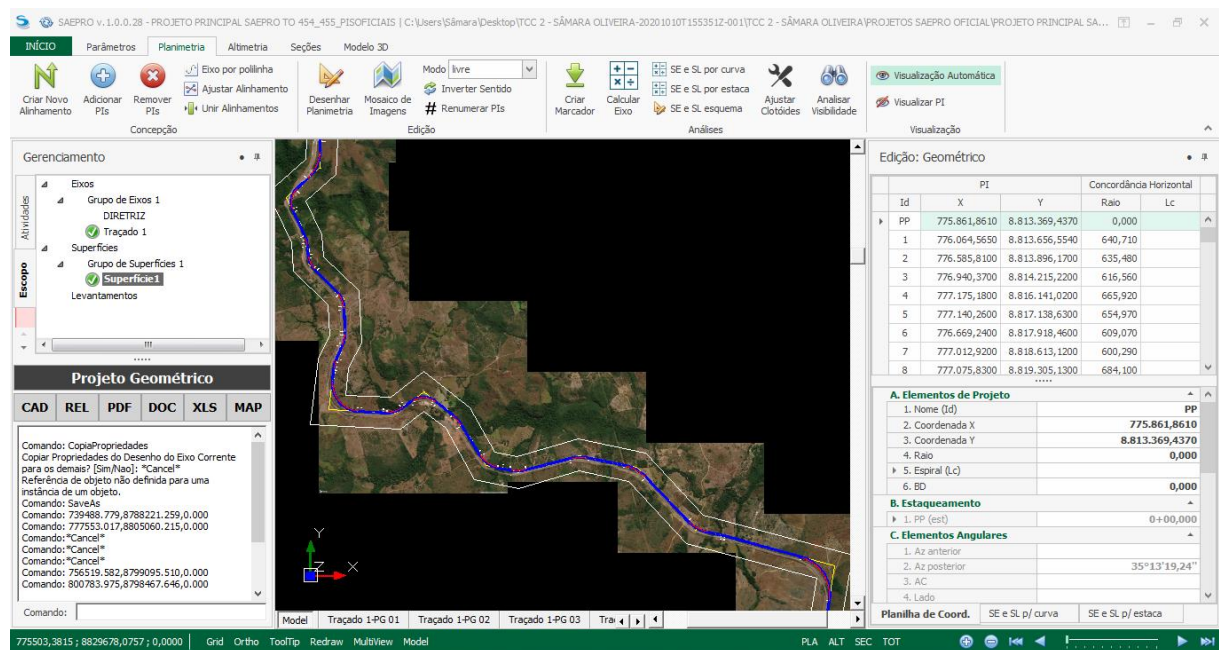
4.2 AVALIAÇÃO DO TRAÇADO COM O AUXÍLIO DO SAEPRO

Nesse tópico foi apresentado o programa SAEPRO, que após a liberação e autorização da UFRGS para o devido uso da ferramenta, iniciou-se a reprodução do traçado existente,

inserindo os dados de entrada referentes às características da via, as coordenadas UTM que constam em projeto com seus respectivos valores de raios.

Essas informações podem ser inseridas, quando o projeto já existe, que é o caso deste projeto, ou podem ser geradas pelo programa quando está se iniciando a elaboração de um.

Figura 22: Interface principal do programa SAEPRO



Fonte: SAEPRO, 2020.

A figura 22 demonstra a interface principal do programa, onde são inseridas todas as informações necessárias para a fase inicial do projeto e elaboração de um traçado rodoviário. Foram obtidas mosaicos de imagens de onde o traçado está localizado, inseridos os raios de cada curva individualmente, juntamente com os dados técnicos e operacionais do projeto.

As imagens são georreferenciadas, e são demarcadas através de pontos para que esses pontos possam ser transformados em formato CAD, levando consigo as imagens para um estudo topográfico geral, dando início à inserção dos dados geométricos, como foi o caso deste projeto de pesquisa, ou os gerando pelo próprio programa quando necessário.

Figura 23: Edição de dados geométricos

Edição: Geométrico

A. Identificação	
1. Nome	Traçado 1
2. Início (estaca)	0+00,000
3. Término (estaca)	3572+08,257
4. Extensão	71.448,257
5. Tipo	Rodovia
6. Georreferenciado	<input checked="" type="checkbox"/>

B. Gerais	
1. Norma	DNIT
2. Classe da Rodovia	III
3. Região	Ondulada
4. Velocidade Diretriz	100
5. Unidade estaqueamento	estaca
6. Dist. entre estacas	20

C. Planimetria	
1. Raio Mínimo em Transição	125,000
2. Raio Mínimo em Circular	375,000
3. Intertangente Mínima	0,000
4. Intertangente Mínima Curvas Mesmo Lado	400,000
5. Intervalos de raios (carac. téc.)	
6. Faixa de domínio (esq+dir+off)	15+15+5
7. Diretriz	
8. Tortuosidade	

D. Altimetria	
1. Diferença de cota	0,000
2. Rampas	
3. Parâmetro k	
4. Comprimento Virtual	

Eixo Desenho Seg. Homogêneos Seg. Curvas Seg. Int. Aces.

PLA ALT SEC TOT

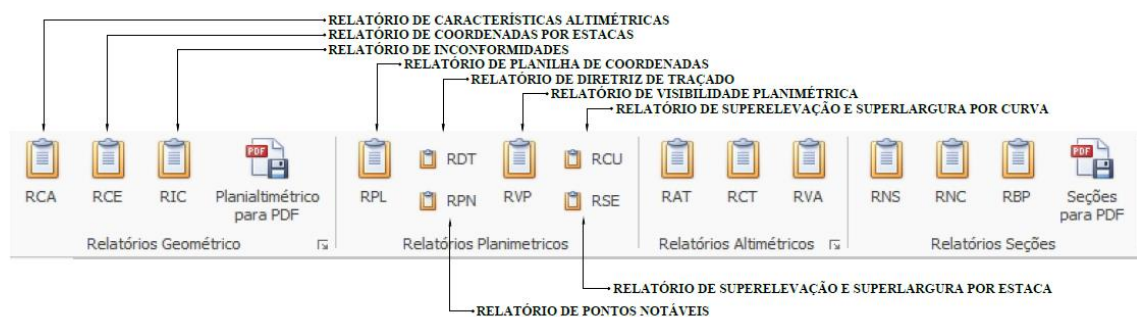
Fonte: SAEPRO, 2020; elaborado pelo autor, 2020

A estrutura da aba de edição da geometria está ilustrada na figura 23, e funciona da seguinte forma:

- 1- Na aba de estaca inicial é inserido o número da estaca em que o traçado se inicia, ele pode ser inserido se for um traçado já existente como é o caso desse projeto, ou gerado automaticamente quando for um projeto inicial, gerando assim o término da estaca e a extensão total do trecho;
- 2- Para que o programa possa dar sequência no projeto é necessário identificar o tipo de traçado que irá ser elaborado, podendo ser rodovia, interseção, via urbana, ferrovia, ciclovia, canal e outros;
- 3- Para elaborar um relatório de inconformidades preciso o programa necessita que seja determinado qual norma será seguida na elaboração desse traçado, podendo ser DNIT, DAER e VALEC;

- 4- A classe da rodovia deve ser determinada, após a classificação da rodovia, de acordo com relevo e VMD;
- 5- A região a ser avaliada pode ser classificada, no programa, como ondulada, plana e montanhosa;
- 6- A velocidade diretriz é um dado de suma importância de ser inserido, o programa dá a opção de ser automático, de acordo com a norma definida, a classe e a região, ou pode ser modificada manualmente;
- 7- A unidade de estaqueamento pode ser em km ou em estacas, de acordo com a necessidade de cada projeto;
- 8- Distância entre estacas usualmente usa-se de 20 m em 20 m, mas esse valor pode ser modificado no programa para atender a necessidade de cada projeto;
- 9- O raio mínimo em transição;
- 10- O raio mínimo em circular foi de 375 m, como já discutido anteriormente.

Figura 24: Relatórios planimétricos e geométricos



Fonte: SAEPRO, 2020; elaborado pelo autor, 2020

O programa fornece todos os relatórios geométricos, planimétricos, altimétricos e de seções que um projeto rodoviário necessita.

Os relatórios que foram utilizados para obtenção dos dados que constam neste projeto são os relatórios geométricos que são divididos em características altimétricas (RCA), é nesse relatório que constam as características técnicas gerais do projeto, no relatório de coordenadas por estacas (RCE) constam as coordenadas e os parâmetros por estaca, contendo as coordenadas cartesianas e geográficas, azimutes, raios, esse é um relatório mais detalhado e específico devido conter cada estaca existente no trecho, o relatório de inconformidades (RIC) apresenta todas as inconformidades que surgiram ao longo da elaboração do projeto, de acordo com a

norma determinada no programa, e através dessas inconformidades apontadas o projetista faz as alterações necessárias.

Dentre os relatórios planimétricos constam o relatório de planilha de coordenadas (RPL), que tem suas informações divididas em estaqueamento, onde são identificados os pontos de cada curva, também podem ser identificados os parâmetros das curvas, como ângulo central, raio, comprimento da transição, desenvolvimento, tangentes, na aba alinhamento são observados os azimutes, intertangentes e coordenadas de todos os PIs.

O relatório de diretriz de traçado (RDT) traz informações como os pontos de inflexão, alinhamento, rumo e azimute, quadrante de localização, comprimento, projeções de cada PI existente ao longo do traçado.

No relatório de pontos notáveis (RPN) é identificado todos os pontos das curvas, PC ou TS, SC, PI, CS, PT ou ST, o relatório de visibilidade planimétrica (RVP), identifica o sentido do estaqueamento e o sentido contrário, relatório de superelevação e superlargura por curva (RCU), que detalha novamente o raio de cada curva juntamente com sua superlargura e superelevação, mostrando onde se inicia e finaliza e o relatório de superelevação e superlargura por estaca (RSE), que mostra mais detalhadamente a superelevação e superlargura em cada estaca existente.

Os relatórios que constam as informações de cada estaca individualmente não foram utilizados para o auxílio na verificação da geometria do traçado da TO 454/455, pois são relatórios extensos, e pelo fato de estar sendo estudado os PIs, individualmente, foram utilizados os relatórios das curvas, pois também são completos e conseguem fornecer todas as informações necessárias para um resultado adequado e eficaz.

As inconformidades que o SAEPRO encontrou após a inserção de todos os dados necessários, gerou-se o relatório de inconformidades, esse relatório é gerado de acordo com a norma que é selecionada ao iniciar a elaboração do projeto, como consta no item 3 da figura 24, ver ANEXO B, foram em sua maioria sobre intertangentes e sucessão de curvas.

A sucessão das curvas o programa aponta como inconformidade mesmo estando classificada como desejável, porém entre o PI-10 e PI-11, PI-19 e PI-20, PI-48 e PI-49, PI-50 e PI-51, PI-52 e PI-53, PI-58 e PI-59 há sucessões a serem evitadas sempre que possível, conforme consta na figura 6 de acordo com o DNER, pois estão na zona IV. Os demais PIs estão entre a zona I e III, que estão classificadas como desejável, boa e aceitável, respectivamente.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto de uma rodovia normalmente é composto por um conjunto de elementos planimétricos, altimétricos e transversais definidos em um ambiente bidimensional e de forma isolada. Nesse trabalho em específico, para a verificação, foram abordados os elementos planimétricos da estrada de estudo. A falta de consistência nos projetos geométricos das vias está relacionada a uma das principais causas para a ocorrência de acidentes.

O recente avanço da tecnologia tem permitido cada vez mais projetar estradas com mais assertividade, evitando erros e consequentemente fornecendo segurança aos usuários, um exemplo bem claro desse avanço é a ferramenta que foi utilizada ao longo dessa verificação, o SAEPRO, que além de auxiliar na elaboração de projetos auxilia nos estudos desses projetos viários, a motivação para o uso desta ferramenta foi o de apresentar algo novo para a instituição acadêmica. Essa ferramenta auxiliou na verificação da compatibilidade entre os parâmetros especificados pelo projetista da TO 454/455 com os estabelecidos pelo DNIT.

O trabalho desenvolvido teve como finalidade verificar as condições geométricas da TO 454/455, verificar sua concordância com as recomendações normativas do DNIT com o auxílio da ferramenta computacional SAEPRO. Para se obter resultados assertivos na realização da verificação desse projeto geométrico rodoviário se fez necessário seguir normativas, para que assim possa ser verificado se ele está compatível com a expectativa de segurança e conforto do condutor do veículo.

O principal desafio na elaboração deste estudo foi o domínio da ferramenta para iniciar a inclusão dos dados para o início do estudo proposto, foram inseridos os dados necessários no programa para que então ele fornecesse as inconformidades existentes ao longo do trecho, se porventura existissem, as inconformidades existentes ao longo do trecho foram as de sucessões de curvas a evitar, e intertangentes maiores que a mínima.

Com base nos dados obtidos a partir da análise efetuada, consegue-se concluir que ao longo do traçado existem algumas pequenas divergências com as normativas, como o raio mínimo da curva horizontal circular que foi adotado pelo projetista de 600 m, e a norma exige que seja 375 m, não afetando assim a segurança do condutor devido ao adotado ser maior que o mínimo permitido, e a velocidade de projeto, que de acordo com o relevo onde o trecho está localizado e a classe de projeto, a norma admite uma velocidade de 60 km/h, sendo esse dado gerado automaticamente pelo programa ao inserir as informações do relevo, porém o projetista adotou 100 km/h, sendo essa velocidade admitida pela norma desde que seja viável economicamente e não ofereça risco aos usuários, portanto as divergências encontradas ao

longo da verificação não ofertam risco significativo de acidentes e insegurança aos usuários que trafegam por esse trecho, obtendo assim um alinhamento satisfatório.

Portanto os elementos geométricos planimétricos do traçado avaliado estão harmonizados com as normativas de projeto e estão com velocidade adequada em função da topografia, e o tipo de traçado e o enquadramento da via estão compatíveis com as normativas que o DNIT impõe para a implantação básica de uma rodovia;

Como sugestão para novas abordagens futuras, sugere-se que seja feito a verificação da altimetria e seção transversal do traçado completo para que a geometria seja verificada integralmente, e com o auxílio do programa computacional SAEPRO é possível fazer esses estudos de forma rápida e eficaz.

REFERÊNCIAS

AASHTO. **The American Association of State Highway Transportation Officials**, 2001. Disponível em: <<https://www.transportation.org/>>. Acesso em: 12 abr. 2020.

AGEITEC. **Agência Embrapa de Informação Tecnológica: relevo**. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_mata_sul_pernambucana/arvore/CO NT000fbz2ztdp02wx5eo0sawqe3yywvr68.html>. Acesso em: 18 set. 2020.

ALEXANDRE, Ana Sofia Gonçalves. **Geometria de traçado: Análise comparativa das normas portuguesas e brasileiras - Caso de estudo da rodovia BR-381/ Minas Gerais**. 2018. 113 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Área Departamental de Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2018.

AUSTROADS. **Guide to road design part 1: Introduction to road desing**. Sydney, Austrália: ISBN, 2015. Disponível em: <<https://austroads.com.au/publications/road-design/agrd01>>. Acesso em: 08 de maio 2020.

BARUFFI, Helder. **Metodologia da pesquisa**. São Paulo: Hbedit, 2004.

BRASIL. **Resolução N° 6 de 10 de março de 2004**. Ministério dos Transportes – Conselho de Administração.

COELHO JÚNIOR, José Machado; ROLIM NETO, Fernando Cartaxo; ANDRADE, Júlio da Silva C. O.. **Topografia Geral**. Recife-PE: Edufrpe, 2014.

CNT. **Confederação Nacional do Transporte**. 2019. Disponível em: <pesquisarodovias.cnt.org.br>. Acesso em: 18 mar. 2020.

CSN. **Engenharia**. Disponível em: <<http://www.csnengenharia.com.br/rodovia-to-454-455>>. Acesso em: 17 set. 2020.

DAER - DEPARTAMENTO AUTÔNOMO DE ESTRADAS DE RODAGEM: **Normas de projetos rodoviários**. Porto Alegre, 1991. 139 p..

DICIONÁRIO SIGNIFICADOS. Disponível em: <<https://www.significados.com.br>>. Acesso em: 09 abr. 2020.

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

_____. DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Projeto geométrico**. São Paulo: Secretaria dos Transportes, fev. /2005. 36 p..

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de projetos geométricos de travessias urbanas**. Rio de Janeiro, 2010.

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

_____. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de projeto de interseções**. 2.ed. - Rio de Janeiro, 2005. 528p. (IPR. Publ., 718).

_____. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. Disponível em: [http: <http://www.dnit.gov.br/acesso-a-informacao/institucional>](http://www.dnit.gov.br/acesso-a-informacao/institucional). Acesso em: 11 maio 2020.

FHWA. **Flexibility in highway design**. Washington: U.s. Department Of Transportation Federal Highway Administration, 2004. Disponível em: <https://www.fhwa.dot.gov/environment/publications/flexibility/ch01.cfm>>. Acesso em: 12 abr. 2020.

IDOT – Illinois Departmet of Transportation – **Context Sensitive Solutions – Detailed Guidelines For Practice**. 30 p. Illinois, 2003.

LEE, Shu Han. **Projeto Geométrico de Estradas: Introdução ao projeto geométrico de rodovias**. Florianópolis: Editora UFSC, 2000.

MARQUES, Artur Pantoja. **Análise de parâmetros geométricos de curvas verticais de vias, à luz do sistema de posicionamento geral - GPS**. 165 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia dos Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 1997.

PIMENTA, Carlos R. T. e OLIVEIRA, Márcio P. **Projeto Geométrico de Rodovias**. 2. ed. São Carlos: Rima Editora, 2004.

PONTES FILHO, Glauco. **Estradas de Rodagem: projeto geométrico**. São Carlos: IPCB, 1998.

SAEPRO - **Sistema Avançado para Estudos e Projetos Viários**. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/saepr/>>. Acesso em: 20 abr. 2020.

SENNA, Luis Afonso dos Santos. **Economia e Planejamento dos Transportes**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

SILVA, Edna Lúcia da; MENESES, Estera Muszkat. **Metodologia de pesquisa e elaboração de dissertação**. 2001. 121 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2001.

SOUSA, Márcia Lopes Rodrigues de. **Procedimento para avaliação de projetos de rodovias rurais visando a segurança viária**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia dos Transportes, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

UFRGS. **Projeto Ponto de Partida**. Disponível em: <https://www.notion.so/Projeto-Ponto-de-Partida-389a70d9086a4b8cbfd9e926f5fffc11>>. Acesso em: 10 out. 2020.

APÊNDICES

APÊNDICE A – CARTA DE SOLICITAÇÃO DE ACESSO AO SAEPRO

Ao Coordenador do projeto SAEPRO Professor Doutor Daniel Garcia,

Ref.

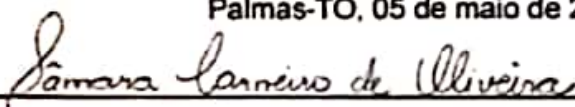
Software SAEPRO

Eu, Sâmara Carneiro de Oliveira, brasileira, graduanda em engenharia civil, portadora da cédula de identidade 1.215.316 Palmas-TO e CPF 051.684.601-94, residente e domiciliada na 504 norte, alameda 04, lote 17, Plano Diretor Norte, Palmas, TO, CEP 77.006-614, telefones de contato (63)98471-8965 e (63)98478-6069, venho respeitosamente solicitar a utilização do Software SAEPRO para auxílio da análise de consistência de rodovias no projeto de trabalho de conclusão de curso, com duração de 12 (doze) meses.

Declaro estar ciente da impossibilidade de utilização do software para fins comerciais.

Declaro estar ciente da impossibilidade do repasse do software a terceiros.

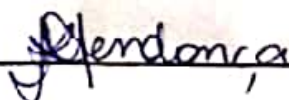
Palmas-TO, 05 de maio de 2020



Sâmara Carneiro de Oliveira (Solicitante)



Edivaldo Alves dos Santos (Orientador)



Kenia Parente Lopes Mendonça
Coordenadora da Graduação de
Engenharia Civil no CEULP/ULBRA.

CEULP/ULBRA - Centro Universitário Luterano de Palmas

77019900 - Palmas, TO - Brasil

Telefone: (63) 3219-8000

APÊNDICE B – ELEMENTOS DAS CURVAS DE TRANSIÇÃO

CURVAS TRANSIÇÃO													
-	raios (m)		LS(min)	LS(max)	LS (m)	φs	XS (m)	YS (m)	k (m)	P (m)	φ	TT (m)	Desenv. (m)
0	640,71	C											
1	625,48	C											
2	616,56	C											
3	665,92	C											
4	654,97	C											
5	609,07	C											
6	600,29	C											
7	684,10	C											
8	655,66	C											
9	626,31	C											
10	621,91	C											
11	350,00	T	102,86	233,47	220,00	0,3143	217,84	22,89	109,64	5,74	0,0385	232,89	13,47
12	621,91	C											
13	937,20	C											
14	621,62	C											
15	656,96	C											
16	681,93	C											
17	605,73	C											
18	500,00	T	72,00	335,86	200,00	0,2000	199,20	13,30	99,87	3,33	0,2717	275,57	135,86
19	644,60	C											
20	300,00	T	120,00	337,19	320,00	0,5333	311,02	55,73	158,50	14,07	0,0573	356,27	17,19
21	450,00	T	80,00	254,00	240,00	0,2667	238,30	21,22	119,72	5,32	0,0311	251,74	14,00
22	450,00	T	80,00	672,97	240,00	0,2667	238,30	21,22	119,72	5,32	0,9622	541,98	432,97
23	450,00	T	80,00	81,91	80,00	0,0889	79,94	2,37	39,99	0,59	0,0042	81,11	1,91
24	450,00	T	80,00	147,22	140,00	0,1556	139,66	7,25	69,94	1,81	0,0160	144,51	7,22
25	350,00	T	102,86	201,44	200,00	0,2857	198,37	18,94	99,73	4,75	0,0041	204,73	1,44
26	350,00	T	102,86	183,86	180,00	0,2571	178,81	15,36	89,80	3,85	0,0110	184,94	3,86
27	350,00	T	102,86	63,67	60,00	0,0857	59,96	1,71	29,99	0,43	0,0105	61,95	3,67
28	300,00	T	120,00	279,58	260,00	0,4333	255,16	37,05	129,19	9,32	0,0653	284,75	19,58
29	614,98	C											
30	842,19	C											
31	1.469,62	C											
32	634,28	C											
33	666,44	C											
34	641,40	C											
35	610,38	C											
36	700,94	C											
37	674,80	C											
38	665,21	C											
39	613,21	C											
40	661,97	C											
41	701,06	C											
42	643,97	C											
43	1.306,45	C											
44	666,99	C											
45	603,42	C											
46	628,43	C											
47	1.150,00	C											
48	1.764,59	C											
49	300,00	T	120,00	160,18	160,00	0,2667	158,87	14,15	79,81	3,55	0,0006	162,83	0,18
50	300,00	T	120,00	273,13	260,00	0,4333	255,16	37,05	129,19	9,32	0,0438	280,61	13,13
51	1.996,83	C											
52	829,89	C											
53	350,00	T	102,86	110,35	100,00	0,1429	99,80	4,75	49,97	1,19	0,0296	105,79	10,35
54	350,00	T	102,86	190,87	180,00	0,2571	178,81	15,36	89,80	3,85	0,0311	188,75	10,87
55	350,00	T	102,86	179,13	160,00	0,2286	159,17	12,14	79,86	3,04	0,0547	172,23	19,13
56	300,00	T	120,00	331,54	320,00	0,5333	311,02	55,73	158,50	14,07	0,0385	352,17	11,54
57	300,00	T	120,00	200,70	200,00	0,3333	197,79	22,05	99,63	5,53	0,0023	205,82	0,70
58	350,00	T	102,86	327,86	300,00	0,4286	294,54	42,29	149,09	10,64	0,0796	331,54	27,86
59	664,53	C											
60	635,85	C											
61	699,57	C											
62	615,70	C											
63	725,04	C											
64	648,31	C											
65	609,88	C											
66	450,00	T	80,00	261,31	240,00	0,2667	238,30	21,22	119,72	5,32	0,0474	255,76	21,31

67	450,00	T	80,00	115,05	100,00	0,1111	99,88	3,70	49,98	0,93	0,0330	49,98	14,85
----	--------	---	-------	--------	--------	--------	-------	------	-------	------	--------	-------	-------

ANEXOS

ANEXO A – RELATÓRIO DE CARACTERÍSTICAS ALTIMÉTRICAS (RCA)

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS									
Rodovia:	Grupo de Eixos 1								
Trecho:	Traçado 1								
Segmento:	km: 0+000,00 ao km: 71+448,26								
CARACTERÍSTICAS GERAIS									
DE PROJETO		PLANIALTIMETRICAS				SEÇÕES TRANSVERSAIS			
NORMA	DNIT	RAIO MIN. COM TRANS.	125,000	K MIN/DES CÔNCAVA	15 / 17	LARG. PISTA DE ROL.		PLATAFORMA ATERRO	
CLASSE DA RODOVIA	III	RAIO MIN. SIMPLES	375,000	K MIN/DES CONVEXA	14 / 18	LARG. ACOST. INT.		PLATAFORMA CORTE	
REGIÃO	Ondulada	RAMPA MÁXIMA	11,000	DIST. VIS. PARADA		LARG. ACOST. EXT.		TALUDE ATERRO	
VELOCIDADE DIRETRIZ	100	RAMPA MÍNIMA	0,300	DIST. VIS. ULTRAP.		ABAUAMENTO		TALUDE CORTE 1ª CAT.	
		EXTENSÃO TOTAL	71448,257	FAIXA DOM. (LE/LD+OFF)	40 / 40 + 0	SUPERELEVÇÃO MÁX.		TALUDE CORTE 3ª CAT.	
PLANIMETRIA									
DISTRIBUIÇÃO DE CURVAS									
TRANSIÇÕES	RAIOS (m)		FREQ.	Dc (m)	%	Lc1+Lc2 (m)	%		
	R mínimo = 300,000		1	337,192	0,47	120,000	0,17		
	300,000 < R ≤ 100,000								
	100,000 < R ≤ 200,000								
	200,000 < R ≤ 300,000								
	300,000 < R ≤ 500,000		19	4313,609	6,04	2400,000	3,36		
	R > 500,000		1	335,861	0,47	160,000	0,22		
	TOTAL EM TRANSIÇÃO		21	4986,662	6,98	2680,000	3,75		
SIMPLES	RAIOS (m)		FREQ.	Dc (m)	%				
	R mínimo = 600,290		1	221,372	0,31				
	600,290 < R ≤ 500,000								
	500,000 < R ≤ 700,000		34	12221,575	17,11				
	700,000 < R ≤ 1000,000		6	1000,564	1,40				
	1000,000 < R ≤ 1500,000		3	797,878	1,12				
	R > 1500,000		2	298,479	0,42				
	TOTAL SIMPLES		46	14539,867	20,35				
TOTAL EM CURVA		67	19526,529	27,33	27193,191	38,06			
EXTENSÃO DAS INTERTANGENTES									
MÍNIMA		MÁXIMA		TOTAL					
EXTENSÃO (m)	%	EXTENSÃO (m)	%	EXTENSÃO (m)	%				
77,429	0,11	5331,378	7,46	49241,728	68,92				
PARÂMETROS PLANIMÉTRICOS									
TORTUOSIDADE			DISTÂNCIA EM DIRETRIZ						
TOTAL (°/m)		MÉDIA (°/m.km)	EXTENSÃO (m)		ACRÉSCIMO (%)				
4,370		0,061	59821,537		19,436				
CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS									
ANO DE ABERTURA		VDM ABERTURA		PARÂMETRO					
ANO FINAL DA VIDA ÚTIL		VDM FINAL							

ANEXO B – RELATÓRIO DE INCONFORMIDADES (RIC)

RELATÓRIO DE INCONFORMIDADES DO PROJETO

Rodovia: Grupo de Eixos 1
 Trecho: Traçado 1
 Segmento: km: 0+000,00 ao km: 71+448,26

IDENTIFICAÇÃO				LOCALIZAÇÃO			CARACTERIZAÇÃO DA INCONFORMIDADE		
ALERTA	DATA	HORA	USUÁRIO	ESCOPO	ATIVIDADE	MÓDULO	TIPO	ERRO	OBS.
Alerta	17/09/2020	23:03:01	Sâmara	DIRETRI Z	Projeto Geométrico	Planimetria	Intertangente maior que máxima	PI-0: intertangente maior que máxima (1500,00) = 15482,82	
Alerta	17/09/2020	23:03:01	Sâmara	DIRETRI Z	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-1 e PI-2 desejável (Zona I)	
Alerta	17/09/2020	23:03:01	Sâmara	DIRETRI Z	Projeto Geométrico	Planimetria	Intertangente maior que máxima	PI-1: intertangente maior que máxima (1500,00) = 9515,25	
Alerta	17/09/2020	23:03:01	Sâmara	DIRETRI Z	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-2 e PI-3 desejável (Zona I)	
Alerta	17/09/2020	23:03:01	Sâmara	DIRETRI Z	Projeto Geométrico	Planimetria	Intertangente maior que máxima	PI-2: intertangente maior que máxima (1500,00) = 20384,41	
Alerta	17/09/2020	23:03:01	Sâmara	DIRETRI Z	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-3 e PI-4 desejável (Zona I)	
Alerta	17/09/2020	23:03:01	Sâmara	DIRETRI Z	Projeto Geométrico	Planimetria	Intertangente maior que máxima	PI-3: intertangente maior que máxima (1500,00) = 11632,51	
Alerta	17/09/2020	23:03:01	Sâmara	DIRETRI Z	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-4 e PI-5 desejável (Zona I)	
Alerta	17/09/2020	23:03:01	Sâmara	DIRETRI Z	Projeto Geométrico	Planimetria	Intertangente maior que máxima	PI-4: intertangente maior que máxima (1500,00) = 3772,97	
Alerta	17/09/2020	23:03:01	Sâmara	DIRETRI Z	Projeto Geométrico	Planimetria	Intertangente maior que máxima	PI-5: intertangente maior que máxima (1500,00) = 4569,35	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-1 e PI-2 desejável (Zona I)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-2 e PI-3 desejável (Zona I)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-3 e PI-4 desejável (Zona I)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-4 e PI-5 desejável (Zona I)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-5 e PI-6 desejável (Zona I)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-6 e PI-7 desejável (Zona I)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-7 e PI-8 desejável (Zona I)	

RELATÓRIO DE INCONFORMIDADES DO PROJETO

Rodovia: Grupo de Eixos 1
 Trecho: Traçado 1
 Segmento: km: 0+000,00 ao km: 71+448,26

IDENTIFICAÇÃO				LOCALIZAÇÃO			CARACTERIZAÇÃO DA INCONFORMIDADE		
ALERTA	DATA	HORA	USUÁRIO	ESCOPO	ATIVIDADE	MÓDULO	TIPO	ERRO	OBS.
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-8 e PI-9 desejável (Zona I)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-9 e PI-10 desejável (Zona I)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-10 e PI-11 a evitar (Zona IV)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-11 e PI-12 a evitar (Zona IV)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Intertangente maior que máxima	PI-11: intertangente maior que máxima (2500,00) = 5331,38	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-12 e PI-13 desejável (Zona I)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-13 e PI-14 desejável (Zona I)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-14 e PI-15 desejável (Zona I)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-15 e PI-16 desejável (Zona I)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-16 e PI-17 desejável (Zona I)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-17 e PI-18 desejável (Zona I)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-18 e PI-19 desejável (Zona I)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-19 e PI-20 a evitar (Zona IV)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-20 e PI-21 aceitável (Zona III)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-21 e PI-22 desejável (Zona I)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-22 e PI-23 desejável (Zona I)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-23 e PI-24 desejável (Zona I)	

RELATÓRIO DE INCONFORMIDADES DO PROJETO

Rodovia: Grupo de Eixos 1
 Trecho: Traçado 1
 Segmento: km: 0+000,00 ao km: 71+448,26

IDENTIFICAÇÃO				LOCALIZAÇÃO			CARACTERIZAÇÃO DA INCONFORMIDADE		
ALERTA	DATA	HORA	USUÁRIO	ESCOPO	ATIVIDADE	MÓDULO	TIPO	ERRO	OBS.
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-24 e PI-25 boa (Zona II)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-25 e PI-26 desejável (Zona I)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-26 e PI-27 desejável (Zona I)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-27 e PI-28 desejável (Zona I)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-28 e PI-29 a evitar (Zona IV)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-29 e PI-30 desejável (Zona I)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-30 e PI-31 desejável (Zona I)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-31 e PI-32 boa (Zona II)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-32 e PI-33 desejável (Zona I)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Intertangente maior que máxima	PI-32: intertangente maior que máxima (2500,00) = 3829,09	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-33 e PI-34 desejável (Zona I)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Intertangente maior que máxima	PI-33: intertangente maior que máxima (2500,00) = 3100,87	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-34 e PI-35 desejável (Zona I)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-35 e PI-36 desejável (Zona I)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-36 e PI-37 desejável (Zona I)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-37 e PI-38 desejável (Zona I)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-38 e PI-39 desejável (Zona I)	

RELATÓRIO DE INCONFORMIDADES DO PROJETO

Rodovia: Grupo de Eixos 1
 Trecho: Traçado 1
 Segmento: km: 0+000,00 ao km: 71+448,26

IDENTIFICAÇÃO				LOCALIZAÇÃO			CARACTERIZAÇÃO DA INCONFORMIDADE		
ALERTA	DATA	HORA	USUÁRIO	ESCOPO	ATIVIDADE	MÓDULO	TIPO	ERRO	OBS.
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-39 e PI-40 desejável (Zona I)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-40 e PI-41 desejável (Zona I)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-41 e PI-42 desejável (Zona I)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-42 e PI-43 boa (Zona II)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-43 e PI-44 boa (Zona II)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-44 e PI-45 desejável (Zona I)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-45 e PI-46 desejável (Zona I)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-46 e PI-47 boa (Zona II)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-47 e PI-48 desejável (Zona I)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-48 e PI-49 a evitar (Zona IV)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-49 e PI-50 desejável (Zona I)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-50 e PI-51 a evitar (Zona IV)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-51 e PI-52 boa (Zona II)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-52 e PI-53 a evitar (Zona IV)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-53 e PI-54 desejável (Zona I)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-54 e PI-55 desejável (Zona I)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-55 e PI-56 desejável (Zona I)	

RELATÓRIO DE INCONFORMIDADES DO PROJETO

Rodovia: Grupo de Eixos 1
 Trecho: Traçado 1
 Segmento: km: 0+000,00 ao km: 71+448,26

IDENTIFICAÇÃO				LOCALIZAÇÃO			CARACTERIZAÇÃO DA INCONFORMIDADE		
ALERTA	DATA	HORA	USUÁRIO	ESCOPO	ATIVIDADE	MÓDULO	TIPO	ERRO	OBS.
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-56 e PI-57 desejável (Zona I)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-57 e PI-58 desejável (Zona I)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-58 e PI-59 a evitar (Zona IV)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-59 e PI-60 desejável (Zona I)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-60 e PI-61 desejável (Zona I)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-61 e PI-62 desejável (Zona I)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-62 e PI-63 desejável (Zona I)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-63 e PI-64 desejável (Zona I)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-64 e PI-65 desejável (Zona I)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-65 e PI-66 boa (Zona II)	
Alerta	25/10/2020	00:45:51	Sâmara	Traçado 1	Projeto Geométrico	Planimetria	Sucessão de curvas	Sucessão de curvas entre PI-66 e PI-67 desejável (Zona I)	

ANEXO C – RELATÓRIO DE PLANILHA DE COORDENADAS (RPL)

PLANILHA DE COORDENADAS

Rodovia: Grupo de Eixos 1
Trecho: Traçado 1
Segmento: km: 0+000,00 ao km: 71+419,64

PI	ESTAQUEAMENTO (Est. ou km)				PARÂMETROS DA CURVA							ALINHAMENTO			COORDENADAS	
	PC ou TE	EC	CE	PT ou ET	AC (°''')	R (m)	Lc1 (m)	Lc2 (m)	Dc (m)	T1 (m)	T2 (m)	Az (°''')	IntTan (m)	ΔPI (m)	X (m)	Y (m)
PP				0+00,000											775861,86100000	8813369,43700000
1	8+19,999			25+15,072	29°57'50,52"D	640,710			335,073	171,462	171,462	35°13'19,24"	179,999	351,461	776064,56500000	8813656,55400000
2	41+00,000			50+07,758	16°55'42,63"E	635,480			187,758	94,568	94,568	65°11'09,76"	304,929	570,959	776582,81000000	8813896,17000000
3	58+00,000			80+04,493	41°18'21,10"E	616,560			444,492	232,400	232,400	48°15'27,14"	152,242	479,210	776940,37000000	8814215,22000000
4	163+00,001			168+04,097	8°57'23,12"E	665,920			104,096	52,154	52,154	6°57'06,04"	1655,508	1940,062	777175,18000000	8816141,02000000
5	206+20,000			223+12,966	29°07'38,56"E	654,970			332,966	170,164	170,164	357°59'42,92"	775,903	998,221	777140,26000000	8817138,63000000
6	244+00,001			274+10,772	57°27'20,96"D	609,070			610,771	333,842	333,842	328°52'04,37"	407,035	911,040	776669,24000000	8817918,46000000
7	291+00,001			302+01,373	21°07'45,39"E	600,290			221,372	111,958	111,958	26°19'25,33"	329,228	775,028	777012,92000000	8818613,12000000
8	325+20,000			336+06,964	17°20'02,40"E	684,100			206,964	104,279	104,279	5°11'39,94"	478,627	694,864	777075,83000000	8819305,13000000
9	384+00,000			386+08,133	4°12'22,03"E	655,660			48,132	24,077	24,077	347°51'37,55"	953,036	1081,392	776848,42000000	8820362,34000000
10	416+20,000			431+09,072	26°26'41,37"E	626,310			289,073	147,158	147,158	343°39'15,51"	611,867	783,102	776628,03000000	8821113,79000000
11	540+15,126	544+15,126	556+08,624	560+08,624	51°19'12,70"D	350,000	80,000	80,000	233,497	208,492	208,492	317°12'34,14"	2186,054	2541,704	774901,40000000	8822979,00000000
12	827+00,002			872+02,786	83°10'20,69"E	621,910			902,785	551,890	551,890	8°31'46,84"	5331,378	6091,760	775804,94000000	8829003,38000000
13	935+00,001			937+17,772	3°31'54,56"E	937,200			57,771	28,895	28,895	285°21'26,15"	1257,215	1837,999	774032,57000000	8829490,15000000
14	949+00,002			967+15,145	34°34'39,34"D	621,620			375,143	193,480	193,480	281°49'31,58"	222,230	444,604	773597,40200000	8829581,26300000
15	1016+00,002			1036+03,177	35°09'44,49"E	656,960			403,176	208,163	208,163	316°24'10,92"	964,857	1366,499	772655,09000000	8830570,89300000
16	1064+20,000			1080+05,846	25°41'49,77"E	681,930			305,846	155,539	155,539	281°14'26,43"	576,823	940,524	771732,60800000	8830754,23000000
17	1116+00,001			1129+09,377	25°28'48,88"D	605,730			269,377	136,953	136,953	255°32'36,66"	714,155	1006,647	770757,83400000	8830502,92600000
18	1135+09,928	1139+09,928	1156+05,789	1160+05,789	47°39'14,83"D	500,000	80,000	80,000	335,861	261,035	261,035	281°01'25,54"	120,551	518,539	770248,86300000	8830602,07900000
19	1185+00,002			1196+02,915	19°48'49,75"E	644,600			222,913	112,581	112,581	328°40'40,36"	494,213	867,829	769797,72300000	8831343,42900000
20	1212+01,156	1215+01,156	1231+18,348	1234+18,348	75°51'29,09"E	300,000	60,000	60,000	337,192	264,167	264,167	308°51'50,62"	318,241	694,989	769256,57900000	8831779,51700000
21	1240+11,735	1243+11,735	1256+05,740	1259+05,740	39°58'49,15"D	450,000	60,000	60,000	254,005	193,816	193,816	233°00'21,52"	113,388	571,371	768800,22600000	8831435,70500000
												272°59'10,67"	354,804	1055,874		

PLANILHA DE COORDENADAS

Rodovia: Grupo de Eixos 1
Trecho: Traçado 1
Segmento: km: 0+000,00 ao km: 71+419,64

PI	ESTAQUEAMENTO (Est. ou km)				PARÂMETROS DA CURVA							ALINHAMENTO			COORDENADAS	
	PC ou TE	EC	CE	PT ou ET	AC (°''')	R (m)	Lc1 (m)	Lc2 (m)	Dc (m)	T1 (m)	T2 (m)	Az (°''')	IntTan (m)	ΔPI (m)	X (m)	Y (m)
22	1277+00,544	1280+00,544	1313+13,519	1316+13,519	93°19'31,14"D	450,000	60,000	60,000	672,975	507,254	507,254				767745,78600000	8831490,71300000
23	1323+08,592	1326+08,592	1330+10,504	1333+10,504	18°04'07,50"D	450,000	60,000	60,000	81,912	101,598	101,598	6°18'41,81"	135,073	743,925	767827,57000000	8832230,12900000
24	1342+16,309	1345+16,309	1353+03,525	1356+03,525	26°23'00,51"E	450,000	60,000	60,000	147,215	135,552	135,552	24°22'49,31"	185,806	422,956	768002,16300000	8832615,36800000
25	1373+05,562	1376+05,562	1386+07,005	1389+07,005	42°47'55,68"E	350,000	60,000	60,000	201,443	167,320	167,320	357°59'48,80"	342,037	644,909	767979,62100000	8833259,88300000
26	1412+13,324	1415+13,324	1424+17,187	1427+17,187	39°55'15,34"D	350,000	60,000	60,000	183,863	157,264	157,264	315°11'53,12"	466,319	790,903	767422,30500000	8833821,06600000
27	1434+00,061	1437+00,061	1440+03,728	1443+03,728	20°14'40,70"E	350,000	60,000	60,000	63,667	92,554	92,554	355°07'08,46"	122,874	372,693	767390,59400000	8834192,40700000
28	1465+08,136	1468+08,136	1482+07,714	1485+07,714	64°51'16,97"D	300,000	60,000	60,000	279,578	220,894	220,894	334°52'27,76"	444,407	757,856	767068,80500000	8834878,55400000
29	1499+00,003			1511+08,692	23°10'10,50"E	614,980			248,689	126,067	126,067	39°43'44,72"	272,289	619,250	767464,60400000	8835354,80400000
30	1526+00,001			1533+09,518	10°10'18,95"E	842,190			149,517	74,956	74,956	16°33'34,23"	291,309	492,332	767604,92400000	8835826,71600000
31	1560+00,001			1568+13,330	6°45'27,13"D	1469,620			173,329	86,765	86,765	6°23'15,28"	530,483	692,203	767681,93400000	8836514,62200000
32	1660+00,001			1670+10,912	19°03'07,03"E	634,280			210,910	106,438	106,438	13°08'42,40"	1826,672	2019,874	768141,29000000	8838481,57000000
33	1862+00,003			1867+00,126	8°36'28,61"E	666,440			100,124	50,156	50,156	354°05'35,37"	3829,091	3985,685	767731,11800000	8842446,09300000
34	2023+00,004			2046+13,435	42°17'28,34"E	641,400			473,431	248,082	248,082	345°29'06,76"	3119,877	3418,116	766874,43600000	8845755,11300000
35	2054+00,003			2084+04,915	56°46'56,89"D	610,380			604,912	329,911	329,911	303°11'38,42"	146,569	724,562	766268,10700000	8846151,79300000
36	2163+00,002			2168+06,118	8°40'26,67"D	700,940			106,116	53,160	53,160	359°58'35,31"	1575,087	1958,157	766267,30300000	8848109,95000000
37	2198+00,003			2205+17,213	13°20'54,10"E	674,800			157,210	78,963	78,963	8°39'01,98"	593,885	726,007	766376,50000000	8848827,69800000
38	2216+00,003			2223+10,694	12°58'45,24"D	665,210			150,690	75,669	75,669	355°18'07,88"	202,790	357,422	766347,22700000	8849183,91900000
39	2242+00,001			2268+03,472	48°54'39,47"D	613,210			523,471	278,881	278,881	8°16'53,12"	369,307	723,857	766451,48800000	8849900,22800000
40	2278+00,002			2289+04,922	19°28'03,17"E	661,970			224,919	113,554	113,554	57°11'32,60"	196,530	588,965	766946,51000000	8850219,34100000
41	2325+00,003			2335+14,717	17°32'53,00"E	701,060			214,715	108,204	108,204	37°43'29,43"	715,081	936,839	767519,73400000	8850960,34200000
42	2356+00,005			2368+18,434	22°59'35,43"D	643,970			258,429	130,977	130,977	20°10'36,43"	405,288	644,469	767742,02300000	8851565,26200000
43	2379+00,004			2394+11,491	13°39'38,13"E	1306,450			311,487	156,485	156,485	43°10'11,86"	201,570	489,033	768076,60200000	8851921,92700000
												29°30'33,72"	1048,594	1387,035		

PLANILHA DE COORDENADAS

Rodovia: Grupo de Eixos 1
Trecho: Traçado 1
Segmento: km: 0+000,00 ao km: 71+419,64

PI	ESTAQUEAMENTO (Est. ou km)				PARÂMETROS DA CURVA							ALINHAMENTO			COORDENADAS	
	PC ou TE	EC	CE	PT ou ET	AC (°''')	R (m)	Lc1 (m)	Lc2 (m)	Dc (m)	T1 (m)	T2 (m)	Az (°''')	IntTan (m)	ΔPI (m)	X (m)	Y (m)
44	2447+00,085			2464+15,344	30°31'52,16"E	666,690			355,259	181,955	181,955				768759,80800000	8853129,02900000
45	2472+10,006			2501+12,212	55°16'53,24"D	603,420			582,206	316,007	316,007	358°58'41,57"	154,663	652,625	768748,17000000	8853781,55000000
46	2508+10,007			2525+07,702	30°47'19,32"E	628,430			337,696	173,032	173,032	54°15'34,81"	137,794	626,833	769256,95300000	8854147,69100000
47	2548+00,006			2563+13,068	14°06'19,82"E	1271,640			313,062	157,326	157,326	23°28'15,49"	452,304	782,662	769568,67500000	8854865,59700000
48	2606+00,007			2617+06,371	7°20'59,90"D	1764,590			226,364	113,337	113,337	9°21'55,68"	846,939	1117,603	769750,54400000	8855968,30300000
49	2657+04,256	2660+04,256	2668+04,433	2671+04,433	42°03'02,25"D	300,000	60,000	60,000	160,177	145,493	145,493	16°42'55,57"	797,885	1056,715	770054,47500000	8856980,36700000
50	2685+11,366	2688+11,366	2702+04,501	2705+04,501	63°37'26,47"E	300,000	60,000	60,000	273,135	216,395	216,395	58°45'57,83"	286,934	648,822	770609,25500000	8857316,80300000
51	2733+00,009			2736+12,121	2°04'08,87"E	1996,830			72,112	36,060	36,060	355°08'31,36"	555,509	807,963	770540,83200000	8858121,86400000
52	2743+00,008			2750+04,757	9°59'36,74"D	829,890			144,750	72,559	72,559	353°04'22,49"	127,887	236,505	770512,30800000	8858356,64300000
53	2774+16,601	2777+16,601	2783+06,956	2786+06,956	27°53'14,84"E	350,000	60,000	60,000	110,355	116,999	116,999	3°03'59,23"	491,844	681,402	770548,75900000	8859037,06900000
54	2793+16,354	2796+16,354	2806+07,223	2809+07,223	41°04'04,40"D	350,000	60,000	60,000	190,869	161,249	161,249	335°10'44,39"	149,397	427,645	770369,24000000	8859425,21000000
55	2853+18,000	2856+18,000	2865+17,130	2868+17,130	39°08'45,56"D	350,000	60,000	60,000	179,129	154,589	154,589	16°14'48,80"	890,777	1206,615	770706,82300000	8860583,63900000
56	2874+08,547	2877+08,547	2894+00,090	2897+00,090	74°46'45,27"E	300,000	60,000	60,000	331,543	259,653	259,653	55°23'34,36"	111,417	525,659	771139,47500000	8860882,18500000
57	2900+17,809	2903+17,809	2913+18,508	2916+18,508	49°47'23,49"D	300,000	60,000	60,000	200,699	169,445	169,445	340°36'49,10"	77,718	506,817	770971,24400000	8861360,26600000
58	2942+13,679	2945+13,679	2962+01,537	2965+01,537	63°29'35,57"E	350,000	60,000	60,000	327,858	246,816	246,816	30°24'12,58"	515,171	931,432	771442,62900000	8862163,61000000
59	2990+00,008			3004+12,970	25°15'33,28"D	664,530			292,963	148,901	148,901	326°54'37,01"	498,471	894,187	770954,44600000	8862912,77500000
60	3035+00,005			3062+13,517	49°52'35,24"E	635,850			553,513	295,668	295,668	352°10'10,29"	607,034	1051,603	770811,17300000	8863954,57200000
61	3125+00,006			3128+19,288	6°29'35,98"E	699,570			79,282	39,684	39,684	302°17'35,04"	1246,489	1581,840	769474,00200000	8864799,67000000
62	3170+00,003			3206+18,078	68°41'01,31"D	615,700			738,074	420,661	420,661	295°47'59,07"	820,715	1281,060	768320,63700000	8865357,22200000
63	3304+00,006			3323+00,700	30°05'02,42"E	725,040			380,693	194,844	194,844	4°29'00,38"	1941,929	2557,434	768520,55400000	8867906,83000000
64	3345+00,005			3363+17,808	33°23'21,03"D	648,310			377,803	194,436	194,436	334°23'57,96"	439,305	828,585	768162,52700000	8868654,07100000
65	3432+00,006			3460+18,314	54°19'47,04"E	609,880			578,308	312,963	312,963	7°47'18,98"	1362,198	1869,596	768415,89200000	8870506,42000000
												313°27'31,94"	776,468	1308,994		

PLANILHA DE COORDENADAS

Rodovia: Grupo de Eixos 1
Trecho: Traçado 1
Segmento: km: 0+000,00 ao km: 71+419,64

PI	ESTAQUEAMENTO (Est. ou km)				PARÂMETROS DA CURVA							ALINHAMENTO			COORDENADAS	
	PC ou TE	EC	CE	PT ou ET	AC (°''')	R (m)	Lc1 (m)	Lc2 (m)	Dc (m)	T1 (m)	T2 (m)	Az (°''')	IntTan (m)	ΔPI (m)	X (m)	Y (m)
66	3499+14,782	3503+14,782	3516+16,094	3520+16,094	43°27'25,91"D	450,000	80,000	80,000	261,312	219,563	219,563	356°54'57,85" 332°04'55,32"	97,550 630,950	456,312 770,149	767465,73500000	8871406,79000000
67	3525+13,644	3529+13,644	3535+08,691	3539+08,691	24°50'02,53"E	450,000	80,000	80,000	115,046	139,199	139,199				767441,18600000	8871862,44100000
PF	3570+19,640														767080,59700000	8872542,95900000

ANEXO D – RELATÓRIO DE DIRETRIZ DE TRAÇADO (RDT)

PLANILHA DA DIRETRIZ													
Rodovia: Grupo de Eixos 1 Trecho: Traçado 1 Segmento: km: 0+000,00 ao km: 71+448,26													
PONTO DE INFLEXÃO				ALINHAMENTO				PROJEÇÕES				COORDENADAS	
Nº	Est. ou km	Deflexão	Lado	Azimute	Rumo	Q	Comprimento	Leste (+)	Oeste (-)	Norte (+)	Sul (-)	X	Y
PP	0+00,000											775861,861	8813369,437
1	17+11,461	30°05'23"	D	35°13'19"	35°13'19"	NE	351,461	202,704		287,117		776064,565	8813656,554
2	46+05,144	17°17'39"	E	65°18'42"	65°18'42"	NE	573,683	521,245		239,616		776585,810	8813896,170
3	70+02,120	41°03'57"	E	48°01'03"	48°01'03"	NE	476,976	354,560		319,050		776940,370	8814215,220
4	167+02,182	8°57'23"	E	6°57'06"	6°57'06"	NE	1940,062	234,810		1925,800		777175,180	8816141,020
5	217+00,403	29°07'38"	E	357°59'42"	2°00'17"	NO	998,221		34,920	997,610		777140,260	8817138,630
6	262+11,444	57°27'20"	D	328°52'04"	31°07'55"	NO	911,040		471,020	779,830		776669,240	8817918,460
7	301+06,472	21°07'45"	E	26°19'25"	26°19'25"	NE	775,028	343,680		694,660		777012,920	8818613,120
8	336+01,335	17°20'02"	E	5°11'39"	5°11'39"	NE	694,864	62,910		692,010		777075,830	8819305,130
9	390+02,727	4°12'22"	E	347°51'37"	12°08'22"	NO	1081,392		227,410	1057,210		776848,420	8820362,340
10	429+05,829	26°26'41"	E	343°39'15"	16°20'44"	NO	783,102		220,390	751,450		776628,030	8821113,790
11	556+07,533	51°19'12"	D	317°12'34"	42°47'25"	NO	2541,704		1726,630	1865,210		774901,400	8822979,000
12	860+19,293	83°10'20"	E	8°31'46"	8°31'46"	NE	6091,760	903,540		6024,380		775804,940	8829003,380
13	952+17,292	3°31'54"	E	285°21'26"	74°38'33"	NO	1837,999		1772,370	486,770		774032,570	8829490,150
14	975+01,896	34°34'39"	D	281°49'31"	78°10'28"	NO	444,604		435,168	91,113		773597,402	8829581,263
15	1043+08,395	35°09'44"	E	316°24'10"	43°35'49"	NO	1366,499		942,312	989,630		772655,090	8830570,893
16	1090+08,919	25°41'49"	E	281°14'26"	78°45'33"	NO	940,524		922,482	183,337		771732,608	8830754,230
17	1140+15,566	25°28'48"	D	255°32'36"	75°32'36"	SO	1006,647		974,774		251,304	770757,834	8830502,926
18	1166+14,105	47°39'14"	D	281°01'25"	78°58'34"	NO	518,539		508,971	99,153		770248,863	8830602,079
19	1210+01,934	19°48'49"	E	328°40'40"	31°19'19"	NO	867,829		451,140	741,350		769797,723	8831343,429
20	1244+16,923	75°51'29"	E	308°51'50"	51°08'09"	NO	694,989		541,144	436,088		769256,579	8831779,517
21	1273+08,294	39°58'49"	D	233°00'21"	53°00'21"	SO	571,371		456,353		343,812	768800,226	8831435,705
				272°59'10"	87°00'49"	NO	1055,874		1054,440	55,008			

PLANILHA DA DIRETRIZ													
Rodovia: Grupo de Eixos 1 Trecho: Traçado 1 Segmento: km: 0+000,00 ao km: 71+448,26													
PONTO DE INFLEXÃO				ALINHAMENTO				PROJEÇÕES				COORDENADAS	
Nº	Est. ou km	Deflexão	Lado	Azimute	Rumo	Q	Comprimento	Leste (+)	Oeste (-)	Norte (+)	Sul (-)	X	Y
22	1326+04,168	93°19'31"	D									767745,786	8831490,713
23	1363+08,093	18°04'07"	D	6°18'41"	6°18'41"	NE	743,925	81,784		739,416		767827,570	8832230,129
24	1384+11,049	26°23'00"	E	24°22'49"	24°22'49"	NE	422,956	174,593		385,239		768002,163	8832615,368
25	1416+15,958	42°47'56"	E	357°59'48"	2°00'11"	NO	644,909		22,542	644,515		767979,621	8833259,883
26	1456+06,864	39°55'18"	D	315°11'52"	44°48'07"	NO	790,906		557,321	561,183		767422,301	8833821,066
27	1474+19,556	20°14'43"	E	355°07'10"	4°52'49"	NO	372,692		31,706	371,341		767390,594	8834192,407
28	1512+17,413	73°30'36"	D	334°52'27"	25°07'32"	NO	757,856		321,789	686,147		767068,805	8834878,554
29	1548+14,516	48°23'03"	E	48°23'03"	48°23'03"	NE	717,104	536,119		476,250		767604,924	8835354,804
30	1572+06,428	6°23'15"	D			NE	471,912		0,000	471,912		767604,924	8835826,716
31	1606+18,631	6°45'27"	D	6°23'15"	6°23'15"	NE	692,203	77,010		687,906		767681,934	8836514,622
32	1707+18,506	19°03'07"	E	13°08'42"	13°08'42"	NE	2019,874	459,356		1966,948		768141,290	8838481,570
33	1907+04,191	8°36'28"	E	354°05'35"	5°54'24"	NO	3985,685		410,172	3964,523		767731,118	8842446,093
34	2078+02,307	45°12'54"	E	345°29'06"	14°30'53"	NO	3418,116		856,682	3309,020		766874,436	8845755,113
35	2112+15,626	59°29'29"	D	300°16'12"	59°43'47"	NO	693,320		598,792	349,486		766275,644	8846104,599
36	2213+00,995	8°53'19"	D	359°45'42"	0°14'17"	NO	2005,369		8,341	2005,351		766267,303	8848109,950
37	2249+07,002	13°20'54"	E	8°39'01"	8°39'01"	NE	726,007	109,197		717,748		766376,500	8848827,698
38	2267+04,423	12°58'44"	D	355°18'07"	4°41'52"	NO	357,422		29,273	356,221		766347,227	8849183,919
39	2303+08,280	48°54'41"	D	8°16'51"	8°16'51"	NE	723,856	104,257		716,309		766451,484	8849900,228
40	2332+17,248	19°28'03"	E	57°11'33"	57°11'33"	NE	588,968	495,026		319,113		766946,510	8850219,341
41	2379+14,088	17°32'53"	E	37°43'29"	37°43'29"	NE	936,839	573,224		741,001		767519,734	8850960,342
42	2411+18,557	22°59'35"	D	20°10'36"	20°10'36"	NE	644,469	222,289		604,920		767742,023	8851565,262
43	2436+07,590	13°39'38"	E	43°10'11"	43°10'11"	NE	489,033	334,579		356,665		768076,602	8851921,927
				29°30'33"	29°30'33"	NE	1387,035	683,206		1207,102			

PLANILHA DA DIRETRIZ													
Rodovia: Grupo de Eixos 1													
Trecho: Traçado 1													
Segmento: km: 0+000,00 ao km: 71+448,26													
PONTO DE INFLEXÃO				ALINHAMENTO				PROJEÇÕES				COORDENADAS	
Nº	Est. ou km	Deflexão	Lado	Azimute	Rumo	Q	Comprimento	Leste (+)	Oeste (-)	Norte (+)	Sul (-)	X	Y
44	2505+14,625	30°31'52"	E									768759,808	8853129,029
45	2538+07,249	55°16'53"	D	358°58'41"	1°01'18"	NO	652,625		11,638	652,521		768748,170	8853781,550
46	2569+14,082	30°47'19"	E	54°15'34"	54°15'34"	NE	626,833	508,783		366,141		769256,953	8854147,691
47	2608+16,744	14°06'19"	E	23°28'15"	23°28'15"	NE	782,662	311,722		717,906		769568,675	8854865,597
48	2664+14,347	7°20'59"	D	9°21'55"	9°21'55"	NE	1117,603	181,869		1102,706		769750,544	8855968,303
49	2717+11,063	42°03'02"	D	16°42'55"	16°42'55"	NE	1056,715	303,931		1012,064		770054,475	8856980,367
50	2749+19,885	63°37'26"	E	58°45'57"	58°45'57"	NE	648,822	554,780		336,436		770609,255	8857316,803
51	2790+07,848	2°04'09"	E	355°08'31"	4°51'28"	NO	807,963		68,423	805,061		770540,832	8858121,864
52	2802+04,354	9°59'37"	D	353°04'22"	6°55'37"	NO	236,505		28,524	234,779		770512,308	8858356,643
53	2836+05,755	27°53'14"	E	3°03'59"	3°03'59"	NE	681,402	36,451		680,426		770548,759	8859037,069
54	2857+13,401	41°04'04"	D	335°10'44"	24°49'15"	NO	427,645		179,519	388,141		770369,240	8859425,210
55	2918+00,016	39°08'45"	D	16°14'48"	16°14'48"	NE	1206,615	337,583		1158,429		770706,823	8860583,639
56	2944+05,675	74°46'45"	E	55°23'34"	55°23'34"	NE	525,659	432,652		298,546		771139,475	8860882,185
57	2969+12,491	49°47'23"	D	340°36'49"	19°23'10"	NO	506,817		168,231	478,081		770971,244	8861360,266
58	3016+03,923	63°29'35"	E	30°24'12"	30°24'12"	NE	931,432	471,385		803,344		771442,629	8862163,610
59	3060+18,111	25°15'33"	D	326°54'37"	33°05'22"	NO	894,187		488,183	749,165		770954,446	8862912,775
60	3113+09,713	49°52'35"	E	352°10'10"	7°49'49"	NO	1051,603		143,273	1041,797		770811,173	8863954,572
61	3192+11,553	6°29'35"	E	302°17'35"	57°42'24"	NO	1581,840		1337,171	845,098		769474,002	8864799,670
62	3256+12,613	68°41'01"	D	295°47'59"	64°12'00"	NO	1281,060		1153,365	557,552		768320,637	8865357,222
63	3384+10,047	30°05'02"	E	4°29'00"	4°29'00"	NE	2557,434	199,917		2549,608		768520,554	8867906,830
64	3425+18,632	33°23'21"	D	334°23'57"	25°36'02"	NO	828,585		358,027	747,241		768162,527	8868654,071
65	3519+08,228	54°19'47"	E	7°47'18"	7°47'18"	NE	1869,596	253,365		1852,349		768415,892	8870506,420
				313°27'31"	46°32'28"	NO	1308,994		950,157	900,370			

PLANILHA DA DIRETRIZ													
Rodovia: Grupo de Eixos 1 Trecho: Traçado 1 Segmento: km: 0+000,00 ao km: 71+448,26													
PONTO DE INFLEXÃO				ALINHAMENTO				PROJEÇÕES				COORDENADAS	
Nº	Est. ou km	Deflexão	Lado	Azimute	Rumo	Q	Comprimento	Leste (+)	Oeste (-)	Norte (+)	Sul (-)	X	Y
66	3584+17,222	43°27'25"	D	356°54'57"	3°05'02"	NO	456,312		24,549	455,651		767465,735	8871406,790
67	3607+13,533	24°50'02"	E									767441,186	8871862,441
PF	3646+03,682											767080,597	8872542,959

ANEXO E – RELATÓRIO DE PONTOS NOTÁVEIS (RPN)

COORDENADAS DOS PONTOS NOTÁVEIS

Rodovia: Grupo de Eixos 1
Trecho: Traçado 1
Segmento: km: 0+000,00 ao km: 71+448,26

PI	PC ou TE		EC		PI		CE		PT ou ET	
	X (E)	Y (N)	X (E)	Y (N)	X (E)	Y (N)	X (E)	Y (N)	X (E)	Y (N)
PP					775861,86100000	8813369,43700000				
1	775965,24016824	8813515,86685164			776064,56500000	8813656,55400000			776221,03930207	8813728,48513865
2	776498,00200484	8813855,80471963			776585,81000000	8813896,17000000			776657,64857958	8813960,81378050
3	776768,71049295	8814060,75258765			776940,37000000	8814215,22000000			776968,31957395	8814444,44911934
4	777168,86765859	8816089,24917641			777175,18000000	8816141,02000000			777173,35552847	8816193,14230935
5	777146,21270728	8816968,57042645			777140,26000000	8817138,63000000			777052,28309484	8817284,28629899
6	776841,84065937	8817632,69894486			776669,24000000	8817918,46000000			776817,27949674	8818217,68345439
7	776963,27321202	8818512,77189206			777012,92000000	8818613,12000000			777023,05618187	8818724,61800061
8	777066,38904088	8819201,27944964			777075,83000000	8819305,13000000			777053,90081425	8819407,07694371
9	776853,48324974	8820338,80137698			776848,42000000	8820362,34000000			776841,64395334	8820385,44386252
10	776669,44502468	8820972,57978041			776628,03000000	8821113,79000000			776528,06252720	8821221,78090132
11	775043,03272486	8822825,99977718	774990,99246266	8822886,69890752	774901,40000000	8822979,00000000	774923,48472977	8823105,72239640	774932,32387537	8823185,18586485
12	775723,08277313	8828457,59448919			775804,94000000	8829003,38000000			775272,75634160	8829149,54081258
13	774060,43283148	8829482,49765287			774032,57000000	8829490,15000000			774004,28868050	8829496,07138177
14	773786,77542409	8829541,61306988			773597,40200000	8829581,26300000			773463,98200727	8829721,38264976
15	772798,63494649	8830420,13997405			772655,09000000	8830570,89300000			772450,92067681	8830611,47025918
16	771885,16314568	8830723,91070624			771732,60800000	8830754,23000000			771581,99390081	8830715,40056304
17	770890,45066565	8830537,11556450			770757,83400000	8830502,92600000			770623,40812470	8830529,11359971
18	770505,08171675	8830552,16485082	770427,01586051	8830569,54535971	770248,86300000	8830602,07900000	770156,54693602	8830757,88215719	770113,16404195	8830825,07058254
19	769856,24801785	8831247,25592294			769797,72300000	8831343,42900000			769710,06342874	8831414,07061685
20	769462,26951847	8831613,75859407	769414,34394792	8831649,81328734	769256,57900000	8831779,51700000	769094,66551346	8831655,03063630	769045,58891104	8831620,55907825
21	768955,02641553	8831552,33015742	768906,32375742	8831517,30689213	768800,22600000	8831435,70500000	768666,63465312	8831444,00891274	768606,67331596	8831445,80225166
22	768252,35121120	8831464,28651851	768192,52875563	8831468,74205754	767745,78600000	8831490,71300000	767796,28298926	8831935,13607107	767801,55137470	8831994,89242749
23	767816,40070749	8832129,14649011	767824,31875479	8832188,60977749	767827,57000000	8832230,12900000	767845,96652418	8832267,49187371	767869,50900967	8832322,66731567
24	767946,20827202	8832491,90403836	767969,75075751	8832547,07948032	768002,16300000	8832615,36800000	767998,18915386	8832690,85365380	767997,42495553	8832750,83693497

COORDENADAS DOS PONTOS NOTÁVEIS

Rodovia: Grupo de Eixos 1
 Trecho: Traçado 1
 Segmento: km: 0+000,00 ao km: 71+448,26

PI	PC ou TE		EC		PI		CE		PT ou ET	
	X (E)	Y (N)	X (E)	Y (N)	X (E)	Y (N)	X (E)	Y (N)	X (E)	Y (N)
25	767985,46948651	8833092,66459513	767981,66146166	8833152,52400195	767979,62100000	8833259,88300000	767902,74957551	8833334,85567531	767861,71670644	8833378,60442721
26	767533,12080353	8833709,47765828	767492,08793446	8833753,22641019	767422,30050000	8833821,06600000	767415,72895904	8833918,17063842	767408,92107922	8833977,76344344
27	767398,46817336	8834100,18605447	767391,66029354	8834159,77885949	767390,59400000	8834192,40700000	767375,20039411	8834221,19535585	767351,29410768	8834276,20571039
28	767176,83486137	8834648,20316362	767153,19352955	8834703,32020862	767068,80500000	8834878,55400000	767215,53243656	8835006,22296616	767259,01731897	8835047,52509953
29	767398,37062710	8835171,31667005			767604,92400000	8835354,80400000			767604,92400000	8835631,08627613
30	767604,92400000	8835779,72185337			767604,92400000	8835826,71600000			767610,15226170	8835873,41840997
31	767672,28109322	8836428,39563341			767681,93400000	8836514,62200000			767701,66593164	8836599,11351305
32	768117,08413666	8838377,92125159			768141,29000000	8838481,57000000			768130,33635676	8838587,44258648
33	767736,27965573	8842396,20294688			767731,11800000	8842446,09300000			767718,54731868	8842494,64851525
34	766941,37640513	8845496,54898280			766874,43600000	8845755,11300000			766643,76238207	8845889,74602277
35	766576,89009560	8845928,77613878			766275,64414856	8846104,59881331			766274,19333888	8846453,39765023
36	766267,52960976	8848055,46923474			766267,30300000	8848109,95000000			766275,49739416	8848163,81146155
37	766364,62343382	8848749,63375261			766376,50000000	8848827,69800000			766370,03293462	8848906,39524652
38	766353,42417368	8849108,50604591			766347,22700000	8849183,91900000			766358,12533650	8849258,79720021
39	766411,31634058	8849624,25174948			766451,48400000	8849900,22800000			766685,88512892	8850051,33207828
40	766851,06698310	8850157,81472168			766946,51000000	8850219,34100000			767015,99120832	8850309,15867136
41	767453,52695226	8850874,75680366			767519,73400000	8850960,34200000			767557,05564897	8851061,90623348
42	767696,84660514	8851442,32247183			767742,02300000	8851565,26200000			767831,63301088	8851660,78728560
43	767969,54018970	8851807,79789874			768076,60200000	8851921,92700000			768153,68136808	8852058,11236631
44	768670,18303341	8852970,67781980			768759,80800000	8853129,02900000			768756,56326298	8853310,95536584
45	768753,80522318	8853465,59352437			768748,17000000	8853781,55000000			769004,66399127	8853966,13353848
46	769116,50784366	8854046,62093675			769256,95300000	8854147,69100000			769325,86885735	8854306,40648202
47	769506,01437452	8854721,28752233			769568,67500000	8854865,59700000			769594,27691845	8855020,82625337
48	769732,10046994	8855856,47640363			769750,54400000	8855968,30300000			769783,14192285	8856076,85126982
49	770012,62838872	8856841,02139590	770031,78237646	8856897,85383359	770054,47500000	8856980,36700000	770128,66438001	8857023,02041357	770178,88021027	8857055,81022312

COORDENADAS DOS PONTOS NOTÁVEIS

Rodovia: Grupo de Eixos 1
 Trecho: Traçado 1
 Segmento: km: 0+000,00 ao km: 71+448,26

PI	PC ou TE		EC		PI		CE		PT ou ET	
	X (E)	Y (N)	X (E)	Y (N)	X (E)	Y (N)	X (E)	Y (N)	X (E)	Y (N)
50	770424,22495121	8857204,59497250	770474,44078148	8857237,38478206	770609,25500000	8857316,80300000	770594,01416354	8857472,52661337	770590,92951117	8857532,42057082
51	770543,88617750	8858085,93209909			770540,83230000	8858121,86400000			770536,48302373	8858157,66220479
52	770521,05919174	8858284,61332544			770512,30800000	8858356,64300000			770516,18949980	8858429,09844378
53	770542,50024880	8858920,23771840	770543,99660727	8858980,19946078	770548,75900000	8859037,06900000	770523,25815953	8859088,12320659	770499,64467985	8859143,25988418
54	770436,92995229	8859278,85643424	770413,31647261	8859333,99311182	770369,24000000	8859425,21000000	770399,22446794	8859521,97873363	770414,35378903	8859580,01969573
55	770663,57270230	8860435,22394617	770681,99194800	8860492,30617655	770706,82300000	8860583,63900000	770785,68497058	8860635,97498551	770834,05953667	8860671,43695096
56	770925,76332384	8860734,71598086	770973,96282857	8860770,40363928	771139,47500000	8860882,18500000	771071,29762503	8861069,91138877	771053,28659154	8861127,11631768
57	771027,48901516	8861200,42819903	771009,47798168	8861257,63312795	770971,24400000	8861360,26600000	771028,38673289	8861453,70074653	771056,99783051	8861506,40943948
58	771317,71895156	8861950,73572959	771346,58406643	8862003,31381229	771442,62900000	8862163,61000000	771339,17711555	8862319,22877991	771307,87957875	8862370,39628745
59	771035,73865166	8862788,02340198			770954,44600000	8862912,77500000			770934,15937541	8863060,28740383
60	770851,45549479	8863661,66138721			770811,17300000	8863954,57200000			770561,23738274	8864112,53241814
61	769507,54759158	8864778,46903740			769474,00200000	8864799,67000000			769438,27403858	8864816,94137233
62	768699,36714842	8865174,13880282			768320,63700000	8865357,22200000			768353,52049320	8865776,59612686
63	768505,32288694	8867712,58254879			768520,55400000	8867906,83000000			768436,36308279	8868082,54553309
64	768246,54157179	8868478,72351884			768162,52700000	8868654,07100000			768188,87662623	8868846,71285583
65	768373,47968687	8870196,34399973			768415,89200000	8870506,42000000			768188,72197843	8870721,68660575
66	767625,10849210	8871255,76747311	767568,71439528	8871312,47031495	767465,73500000	8871406,79000000	767460,58891384	8871546,34098221	767453,92281218	8871626,03457993
67	767448,67472801	8871723,44363113	767442,00862636	8871803,13722885	767441,18600000	8871862,44100000	767411,34573193	8871913,69694978	767376,01208475	8871985,43982264
PF					767080,59700000	8872542,95900000				

**ANEXO F – RELATÓRIO DE SUPERELEVAÇÃO E SUPERLARGURA POR
CURVAS (RCU)**

SUPERELEVAÇÃO E SUPERLARGURA POR CURVA

Rodovia: Grupo de Eixos 1 Trecho: Traçado 1 Segmento: km: 0+000,00 ao km: 71+448,26	Velocidade de projeto: Superelevação de projeto: Abaulamento em tangente:	Número de faixas: Comprimento de giro: Dist. do eixo p/ giro:
---	---	---

PI	CARACTERÍSTICAS					DISTRIBUIÇÃO					
	RAIO (m)	LADO	SE (%)	SL (m)	CC (m)	INÍCIO SE e SL	CASO	INÍCIO SE e SL MÁX	FIM SE e SL MÁX	CASO	FIM SE e SL
1	640,710	D	2,73	0,00	0,000	7+08,035	I	10+00,052	24+14,918	I	27+06,935
2	635,480	E	2,75	0,00	0,000	39+09,436	I	42+01,292	49+11,621	I	52+03,477
3	616,560	E	2,82	0,00	0,000	56+11,006	I	59+02,280	79+03,172	I	81+14,445
4	665,920	E	2,63	0,00	0,000	161+08,986	I	164+01,780	167+03,641	I	169+16,435
5	654,970	E	2,67	0,00	0,000	205+09,188	I	208+01,644	222+12,645	I	225+05,102
6	609,070	D	2,85	0,00	0,000	242+10,037	I	245+01,080	273+11,017	I	276+02,060
7	600,290	E	2,89	0,00	0,000	289+10,198	I	292+00,972	301+01,725	I	303+12,498
8	684,100	E	2,57	0,00	0,000	324+08,649	I	327+02,003	335+06,284	I	337+19,639
9	655,660	E	2,67	0,00	0,000	382+09,175	I	385+01,653	385+07,803	I	388+00,281
10	626,310	E	2,78	0,00	0,000	415+09,717	I	418+01,291	430+09,105	I	433+00,678
11	350,000	D	4,56	0,42	0,011	539+00,691	I	544+15,788	556+09,285	I	562+04,382
12	621,910	E	2,80	0,00	0,000	825+09,800	I	828+01,239	871+02,873	I	873+14,311
13	937,200	E	2,00	0,00	0,000	933+04,663	I	936+04,663	936+14,434	I	939+14,434
14	621,620	D	2,80	0,00	0,000	947+09,806	I	950+01,235	966+15,235	I	969+06,664
15	656,960	E	2,66	0,00	0,000	1014+09,153	I	1017+01,670	1035+02,832	I	1037+15,350
16	681,930	E	2,58	0,00	0,000	1063+08,689	I	1066+01,977	1079+05,192	I	1081+18,480
17	605,730	D	2,87	0,00	0,000	1114+10,098	I	1117+01,039	1128+09,663	I	1131+00,603
18	500,000	D	3,39	0,00	0,000	1133+03,394	I	1139+10,590	1156+06,451	I	1162+13,647
19	644,600	E	2,71	0,00	0,000	1183+09,381	I	1186+01,518	1195+02,722	I	1197+14,859
20	300,000	E	5,13	0,47	0,015	1210+18,445	I	1215+01,817	1231+19,009	I	1236+02,381
21	450,000	D	3,71	0,00	0,000	1239+00,047	I	1243+12,397	1256+06,402	I	1260+18,751
22	450,000	D	3,71	0,00	0,000	1275+08,856	I	1280+01,206	1313+14,181	I	1318+06,530
23	450,000	D	3,71	0,00	0,000	1321+16,904	I	1326+09,254	1330+11,165	I	1335+03,515
24	450,000	E	3,71	0,00	0,000	1341+04,622	I	1345+16,971	1353+04,187	I	1357+16,536
25	350,000	E	4,56	0,42	0,011	1371+19,900	I	1376+06,223	1386+07,668	I	1390+13,990

SUPERELEVAÇÃO E SUPERLARGURA POR CURVA

Rodovia: Grupo de Eixos 1 Trecho: Traçado 1 Segmento: km: 0+000,00 ao km: 71+448,26	Velocidade de projeto: Superelevação de projeto: Abaulamento em tangente:	Número de faixas: Comprimento de giro: Dist. do eixo p/ giro:
---	---	---

PI	CARACTERÍSTICAS					DISTRIBUIÇÃO					
	RAIO (m)	LADO	SE (%)	SL (m)	CC (m)	INÍCIO SE e SL	CASO	INÍCIO SE e SL MÁX	FIM SE e SL MÁX	CASO	FIM SE e SL
26	350,000	D	4,56	0,42	0,011	1411+07,663	I	1415+13,985	1424+17,854	I	1429+04,177
27	350,000	E	4,56	0,42	0,011	1432+14,399	I	1437+00,722	1440+04,394	I	1444+10,717
28	300,000	D	5,13	0,47	0,015	1462+11,897	I	1466+15,269	1483+00,166	I	1487+03,538
29	614,980	E	2,83	0,00	0,000	1493+15,828	I	1496+07,053	1520+05,403	I	1522+16,628
30	842,190	D	2,12	0,00	0,000	1526+19,585	I	1529+17,825	1532+05,124	I	1535+03,364
31	1469,620	D	2,00	0,00	0,000	1559+10,864	I	1562+10,864	1568+16,192	I	1571+16,192
32	634,280	E	2,75	0,00	0,000	1659+15,773	I	1662+07,592	1670+17,047	I	1673+08,866
33	666,440	E	2,63	0,00	0,000	1861+15,179	I	1864+07,989	1867+05,865	I	1869+18,675
34	641,400	E	2,72	0,00	0,000	2021+16,637	I	2024+08,676	2047+13,208	I	2050+05,246
35	610,380	D	2,85	0,00	0,000	2051+00,802	I	2053+11,886	2083+04,792	I	2085+15,875
36	700,940	D	2,51	0,00	0,000	2162+14,986	I	2165+08,860	2168+14,505	I	2171+08,379
37	674,800	E	2,60	0,00	0,000	2197+16,777	I	2200+09,845	2206+04,601	I	2208+17,668
38	665,210	D	2,63	0,00	0,000	2215+16,957	I	2218+09,729	2223+18,198	I	2226+10,970
39	613,210	D	2,83	0,00	0,000	2241+17,909	I	2244+09,080	2268+11,620	I	2271+02,791
40	661,970	E	2,65	0,00	0,000	2277+17,014	I	2280+09,686	2289+12,470	I	2292+05,143
41	701,060	E	2,51	0,00	0,000	2324+16,292	I	2327+10,170	2336+01,782	I	2338+15,660
42	643,970	D	2,71	0,00	0,000	2355+17,350	I	2358+09,468	2369+06,203	I	2371+18,321
43	1306,450	E	2,00	0,00	0,000	2378+12,620	I	2381+12,620	2394+16,107	I	2397+16,107
44	666,690	E	2,63	0,00	0,000	2446+17,011	I	2449+09,828	2465+02,833	I	2467+15,651
45	603,420	D	2,88	0,00	0,000	2472+08,101	I	2474+18,971	2502+00,481	I	2504+11,350
46	628,430	E	2,77	0,00	0,000	2508+07,639	I	2510+19,278	2525+15,663	I	2528+07,302
47	1271,640	E	2,00	0,00	0,000	2547+12,622	I	2550+12,622	2563+17,684	I	2566+17,684
48	1764,590	D	2,00	0,00	0,000	2605+12,624	I	2608+12,624	2617+10,987	I	2620+10,987
49	300,000	D	5,13	0,47	0,015	2657+09,500	I	2661+12,872	2669+13,049	I	2673+16,421
50	300,000	E	5,13	0,47	0,015	2685+16,610	I	2689+19,982	2703+13,117	I	2707+16,489

SUPERELEVAÇÃO E SUPERLARGURA POR CURVA

Rodovia: Grupo de Eixos 1 Trecho: Traçado 1 Segmento: km: 0+000,00 ao km: 71+448,26	Velocidade de projeto: Superelevação de projeto: Abaulamento em tangente:	Número de faixas: Comprimento de giro: Dist. do eixo p/ giro:
---	---	---

PI	CARACTERÍSTICAS					DISTRIBUIÇÃO					
	RAIO (m)	LADO	SE (%)	SL (m)	CC (m)	INÍCIO SE e SL	CASO	INÍCIO SE e SL MÁX	FIM SE e SL MÁX	CASO	FIM SE e SL
51	1996,830	E	2,00	0,00	0,000	2732+12,624	I	2735+12,624	2736+16,739	I	2739+16,739
52	829,890	D	2,15	0,00	0,000	2742+13,908	I	2745+11,767	2750+10,231	I	2753+08,090
53	350,000	E	4,56	0,42	0,011	2774+18,895	I	2779+05,218	2784+15,573	I	2789+01,895
54	350,000	D	4,56	0,42	0,011	2793+18,647	I	2798+04,970	2807+15,839	I	2812+02,162
55	350,000	D	4,56	0,42	0,011	2854+00,294	I	2858+06,617	2867+05,746	I	2871+12,069
56	300,000	E	5,13	0,47	0,015	2874+13,791	I	2878+17,163	2895+08,706	I	2899+12,078
57	300,000	D	5,13	0,47	0,015	2901+03,053	I	2905+06,425	2915+07,124	I	2919+10,496
58	350,000	E	4,56	0,42	0,011	2942+15,972	I	2947+02,295	2963+10,153	I	2967+16,476
59	664,530	D	2,64	0,00	0,000	2989+16,973	I	2992+09,724	3005+00,486	I	3007+13,237
60	635,850	E	2,74	0,00	0,000	3034+17,500	I	3037+09,368	3063+01,387	I	3065+13,254
61	699,570	E	2,52	0,00	0,000	3124+16,323	I	3127+10,155	3129+06,372	I	3132+00,203
62	615,700	D	2,82	0,00	0,000	3169+17,871	I	3172+09,118	3207+06,195	I	3209+17,442
63	725,040	E	2,44	0,00	0,000	3303+15,852	I	3306+10,470	3323+07,469	I	3326+02,087
64	648,310	D	2,70	0,00	0,000	3344+17,271	I	3347+09,522	3364+05,524	I	3366+17,775
65	609,880	E	2,85	0,00	0,000	3431+17,981	I	3434+09,050	3461+06,503	I	3463+17,571
66	450,000	D	3,71	0,00	0,000	3499+00,266	I	3505+03,398	3518+04,710	I	3524+07,843
67	450,000	E	3,71	0,00	0,000	3524+19,128	I	3531+02,261	3536+17,307	I	3543+00,440