

N. CLASS.	M.624	1
CUTTER	0480	
ANO/EDIÇÃO	2015	

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS - UNIS

HELDER EGÍDIO DE OLIVEIRA

**PROJETO GEOMÉTRICO PARA SOLUÇÃO DE PROBLEMAS NA
INTERSEÇÃO ENTRE AS RO DOVIAS BR-265 E MG-167 NO
MUNICÍPIO DE SANTANA DA VARGEM, MG**

VARGINHA

2015

Registro: 51967

Data: 16/04/15

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS - UNIS

HELDER EGÍDIO DE OLIVEIRA

**PROJETO GEOMÉTRICO PARA SOLUÇÃO DE PROBLEMAS NA
INTERSEÇÃO ENTRE AS RODOVIAS BR-265 E MG-167 NO
MUNICÍPIO DE SANTANA DA VARGEM, MG**

**Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Centro
Universitário do Sul de Minas - UNIS como parte dos
requisitos necessários para a obtenção do Grau de Bacharel
em Engenharia Civil.**

Orientador (a):

M. Sc. Ivana Prado Vasconcelos

VARGINHA

2015

HELDER EGIDIO DE OLIVEIRA

**PROJETO GEOMÉTRICO PARA SOLUÇÃO DE PROBLEMAS NA
INTERSEÇÃO ENTRE AS RODOVIAS BR-265 E MG-167 NO
MUNICÍPIO DE SANTANA DA VARGEM, MG**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Centro
Universitário do Sul de Minas - UNIS como parte dos
requisitos necessários para a obtenção do Grau de
Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em / /

Prof. M. Sc. Ivana Prado de Vasconcelos
Presidente da Banca - Orientador

Prof. Leopoldo Freire Bueno
Membro

Prof. Armando Belato Pereira
Membro

OBS.

Dedico este trabalho a todos aqueles que
contribuíram para sua realização, principalmente
aos meus familiares.

Dedico a Deus.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todas as pessoas que me ajudaram para a realização deste trabalho, meu Pai, Mãe, Irmãos, Vanessa minha mulher, Vinícius meu filho e meus amigos que de certa forma colaboram com incentivo para a conclusão de mais esta etapa.

Agradeço a colaboração constante da Professora Ivana Prado Vasconcelos pelo seu incansável empenho.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Fator de equivalência em carros de passeio	222
Tabela 2 – Cálculo de volumes e ordenadas de Bruckner	33
Tabela 3 - Valores de superelevação para $e_{máx}=8\%$, em %.....	40
Tabela 4 - Valores de superelevação para $e_{máx}=10\%$, em %.....	40
Quadro 1 – Verificação da necessidade de interseção a níveis diferentes	44
Tabela 5 – Classes de estradas.....	45
Tabela 6 - Tabela de volumes acumulados, para o Diagrama de Brückner.	52
Tabela 7 – Velocidade Diretriz (Km/h).....	55

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Localização Geográfica do Projeto.....	20
Figura 2 – Elemento das curvas horizontais circulares	24
Figura 3 - Elemento das curvas horizontais circulares	24
Figura 4 - Pontos e elementos de uma curva circular podem ser definidos e codificados	27
Figura 5 – Geometria das curvas horizontais circulares	29
Figura 6 – Levantamento topográfico da inteseção das BR-265 E MG-167 no município de Santana da Vargem, MG.....	30
Figura 7 – Prismóide formado num tramo de rodovia	31
Figura 8 – Perfil longitudinal e diagrama de massas	34
Figura 9 - Expansão e contração do solo durante a terraplenagem	35
Figura 10 - Onda de Brückner.	37
Figura 11 - Momento de Transporte	38
Figura 12 – Memorial de cálculos e resultados.....	43
Figura 13 - Imagem do local em estudo, placa regulamentando a velocidade.....	45
Figura 14 - Demonstração de Cálculos da rotatória Existente	47
Figura 15 - Como demonstrado em cálculos, o raio da rotatória existente no local é de 26,24 m.....	47
Figura 16 - Cálculo do Raio mínimo de Curva.....	49
Figura 17 - Levantamento Topográfico do local.....	49
Figura 18 - Perfil longitudinal referente ao levantamento	53
Figura 19 - Diagrama de massas referente aos cálculos.....	54

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. OBJETIVOS	13
2.1. OBJETIVO GERAL	13
2.2. OBJETIVO ESPECÍFICO.....	13
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1. Estudos Geométricos	14
3.2. Projeto	14
3.2.1. Projeto de rodovias.....	15
3.2 Construção	18
4. MEMORIAL DESCRITIVO	20
4.1. Identificação.....	20
4.2 - Projeto Geométrico	21
4.3. Estudos de Tráfego.....	21
4.3.1. Pesquisas de Tráfego	21
4.3.2. Fluxogramas de Tráfego da Interseção	21
4.4. Metodologias de Cálculos das Curvas	24
4.4.1. Elemento das Curvas Horizontais Circulares.....	24
4.4.2. Geometria das Curvas Horizontais Circulares.....	28
4.5. Topografia.....	30
4.5.1. Levantamento Topográfico do Local.....	30
4.5.2. Cálculo de Volumes de Diagrama de BRÜCKNER (Ou Diagrama de Massas)....	31
4.5.3. Cálculo de Volumes	31
4.5.4. Diagrama de Massas (Ou Diagrama de BRÜCKNER).....	32
4.5.5. Fator de Homogeneização de Volumes	35
4.5.6. Propriedades do Diagrama de Massas	36
4.5.7. Momento de Transporte	37
4.5.8 - Superelevações a Adotar.....	38
5 - MEMORIAL DE CÁLCULOS E RESULTADOS.....	41
5.1 Necessidade de Interseção em Níveis Diferentes (Normas Suecas).....	43
5.2. Cálculos dos Ráios Mínimos de Curvas.....	44
5.2.1 Cálculo do Raio Mínimo de Curva Existente.....	46

5.2.2 Cálculo do Raio mínimo de Curva do Projeto Proposto.....	48
5.3. TOPOGRAFIAS CORTES E ATERROS	49
5.3.1 - Cálculos de Volumes	50
5.3.2 Resumo	54
6. SUPERELEVAÇÃO A ADOTAR.....	55
6.1. Resumo superelevação.....	55
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	56
7.1. Análise comparativa dos resultados.....	56
REFERÊNCIAS	57
APÊNDICE A - Projeto Geométrico da Intercesão.....	59
APÊNDICE B - Levantamento Topográfico da Área Estudada.....	60
APÊNDICE C - Cálculo dos Prismóides.....	61
APÊNDICE D - Projeto Geométrico Sobreposto Sobre o Levantamento Topográfico.....	62

1. INTRODUÇÃO

Uma construção rodoviária pode ser ao nível de implantação somente, ou implantação com pavimentação, sendo basicamente a execução de uma obra que tem por objetivo promover a interligação de malhas viárias regionais e interligar sistemas modais existentes, visando escoamento de produção agropecuária, industrial, promover o turismo, e outros (DNIT, 2005).

Os custos para a construção de uma rodovia são muito variáveis, tendo em vista uma série de fatores, tais como: tipo de solo onde será construída a obra, proximidade de materiais de construção, facilidade de apoio logístico, fatores climáticos, sofisticação do projeto, classe da rodovia a ser implantada, etc. Deve-se considerar também a adequação de capacidade, pois é o conjunto de melhoramentos introduzidos em uma rodovia existente, em área urbana ou rural, ou em segmento em travessia urbana, compreendendo melhorias, tais como: alterações de características geométricas do traçado em planta e/ou perfil e em seção transversal ou alargamento de plataforma e de acostamentos ou duplicação de pista, construção e/ou ampliação de vias laterais, implantação de faixas adicionais, construção ou modificação ou remanejamento de interseções e acessos, incorporação ou modificação ou reforço de obras de arte especiais e até passarelas para travessia de pedestres e melhorias de drenagem (ALBANO, 2014).

Um projeto rodoviário tem por objetivo suprimir pontos críticos, melhorar a funcionalidade operacional, aumentar a fluidez e a segurança de tráfego de veículos e de pedestres. Pode incluir, portanto, etapas de construção ou de reabilitação de estruturas.

Em uma rodovia as alterações de características geométricas do traçado em planta e/ou perfil objetivam modificar o traçado da pista existente com a construção de nova pista de rolamento com a finalidade de atender a uma solicitação técnica em um determinado trecho de rodovia (DER/SC, 2014).

O conhecimento prévio dos parâmetros geotécnicos de uma região é pré-requisito básico é de importância fundamental para as atividades de construção de uma rodovia.

A existência dessas informações a respeito do comportamento dos horizontes mais superficiais dos solos e do material do substrato, integradas aos demais dados do meio físico como, por exemplo, tipo de relevo e declividades, suscetibilidade à erosão e ariscos geológicos, além de contribuir no estabelecimento para a elaboração de projetos geotécnicos e

geométricos de rodovias, pode facilitar também na coordenação da execução das atividades relacionadas à construção, conservação, restauração e operação de uma rodovia, efetuada com base em um conjunto de informações e dados coletados periodicamente e nas diversas fases de execução de serviços (DNIT, 1999).

A interseção localiza-se no município de Santana da Vargem, MG, no encontro entre as Rodovias BR 265 e MG 167.

A área foi escolhida por conter uma interseção geometricamente perigosa que apresenta inadequada capacidade de tráfego. Existe a necessidade de adequação da interseção para o volume de tráfego atual por meio da implantação de um dispositivo, como uma nova interseção. (Autoria Própria)

O projeto geométrico é a parte do projeto de estradas que estuda as diversas características geométricas do traçado em função das leis do movimento, do comportamento dos motoristas, das características de operação dos veículos e do tráfego, de maneira a garantir uma estrada segura, confortável e eficiente, com o menor custo possível.

Característica geométrica inadequadas causa acidentes de tráfego, baixa eficiência e desobediência precoce da estrada, fato que não deve ocorrer antes que os benefícios advindos da estrada justifiquem o investimento feito em sua construção.

A escolha de boas características geométricas nem sempre acarreta grandes acréscimos no custo da construção. Por outro lado, alterações na estrada depois de construída, como alargamento da plataforma ou redução de rampas, implicam a perda de vários outros serviços, gerando custos altos que devem ser evitados.

Os diversos elementos do projeto geométrico devem ser escolhidos de forma a gerar uma estrada que possa atender os objetivos para os quais ela foi projetada, dando condições de escoamento de tráfego que justifiquem o investimento. (Autoria Própria)

Os entrelaçamentos das correntes dos fluxos geram interrupções com riscos de acidentes e congestionamentos no trânsito. Estas interrupções podem variar de um pequeno atraso até uma retenção considerável. Portanto, o tipo de solução a empregar e o dimensionamento geométrico da interseção viária são de grande relevância para garantir a capacidade de fluxo do tráfego e aumento da segurança viária no local.

Esta escolha do tipo de solução, e seu dimensionamento, encontram-se em constante questionamento pela falta de um documento normativo por parte das autoridades públicas municipais.

Nessas condições, faz-se necessário desenvolver estudos para superar essa demanda, com objetivo de disponibilizar um material de consulta e garantir projetos de interseções mais apropriados às condições existentes. Além deste fato, também existe certa

resistência dentro do meio dos profissionais projetistas viários em utilizar as rótulas como a alternativa mais adequada para determinadas situações de interseções de vias. (Autoria Própria)

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem como objetivo apresentar o projeto geométrico de uma interseção, como solução satisfatória para o entroncamento perigoso entre as rodovias BR 265 e MG 167 no município de Santana da Vargem, MG.

2.2. OBJETIVO ESPECÍFICO

- Pesquisar sobre os diferentes tipos de interseções, as condições e parâmetros de implantação destas, assim como os elementos geométricos que compõem o projeto;
- Coletar dados e informações necessárias para determinar o modelo mais adequado às necessidades e características da região para realização do projeto geométrico de uma interseção.
- Elaborar o projeto geométrico da interseção.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O conhecimento de uma área através de representação gráfica definindo tamanho, contorno, relevo, acidentes naturais, detalhes como edificações e sua posição relativa em um aparte da superfície terrestre são frequentes preocupações dos profissionais responsáveis por planejamentos e projetos urbanos e rurais, conservacionistas ou por todos aqueles que têm necessidade de conhecer os elementos que caracterizam uma área. Quando essa representação gráfica se refere a uma parte restrita da superfície terrestre, o problema é objeto da Topografia. A Topografia preocupa-se com processos de medição e normas de representação. Num levantamento topográfico efetuam-se as medições das distâncias horizontais e verticais em unidades de comprimento e as direções em unidades de arco. Obedecendo às norma de representação, efetua-se o desenho através das distâncias e das coordenadas polares exatamente como foram obtidas no campo ou através de distâncias obtidas da transformação dos dados em coordenadas retangulares (UFPR, 2006).

3.1. Estudos Geométricos

Qualquer obra de engenharia seja civil, hidráulica, de transportes, saneamento, mista, dentre outras, desde a sua concepção inicial até a sua devida utilização prática, exige a aplicação de quatro fases interdependentes de serviços, de igual importância, quais sejam: projeto, construção, operação e conservação (ALBANO, 2014).

3.2. Projeto

Projeto Geométrico deve ser desenvolvido, visando o máximo aproveitamento da rodovia existente, tanto no aspecto planimétrico como altimétrico (PIMENTA, 2001).

O projeto de uma obra de engenharia, em particular, de uma “estrada”, chamado de Projeto Final de Engenharia, Projeto Final ou simplesmente Projeto de Engenharia, deve ser o mais completo (abrangente) possível, de fácil entendimento, perfeitamente exequível

para condições vigentes, com identificação e solução dos prováveis problemas, observar padronização conforme normas estabelecidas, conter todos os elementos quantitativos, qualitativos e técnicos nos níveis de detalhamento ideal para sua melhor e integral aplicação (PIMENTA, 2001).

3.2.1. Projeto de rodovias

Conforme Albano (2014) um projeto de rodovia pode ter subdivisões inter-relacionadas conforme suas necessidades próprias, mas de uma maneira geral, os Projetos de Engenharia são informalmente padronizados, compreendendo os seguintes tópicos:

- a. Estudos de tráfego* - Trata da coleta de dados de tráfego, seu estudo e análise do tráfego atual e futuro com vistas a propiciar meios necessários para avaliar a suficiência do sistema de transporte existente, auxiliar na definição do traçado e padrão da rodovia, definir a classe e suas características técnicas, determinar as características operacionais da rodovia e fornecer insumos para a análise de viabilidade econômica;
- b. Estudo de viabilidade técnica-econômica* - Tem por objetivo dar subsídios para seleção das alternativas de traçados mais convenientes, determinar as características técnicas mais adequadas em função dos estudos de tráfego e definir a viabilidade econômica do projeto. É desenvolvido ainda na fase inicial (preliminar) dos serviços, ou seja, de reconhecimento da área a ser projetada;
- c. Estudos hidrológicos* - Consistem na coleta de dados, processamento destes dados e análise relativa a todo aspecto hidrológico nas diversas fases de projeto;
- d. Estudos topográficos* - Consistem na busca do pleno conhecimento do terreno através de levantamento topográfico convencional ou por processo aerofotogramétrico, com formas de trabalho, precisão e tolerância em consonância a fase de projeto que se desenvolve;
- e. Estudos geológicos e geotécnicos* - Têm por objetivo o melhor conhecimento da constituição do terreno através de sondagens e coleta

de materiais no campo e conseqüentes ensaios destes materiais para definição de sua característica e aplicabilidade;

f. Projeto geométrico - Tem por objetivo o completo estudo e conseqüente definição geométrica de uma rodovia, das características técnicas tais como raios de curvatura, rampas, plataformas, etc..., com precisão tal que permita sua conformação espacial, sua quantificação, correspondente orçamento que possibilite a sua perfeita execução através de um adequado planejamento;

g. Projeto de drenagem - Visa estabelecer a concepção das estruturas que comporão o projeto de drenagem superficial e profunda, estabelecendo seus dimensionamentos e apresentando quadros identificativos do tipo de obra, localização e demais informações;

h. Projeto de pavimentação - Objetiva estabelecer a concepção do projeto de pavimento, a seleção das ocorrências de materiais a serem indicados, dimensionamento e definição dos trechos homogêneos, bem como o cálculo dos volumes e distâncias de transporte dos materiais empregados;

i. Projeto de obras de arte especiais - Consiste na concepção, no cálculo estrutural e confecção das plantas de execução de pontes e viadutos;

j. Projeto de interseções, retornos e acessos - Consiste na identificação e concepção de projeto, detalhamento e demonstração das plantas de execução destes dispositivos;

k. Projeto de obras complementares - É desenvolvido em função dos demais projetos, complementando-os conforme análise de necessidades de implantação de dispositivos de funcionalidade e de segurança do complexo da obra de engenharia, com definições, desenhos e localizações detalhadas dos dispositivos projetados; também envolve os projetos especiais de paisagismo e locais de lazer nas áreas adjacentes à via em estudo a partir de um cadastro pedológico e vegetal;

l. Projeto de sinalização - É composto pelo projeto de sinalização horizontal e vertical das vias, interseções e acessos, também pela sinalização por sinais luminosos em vias urbanas, onde são

especificados os tipos dos dispositivos de sinalização, localização de aplicação e quantidades correspondentes;

m. Projeto de desapropriação - É constituído de levantamento topográfico da área envolvida, da determinação do custo de desapropriação de cada unidade, do registro das informações de cadastro em formulário próprio, da planta cadastral individual das propriedades compreendidas, total ou parcialmente na área e, por fim, relatório demonstrativo;

n. Projeto de instalações para operação da rodovia - É constituído de memória justificativa, projetos e desenhos específicos e notas de serviços dos dispositivos tais como postos de pedágio, postos de polícia, balanças, residências de conservação, postos de abastecimento, área de estacionamento, parada de ônibus, etc...;

o. Orçamento dos projetos - Consiste na pesquisa de mercado de salário, materiais, equipamentos, etc... Para o cálculo dos custos unitários dos serviços e estudo dos custos de transportes para confecção do orçamento total da obra;

p. Plano de execução dos serviços - Apresenta um plano de ataque dos serviços considerando a forma e equipamentos para execução, bem como os cronogramas de dimensionamento, *layout* das instalações necessárias a execução da obra;

q. Documentos para licitação - Visam identificar e especificar as condições que nortearão a licitação dos serviços para execução da obra;

r. Estudo de impacto ambiental - Trata-se da execução por equipe multidisciplinar das tarefas técnicas e científicas destinadas a analisar sistematicamente as conseqüências da implantação de um projeto no meio ambiente, através de métodos de avaliações próprios e técnicas de previsão dos impactos ambientais e conseqüente desenvolvimento de medidas específicas de proteção, recuperação e melhorias no meio ambiente, garantindo o mínimo efeito ao ecossistema;

s. Relatório de impacto ambiental - É o documento que apresenta os resultados dos estudos técnicos e científicos da avaliação de impacto ambiental; deve conter o esclarecimento de todos os elementos da

proposta em estudo, de modo que possam ser divulgados e apreciados pelos grupos sociais interessados e por todas as instituições envolvidas na tomada de decisão.

3.2 Construção

A fase de construção de uma obra de engenharia, onde deve orientar-se rigorosamente pelo correspondente projeto, é composta por uma grande quantidade de diferentes serviços que, normalmente, são agrupados em 04 títulos gerais (PONTES FILHO, 1998):

- a. Implantação básica;
- b. Obras de arte especiais;
- c. Túneis;
- d. Superestrutura.

De acordo ainda com Pontes Filho (1998) cada um destes grupos de serviços de construção compreende divisões e subdivisões em itens ou unidades de serviço, como segue:

Implantação Básica

- a. Serviços preliminares: Destocamento, desmatamento e limpeza;
- b. Obras de artes correntes: Bueiros diversos, bocas de bueiros, saídas d'água e drenos;
- c. Terraplenagem: Escavação / carga, transporte / descarga e compactação;
- d. Serviços complementares: Sarjetas, dispositivos de proteção.

O traçado de uma rodovia é constituído por trechos retos e trechos curvos alternadamente. Os trechos retos são chamados de tangentes e os trechos curvos, de curvas horizontais (PONTES FILHO, 1998).

Curva Circular é a denominação corriqueira das curvas simples (um segmento de circunferência) de um projeto geométrico de rodovias e vias urbanas que tecnicamente são denominadas de “Curva circular de concordância horizontal” (PONTES FILHO, 1998).

Uma forma de definir o traçado de uma via, é acomodar as retas no terreno em função da topografia e demais obstáculos existentes e depois concordá-las por meio de curvas horizontais (MACEDO, 2014).

A topografia da região, as características geológico/geotécnicas das áreas, as desapropriações, etc., obrigam o uso de inúmeras curvas.

Reduzir o número de curvas não é tão importante quanto ter curvas com raios grandes.

A diretriz definida é, então, composta por trechos retos consecutivos chamados de tangentes; estas tangentes devem ser melhor concordadas através de curvas, visando dar suavidade ao traçado. A escolha da curva que mais se ajusta as tangentes é feita por análise visual e tentativa.

O raio adotado para cada curva circular deve ser aquele que melhor adapte o traçado ao terreno, respeitando valores mínimos que garantam a segurança dos veículos que percorrem a estrada na velocidade de projeto.

Para estabelecer o valor aproximado do raio da curva, utilizam-se gabaritos que, na escala adotada, representam trechos de curvas circulares de raios diversos. São construídos de celulóide, madeira, papelão, plástico (como um jogo de régua curva) ou desenhadas em papel vegetal (círculos concêntricos ajustados por sobreposição) (ALBANO, 2014).

A escolha é feita colocando-se os gabaritos sobre a planta de tal forma que as curvas tangenciem os alinhamentos a concordar. Verificado, em cada interseção, qual o raio de curva que melhor atende aos objetivos do projeto, fica concluída a operação de fixação do raio da curva.

4. MEMORIAL DESCRITIVO

4.1. Identificação

Nome do Empreendimento: Projeto Geométrico Interseção BR-265/MG167

Município: Santana da Vargem - MG

Projetista: Helder Egídio de Oliveira

email: ooliveirahelder@hotmail.com

Endereço da Obra: Obra projetada no entroncamento entre a BR-265/MG167; na altura do KM 0 da MG e no KM 73,20 da BR.

Com coordenadas geográficas decimais: Latitude: -21.2486

Longitude: -45.5093

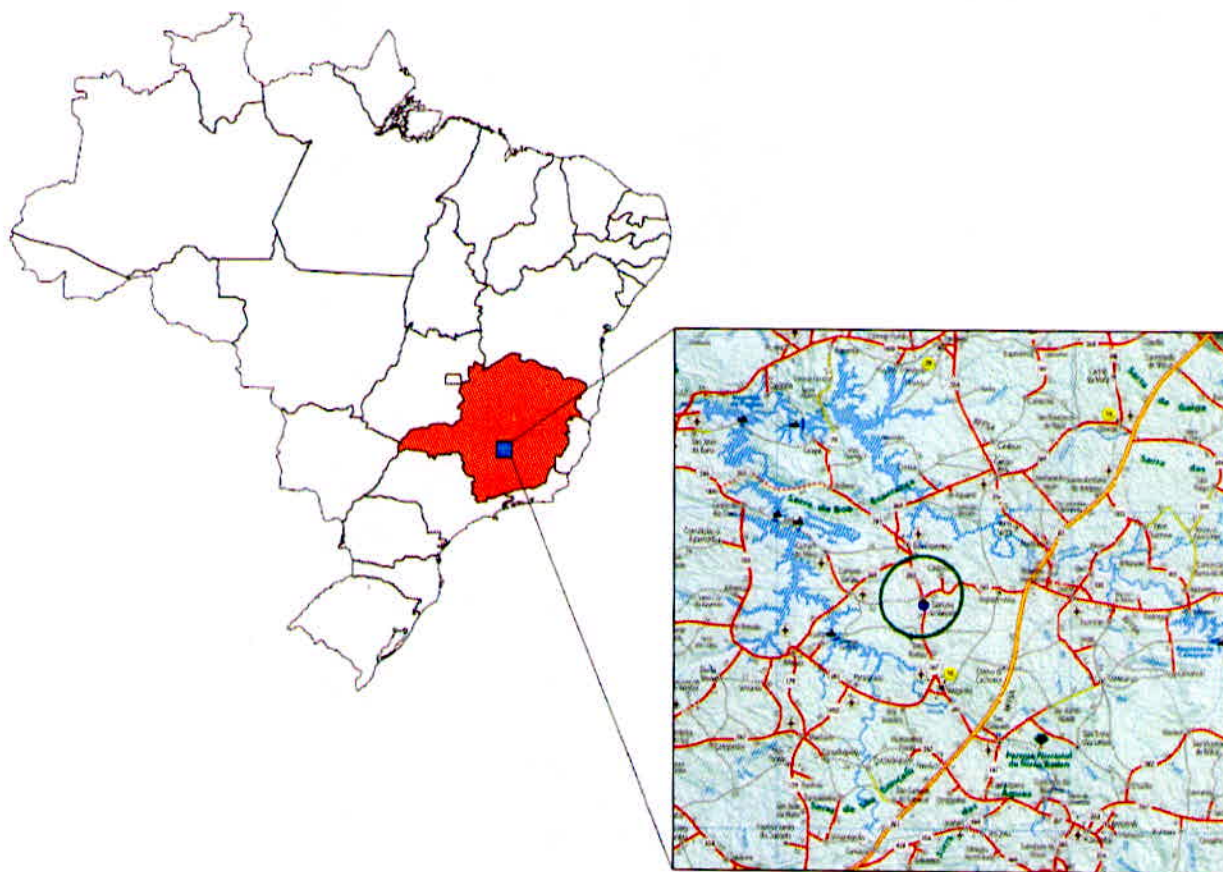


Figura 1: Localização Geográfica do Projeto

Fonte: Núcleo de Engenharia de Tráfego da Gerência de Segurança Viária da Diretoria de Projetos do DER/MG 2014.

4.2 - Projeto Geométrico

O projeto propõe um modelo de uma interseção que solucione o problema de acidentes no entroncamento das rodovias, MG 167/BR265.

Esta sendo adotado para este projeto uma interseção do tipo “rotatória não vazada” no eixo da **MG-167**, com a regulamentação de “**PARE**” nas 3 (três) aproximações, dando preferência de giro aos veículos que transitam na “**rótula**”. Disponível no **APÊNDICE A**.

4.3. Estudos de Tráfego

Os Estudos de Tráfego para a Interseção do Entre MG-167 com BR-265/MG (p/ Boa Esperança e Nepomuceno) localizada no km 0,00 da Rodovia: MG-167, Trecho: Entre BR-265/MG (Santana da Vargem) - Três Corações, Segmento: km 0,00 - km 73,20, com extensão total de 73,20 km, foram elaborados de acordo com o Termo de Referência do Edital nº 122/2008 do DER/MG, para subsidiar Projetos de Engenharia Rodoviária para Melhoramentos e Pavimentação de Interseções, Segmentos Críticos e Postos de Pesagem.

No presente caso, com o intuito de tornar mais clara a localização da interseção estudada, foi procedida uma alteração na descrição da mesma Rodovia: MG-167, Interseção: Km 0,50 – Entrº BR-265 – Três Pontas.

4.3.1. Pesquisas de Tráfego

Foi realizada Contagem Volumétrica e Classificatória no Posto P-10.003 instalado no km 0,00 da MG-167, com duração de 1 (um) dia no período de 14 horas (das 6:00 às 20:00 horas), na data de 30/03/2014.

4.3.2. Fluxogramas de Tráfego da Interseção

Os “**Fluxogramas de Tráfego da Interseção**” foram montados em “**VMDAT**” e “**UCP/h**” para o ano de **2014** (ano de realização das contagens); **2014** (abertura da rodovia ao

tráfego) e 2024 (10º ano após a conclusão dos melhoramentos previstos, considerado como ano final do horizonte de projeto).

Para a conversão do “VMDAT” em “UCP/h” foram adotados os fatores recomendados pelo “Manual de Estudos de Tráfego” do DNIT, a saber na Tabela 1:

Tabela 1 – Fator de equivalência em carros de passeio

Tabela - Fator de Equivalência em carros de passeio						
Tipo de Veículo	VP (passeio)	CO (ônibus)	SR/RE (semi-reboques e reboques)	M (moto)	B (Bicicleta)	SI (sem identificação)
Fator de Equivalência	1,00	1,50	2,00	1,00	0,50	1,10

Fonte: Manual de Estudos de Tráfego - DNIT- 2014

Não foram considerados os veículos classificados como “B-Bicicleta” e “SI-Sem identificação”.

Desta forma, a expressão que permite homogeneizar o tráfego da rodovia é a seguinte:

$$UCP/h = K \times (VP \times VMDAT_{VP} + CO \times VMDAT_{CO} + SR/RE \times VMDAT_{SR/RE} + M \times VMDAT_M) / FHP$$

Onde:

- **UCP/h** = Unidade de Carros de Passeio por hora;
- **K** = Fator Horário de Projeto;
- **FHP** = Fator Horário de Pico;
- **VMDAT_{VP}** = Volume Médio Diário de Tráfego de veículos de passeio;
- **VMDAT_{CO}** = Volume Médio Diário de Tráfego de coletivo;
- **VMDAT_{SR/RE}** = Volume Médio Diário de Tráfego de veículos de carga; e,
- **VMDAT_M** = Volume Médio Diário de Tráfego de motos.

Resultados Obtidos

Os dados obtidos nas pesquisas de campo foram corrigidos com base nos fatores de sazonalidade e permitiram a determinação dos seguintes parâmetros de tráfego:

a) Volume Médio Diário Anual de Tráfego - VMDAT;

b) Composição Percentual da Frota;

c) Determinação dos Fatores de Veículo - FV:

Foram adotadas as fórmulas preconizadas pelas metodologias da USACE - United States American Corps of Engineers e AASHTO - American Association of State Highway and Transportation Officials, considerando-se 100% da frota comercial carregada nos limites máximos de peso por eixo, estabelecidos pela Lei da Balança (Lei Federal 7.408 de 25/11/85), sem tolerância.

d) Determinação do Número de Operações do Eixo-Padrão de 8,2 t - Número “N”:

Foi empregada a fórmula desenvolvida pelo Engº Murilo Lopes de Souza, para Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis (DNER/1966);

e) Projeção do “VMDAT” e dos valores de “N”;

Foram adotados os volumes de tráfego apurados na seção de tráfego mais carregada em termos de veículos comerciais.

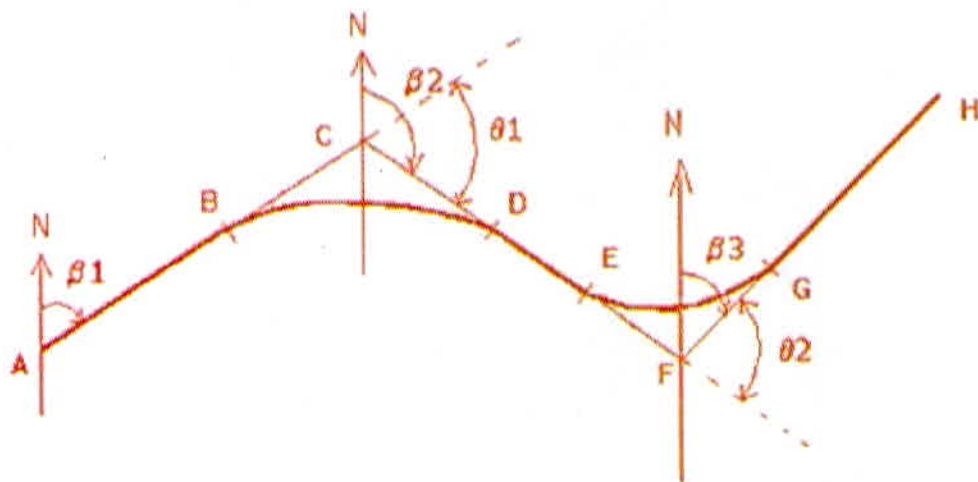
f) Fluxogramas da Interseção.

Foi adotada uma **Taxa Média de Crescimento Geométrico** de **3,00%** ao ano para o período de projeto de **10 (dez) anos**, com abertura no ano de **2011**.

Os resultados obtidos estão apresentados a seguir nos **quadros 1 (VMDAT), 2 (número “N”)** e nos respectivos **Fluxogramas de Tráfego** da interseção.

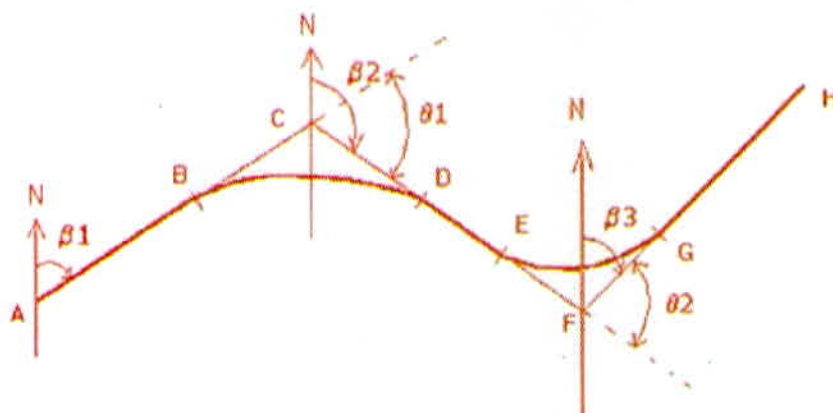
4.4. Metodologias de Cálculos das Curvas

4.4.1. Elemento das Curvas Horizontais Circulares



- $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ são azimutes dos alinhamentos
- θ_1, θ_2 são ângulos de deflexão
- $\overline{AB}, \overline{DE}, \overline{GH}$ são tangentes (trechos retos entre curvas de concordância)

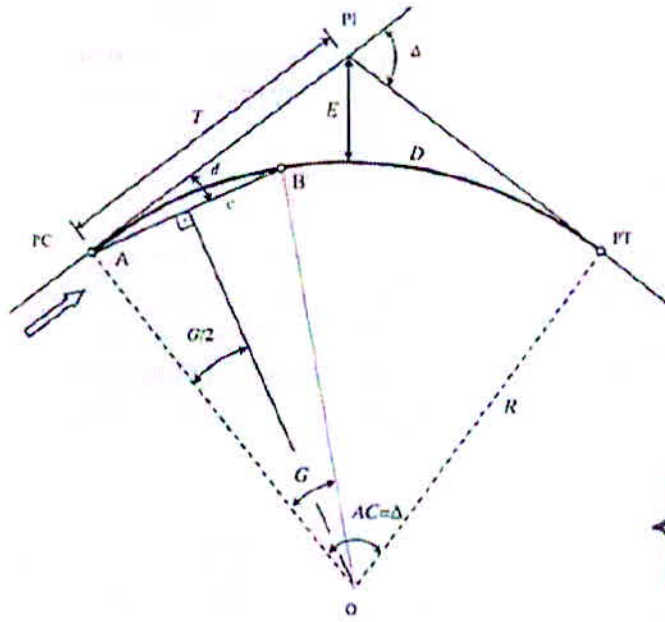
Figura 2 – Elemento das curvas horizontais circulares



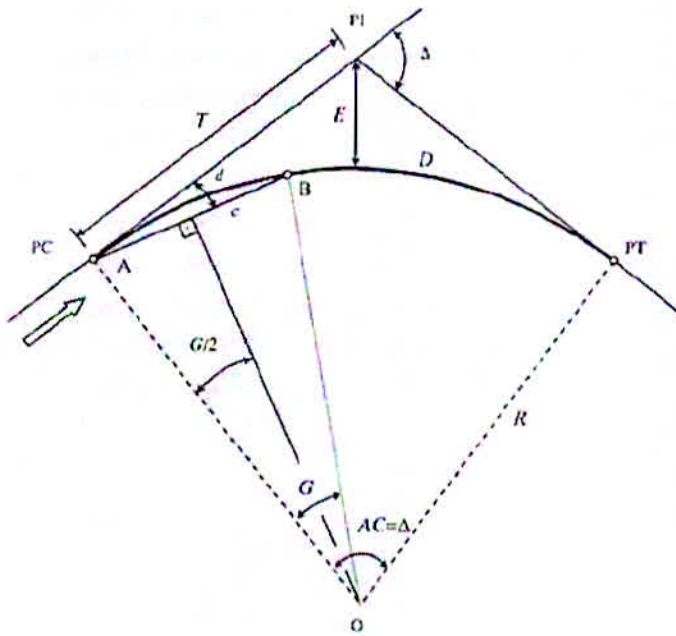
- $\overline{BC}, \overline{CD}, \overline{EF}, \overline{FG}$ são tangentes externas
- $\widehat{BD}, \widehat{EG}$ são os desenvolvimentos das curvas de concordância → são arcos de círculo concordando duas tangentes

Figura 3 - Elemento das curvas horizontais circulares

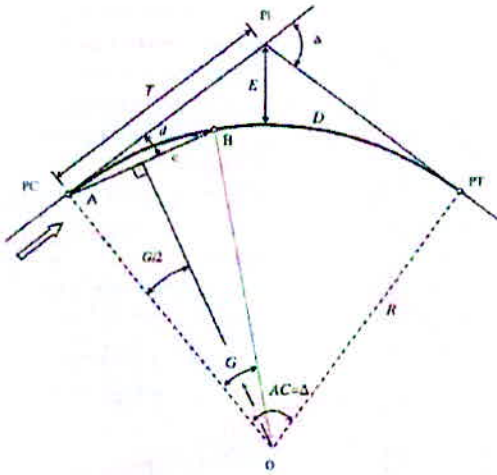
Percorrendo-se o traçado da curva no sentido crescente do estaqueamento, os pontos e elementos de uma curva circular podem ser definidos e codificados conforme segue (PONTES FILHO, 1998):



- PC: ponto de curva
- PT: ponto de tangente
- PI: ponto de interseção de tangentes
- T: tangente externa
- D: desenvolvimento da curva
- Δ: ângulo de deflexão
- AC: ângulo central da curva



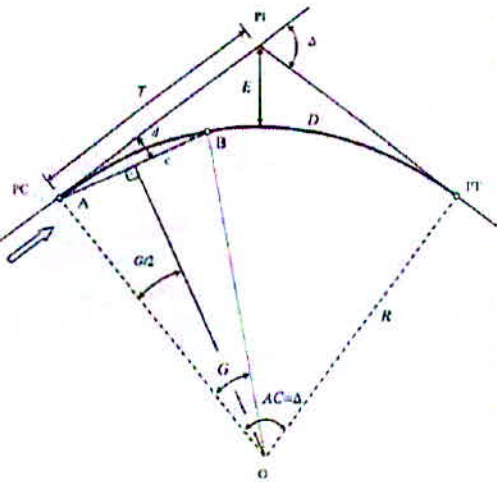
- R: raio da curva circular
- O: centro da curva
- E: afastamento
- G: grau da curva
- c: corda
- d: deflexão sobre a tangente



PC = Ponto de Curva. É o ponto de contato entre o fim da tangente e o começo da curva circular. Ponto inicial da curva.

PT = Ponto de Tangente. É o ponto de contato entre o fim da curva circular e o começo da tangente seguinte. Ponto final da curva.

PI = Ponto de Interseção. É o ponto onde se interceptam as tangentes que serão concordadas pela curva.

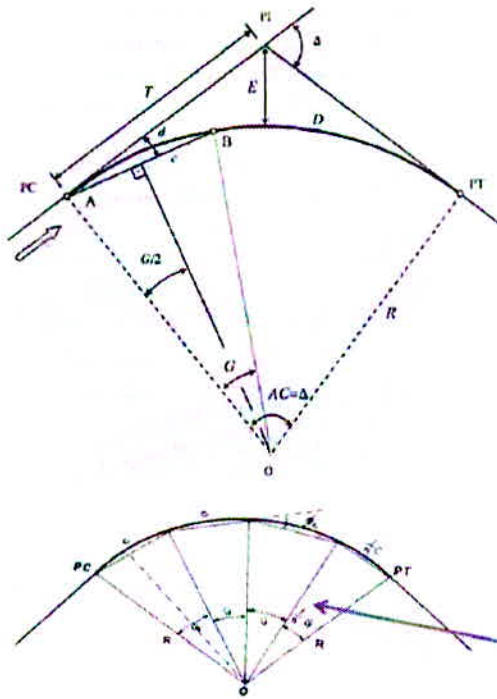


T = Tangentes Externas. São os segmentos retos das tangentes originais, compreendidos entre o PC e o PI ou também entre o PT e o PI.

C = Corda. É a distância, em reta, entre o PC e o PT.

D = Desenvolvimento. É o comprimento do arco da curva de concordância, do ponto PC ao ponto PT, medido em função da corda base adotada e suas frações.

E = Afastamento. É a distância entre o PI e a curva, medida sobre a reta que une o PI ao centro da curva.



R = Raio da Curva. É a distância do centro da curva ao ponto PC ou PT.

AC = Ângulo Central. É o ângulo formado pelos raios que passam pelos extremos do arco da curva, ou seja, pelos pontos PC e PT.

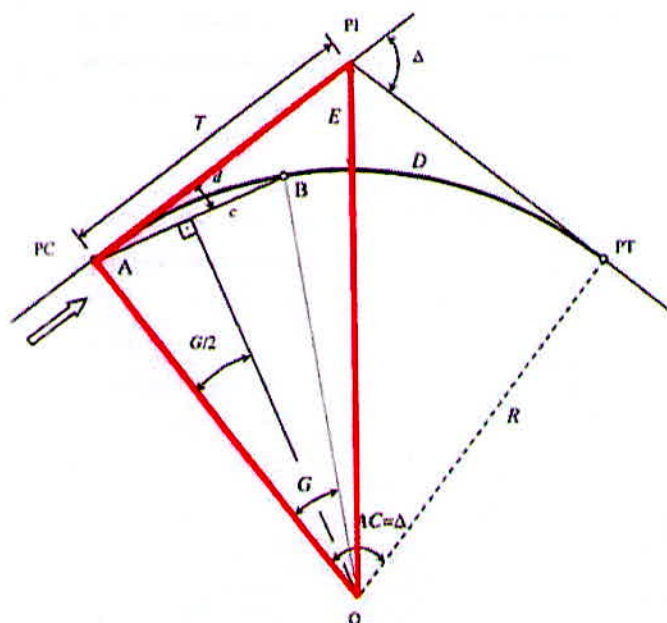
d = Deflexão da Corda. É o ângulo formado pelo primeiro alinhamento reto e a corda da curva circular.

dm = Deflexão por metro. É a deflexão de uma corda de 1,00m em relação a primeira ou qualquer outra tangente a curva, no ponto de início da corda.

G = Grau da Curva. É o ângulo central formado pelos raios que passam pelos extremos da corda base adotada.

Figura 4 - Pontos e elementos de uma curva circular podem ser definidos e codificados

4.4.2. Geometria das Curvas Horizontais Circulares



No triângulo O-PC-PI:

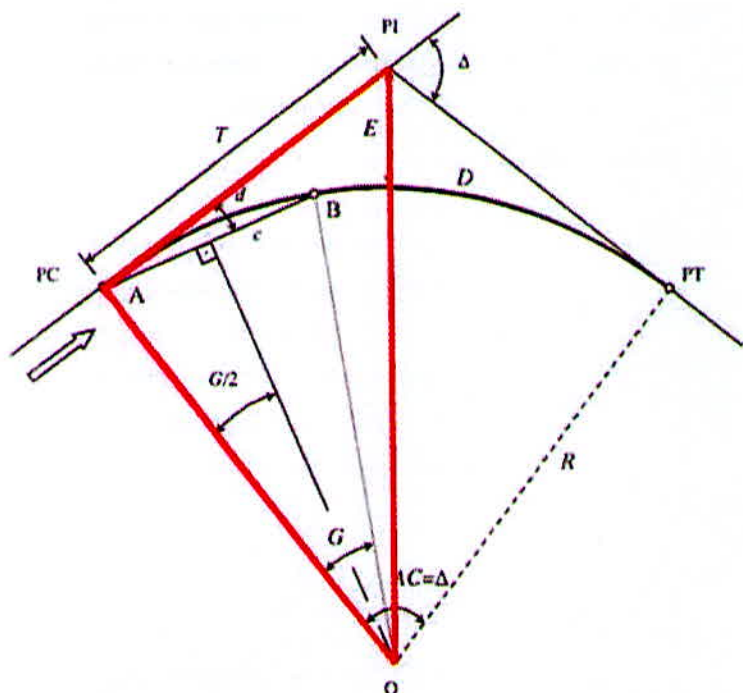
$$\frac{T}{R} = \operatorname{tg} \frac{AC}{2} \Rightarrow T = R \cdot \operatorname{tg} \frac{AC}{2}$$

$$\frac{D}{2 \cdot \pi \cdot R} = \frac{AC}{360} \Rightarrow D = \frac{\pi \cdot R \cdot AC}{180}$$

(para AC em graus)

Ou: $D = R \cdot AC$

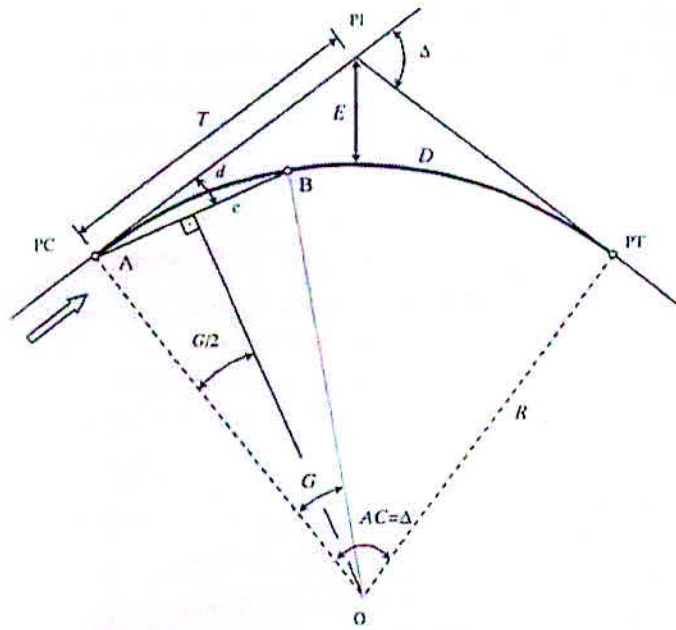
(para AC em radianos)



No triângulo O-PC-PI:

$$\cos \frac{AC}{2} = \frac{R}{R + E} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E = R \cdot \left(\sec \frac{AC}{2} - 1 \right)$$



No elemento O-A-B:

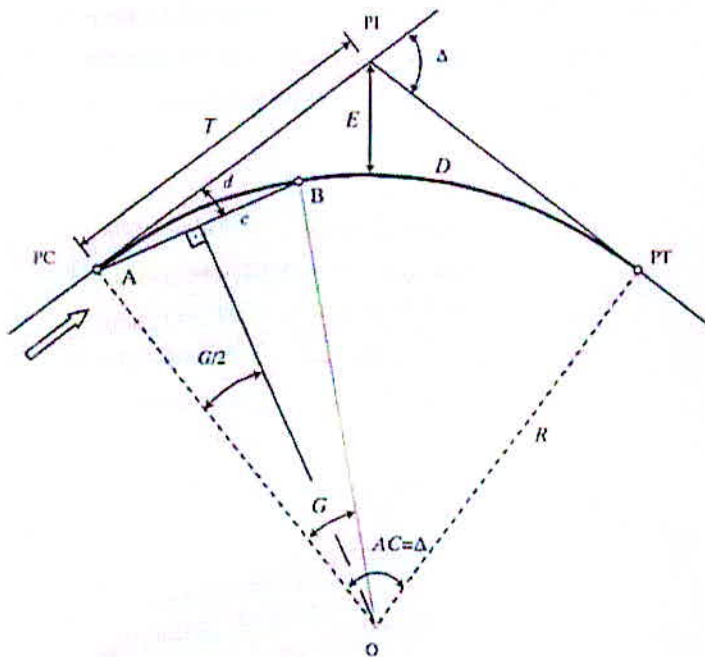
$$\frac{\widehat{AB}}{G} = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{360} \Rightarrow G = \frac{180 \cdot \widehat{AB}}{\pi \cdot R}$$

(para G em graus)

Quando $R \uparrow \Rightarrow \widehat{AB} \approx$ corda

p/ corda de 20 m:

$$G_{20} = \frac{180 \cdot 20}{\pi \cdot R} = \frac{1145,92}{R}$$



No elemento O-A-B:

$$d = \frac{G}{2}$$

$$d_{20} = \frac{G_{20}}{2} = \frac{1145,92}{2 \cdot R}$$

Deflexão por metro:

$$d_m = \frac{d}{c} = \frac{G}{2 \cdot c}$$

$$p/ c = 20 \text{ m: } d_m = \frac{d_{20}}{20} = \frac{G_{20}}{40}$$

Figura 5 – Geometria das curvas horizontais circulares

4.5. Topografia

4.5.1. Levantamento Topográfico do Local.

Foi disponibilizado em arquivo digital junto a Prefeitura Municipal de Santana da Vargem, o levantamento topográfico da área estudada para levantamento de dados necessário para o trabalho (Figura 6). Encontra-se no **APÊNDICE B**.

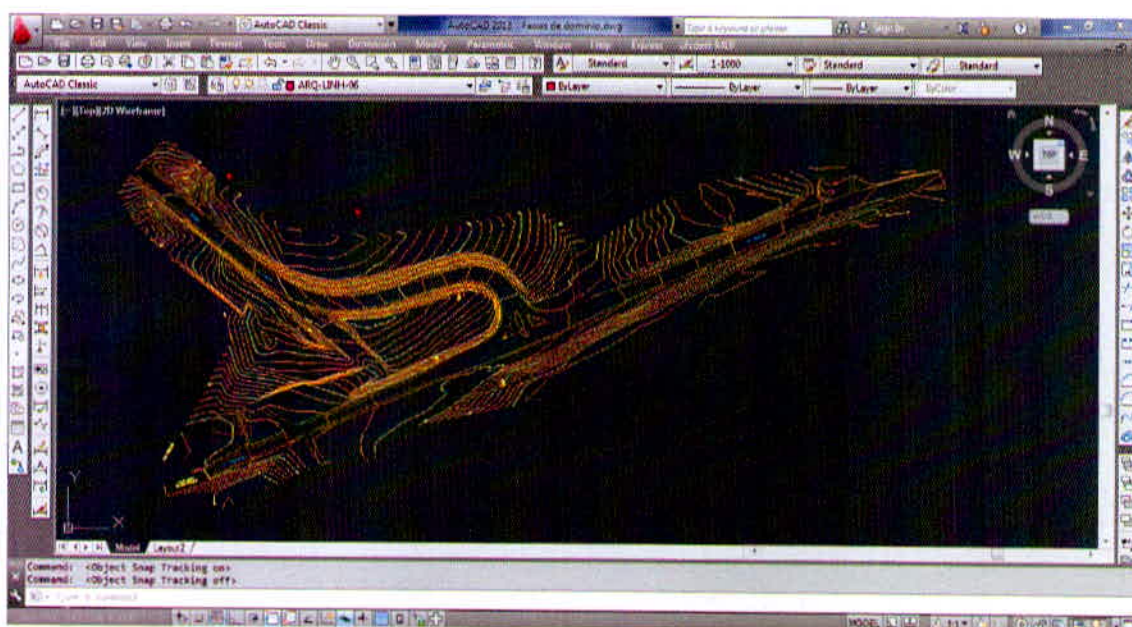


Figura 6 – Levantamento topográfico da inteseção das BR-265 E MG-167 no município de Santana da Vargem, MG

Fonte: Prefeitura Mun. Santana da Vargem - 07/2014.

4.5.2. Cálculo de Volumes de Diagrama de BRÜCKNER (Ou Diagrama de Massas)

4.5.3. Cálculo de Volumes

Para o engenheiro projetista de estradas, uma das principais metas durante a elaboração de um projeto é encontrar uma solução que permita a construção da estrada com o menor movimento de terras possível, cumprindo, logicamente, as normas de um traçado racional.

O custo do movimento de terra é, na maioria dos projetos, significativo em relação ao custo total da estrada, sendo portanto um item importante a ser analisado. Nos locais onde os materiais de corte tiverem condições de serem usados nos aterros, o equilíbrio entre volumes de cortes e aterros, minimizando empréstimos e/ ou bota-foras, acarreta em menores custos de terraplenagem. Para o cálculo do volume de terra a mover numa estrada, é necessário supor que existe um determinado sólido geométrico, cujo volume será facilmente calculado. O método usual consiste em considerar o volume como proveniente de uma série de prismóides (sólidos geométricos limitados nos extremos por faces paralelas e lateralmente por superfícies planas). No campo, as faces paralelas correspondem às seções transversais extremas, e as superfícies planas laterais correspondem à plataforma da estrada, aos taludes e à superfície do terreno natural, conforme indica a Figura 7.

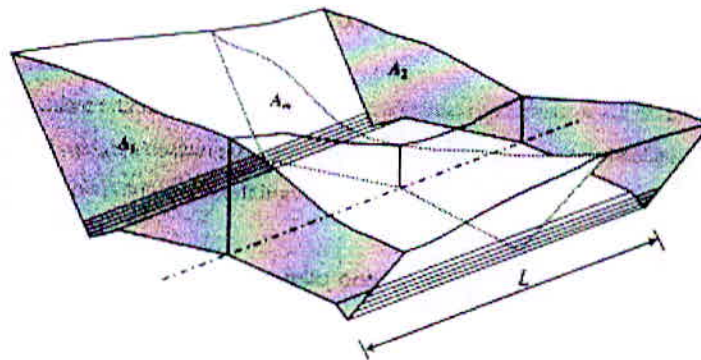


Fig. 18. 1: Prismóide formado num tramo de rodovia (Fonte: PONTES FILHO, 1998)

Figura 7 – Prismóide formado num tramo de rodovia

Fonte: Pontes Filho (1998)

O volume do prismóide da Figura 7 pode ser calculado mediante a fórmula:

$$V = \frac{L}{6} \cdot (A_1 + 4 \cdot A_m + A_2)$$

onde:

A_1 e A_2 = áreas das seções transversais extremas;

A_m = área da seção transversal no ponto médio entre A_1 e A_2 ;

L = distância entre as seções A_1 e A_2 .

Uma fórmula aproximada comumente utilizada para o cálculo dos volumes dos prismóides é a chamada fórmula das áreas médias. A fórmula é a seguinte:

$$V_m = \frac{L}{2} \cdot (A_1 + A_2) \quad (18.2)$$

A Equação (18.2) é deduzida da Equação (18.1), considerando A_m por $\frac{(A_1 + A_2)}{2}$.

Obtém-se valores exatos para os volumes quando ambas seções transversais são iguais. Para outras condições, os resultados são ligeiramente diferentes. Na prática, o erro cometido é geralmente menor que 2%.

4.5.4. Diagrama de Massas (Ou Diagrama de BRÜCKNER)

O diagrama de massas (ou de Brückner), facilita sobremaneira a análise da distribuição dos materiais escavados. Essa distribuição corresponde a definir a origem e o destino dos solos e rochas objeto das operações de terraplenagem, com indicação de seus volumes, classificações e distâncias médias de transporte. Após calcular as áreas das seções transversais e os volumes dos prismóides, pode-se preparar uma tabela de volumes acumulados, que serve como base para construção do diagrama.

Para a construção do diagrama, calculam-se inicialmente as chamadas Ordenadas de Brückner (Tabela 2). Estas ordenadas correspondem aos volumes de cortes (considerados positivos) e aterros (considerados negativos) acumulados sucessivamente. A somatória dos volumes é feita a partir de uma ordenada inicial arbitrária.

No caso de seções mistas, a compensação lateral é obtida de forma automática quando do cálculo das ordenadas de Brückner (Figura 7), pois os volumes de corte e de aterro são considerados em cada seção, de forma que o acréscimo ou decréscimo nas ordenadas será

dados pela diferença entre os dois volumes considerados. Pode-se dizer que a compensação lateral será o menor dos dois volumes e que o volume disponível para compensação longitudinal, que afeta as ordenadas, será a diferença entre esses volumes.

As ordenadas calculadas são plotadas, de preferência sobre uma cópia do perfil longitudinal do projeto. No eixo das abscissas é colocado o estaqueamento e no eixo das ordenadas, numa escala adequada, os valores acumulados para as ordenadas de Brückner, seção a seção. Os pontos assim marcados, unidos por uma linha curva, formam o Diagrama de Brückner.

Tabela 2 – Cálculo de volumes e ordenadas de Bruckner

Tabela 18.1: Cálculo de Volumes e Ordenadas de Brückner

ESTACAS	ÁREAS (m ²)			SOMA DAS ÁREAS (m ²)		SEMI-DISTÂNCIA (m)	VOLUME (m ³)		COMPENS. LATERAL (m ³)	VOLUMES ACUM. (m ³)
	CORTE	ATERRO	AL. C. OR.	CORTE	ATERRO		CORTE	ATERRO		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

A seguir, explica sucintamente cada uma das colunas da Tabela 2.

COLUNA 1: estacas dos pontos onde foram levantadas as seções transversais.

Normalmente são as estacas inteiras do traçado. Estacas fracionárias são utilizadas nos pontos de passagem (PP).

COLUNA 2: áreas de corte, medidas nas seções.

COLUNA 3: áreas de aterro, medidas nas seções.

COLUNA 4: produto da coluna 3 pelo fator de homogeneização (Fh).

COLUNA 5: soma das áreas de corte de duas seções consecutivas na coluna 2.

COLUNA 6: soma das áreas de aterro de duas seções consecutivas na coluna 4.

COLUNA 7: semidistância entre seções consecutivas.

COLUNA 8: volumes de corte entre seções consecutivas.

COLUNA 9: volumes de aterro entre seções consecutivas.

COLUNA 10: volumes compensados lateralmente (não sujeitos a transporte longitudinal).

COLUNA 11: volumes acumulados, obtidos pela soma algébrica acumulada dos Volumes obtidos nas colunas 8 e 9. Os volumes acumulados são colocados como ordenadas ao final da estaca.

A Figura 8 apresenta o perfil longitudinal de um trecho de estrada e o diagrama de massas correspondente.

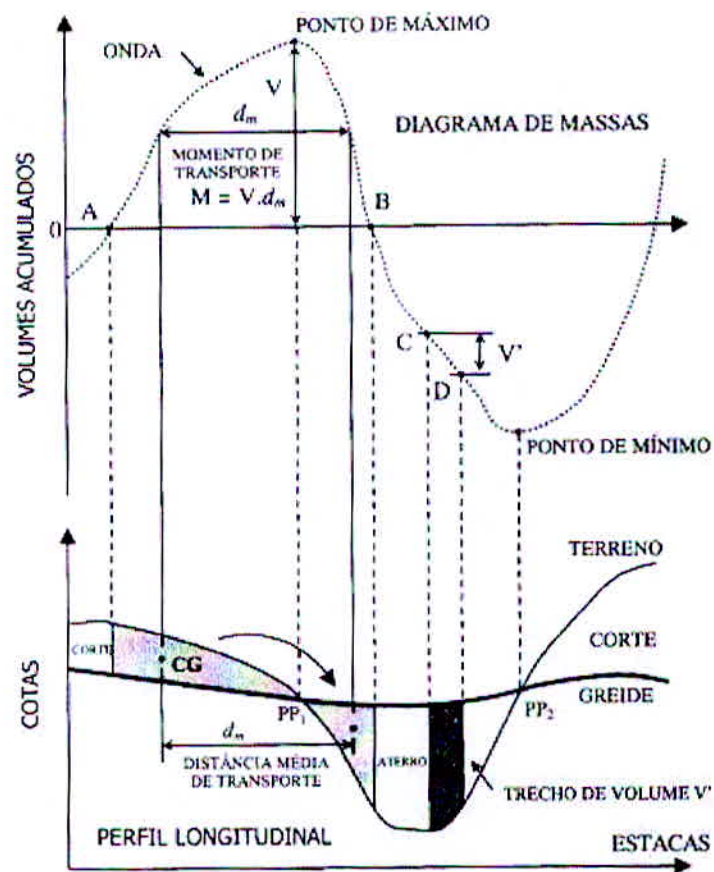


Fig. 18. 2: Perfil Longitudinal e diagrama de massas

Figura 8 – Perfil longitudinal e diagrama de massas

4.5.5. Fator de Homogeneização de Volumes

O fator de homogeneização (Fh) (Figura 9) é a relação entre o volume de material no corte de origem, e o volume de aterro compactado resultante. Na fase de anteprojeto este fator é em geral estimado. Um fator $F_h = 1,4$ indica que será necessário escavar cerca de $1,4 \text{ m}^3$ corte para obter 1 m^3 de aterro compactado

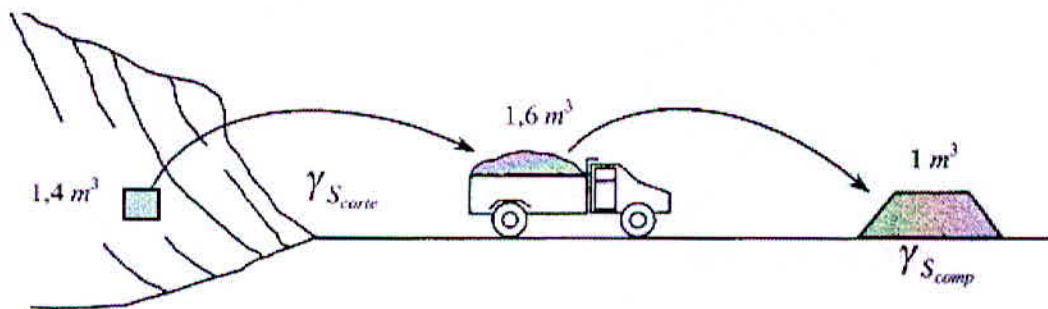


Figura 9 - Expansão e contração do solo durante a terraplenagem

Na etapa de projeto, F_h pode ser avaliado pela relação abaixo:

$$F_h = \frac{\gamma_{S_{comp}}}{\gamma_{S_{corte}}}$$

onde:

γ_{scomp} = massa específica aparente seca após compactação no aterro;

γ_{scorte} = massa específica aparente seca do material no corte de origem.

O fator de homogeneização é aplicado sobre os volumes de aterro, como um multiplicador. Na prática, é utilizado um fator de segurança de 5%, de modo a compensar as perdas que ocorrem durante o transporte dos solos e possíveis excessos na compactação dos mesmos.

4.5.6. Propriedades do Diagrama de Massas

Observando-se a Figura 9 pode-se deduzir as seguintes propriedades:

1. O diagrama de massas não é um perfil. A forma do diagrama de massas não tem nenhuma relação com a topografia do terreno.
2. Inclinações muito elevadas das linhas do diagrama indicam grandes movimentos de terras.
3. Todo trecho ascendente do diagrama corresponde a um trecho de corte (ou predominância de cortes em seções mistas).
4. Todo trecho descendente do diagrama corresponde a um trecho de aterro (ou predominância de aterros em seções mistas).
5. A diferença de ordenadas entre dois pontos do diagrama mede o volume de terra entre esses pontos.
6. Os pontos extremos do diagrama correspondem aos pontos de passagem (PP).
7. Pontos de máximo correspondem à passagem de corte para aterro.
8. Pontos de mínimo correspondem à passagem de aterro para corte.
9. Qualquer horizontal traçada sobre o diagrama determina trechos de volumes compensados (volume de corte = volume de aterro corrigido). Esta horizontal, por conseguinte, é chamada de linha de compensação (ou linha de terra). A medida do volume é dada pela diferença de ordenadas entre o ponto máximo ou mínimo do trecho compensado e a linha horizontal de compensação.
10. A posição da onda do diagrama em relação à linha de compensação indica a direção do movimento de terra. Ondas positivas (linha do diagrama acima da linha de compensação), indicam transporte de terra no sentido do estaqueamento da estrada. Ondas negativas indicam transporte no sentido contrário ao estaqueamento da estrada.
11. A área compreendida entre a curva de Brückner e a linha de compensação mede o momento de transporte da distribuição considerada.
12. A distância média de transporte de cada distribuição pode ser considerada como a base de um retângulo de área equivalente à do segmento compensado e de altura igual à máxima ordenada deste segmento.

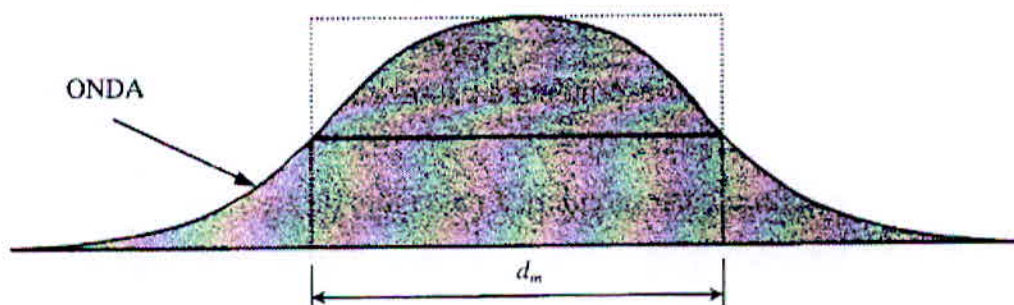


Figura 10 - Onda de Brückner.

4.5.7. Momento de Transporte

Define-se Momento de Transporte como o produto dos volumes transportados pelas distâncias médias de transporte:

$$M = V \cdot d_m$$

Onde:

M = momento de transporte, em $m^3 \cdot dam$ ou $m^3 \cdot km$;

V = volume natural do solo, em m^3 ;

d_m = distância média de transporte, em dam ou km .

Quando é executado um transporte de solo de um corte para um aterro, as distâncias de transporte se alteram a cada viagem, sendo necessária, portanto, a determinação de uma distância média de transporte, que deverá ser igual à distância entre os centros de gravidade dos trechos de cortes e aterros compensados.

Existem várias maneiras de se executar uma distribuição de terras na terraplenagem. A cada uma das alternativas corresponderá uma distância média de transporte global e, por conseguinte, um determinado custo de terraplenagem. Logo, um projeto racional de terraplenagem deverá indicar a melhor distribuição de terras, de maneira que a distância média de transporte e o custo das operações de terraplenagem sejam reduzidos a valores mínimos.

O método mais utilizado para estimativa das distâncias médias de transporte entre trechos compensados é o método do Diagrama de Brückner. Como visto anteriormente, o

método nos fornece meios simplificados para o cálculo de d_m , da seguinte maneira: toma-se a metade da altura da onda e traça-se uma horizontal nesta altura. A distância média de transporte é a distância entre os pontos de interseção desta reta com o diagrama, medida na escala horizontal do desenho. O momento de transporte é igual à área da onda de Brückner, que pode ser estimada pelo produto da altura da onda (V) pela distância média de transporte (d_m), como é apresentado na Figura 11.

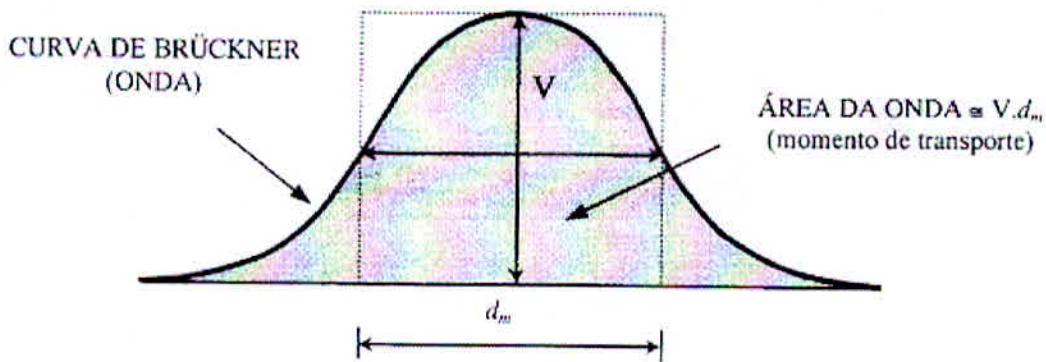


Figura 11 - Momento de Transporte

4.5.8 - Superelevações a Adotar

A superelevação máxima estabelecida para o projeto de uma rodovia somente deve ser utilizada nas concordâncias projetadas com o raio mínimo, que é uma condição extrema do projeto, a ser evitada sempre que possível e razoável.

Quando se empregam raios de curva maiores que o mínimo, as forças centrífugas envolvidas diminuem à medida que aumentam o raio da curva, reduzindo, conseqüentemente, as intensidades das forças de atrito e/ou das forças devidas à superelevação, necessárias para equilibrar os efeitos das forças centrífugas. Esta condição está matematicamente implícita na Equação, a qual pode ser convenientemente transformada para facilitar sua interpretação, resultando na igualdade:

$$e + f = \frac{V^2}{127 \cdot R}$$

O diagrama mostra um sistema de eixos cartesianos com uma seta vertical apontando para cima rotulada 'e' e uma seta horizontal apontando para a direita rotulada 'f'. Uma terceira seta aponta para cima e para a direita, representando a soma vetorial de 'e' e 'f'. Uma quarta seta aponta para cima e para a direita, representando o lado direito da equação.

Dada uma condição de projeto que recomende a utilização de um raio de curva maior que o mínimo, há diferentes formas e critérios de balancear os valores de superelevação (e) e de coeficiente de atrito (f), de modo que a soma de seus efeitos se iguale à força centrífuga atuante sobre o veículo. O critério adotado pela AASHTO para tal balanceamento é o de estabelecer uma relação variável entre as participações de “e” e de “f” à medida que variam os raios de curva (R). O critério adotado pelo DNER, o qual é assemelhado ao da AASHTO, porém mais simplificado, para a determinação dos valores de superelevação a adotar para cada concordância horizontal no projeto de rodovias. A equação adotada por tal critério é a seguinte:

$$e_R = e_{\text{máx}} \cdot \left(\frac{2 \cdot R_{\text{mín}}}{R} - \frac{R_{\text{mín}}^2}{R^2} \right)$$

onde:

e_R = superelevação a adotar para a curva com raio R, em %;

$e_{\text{máx}}$ = superelevação máxima para a classe de projeto, em %;

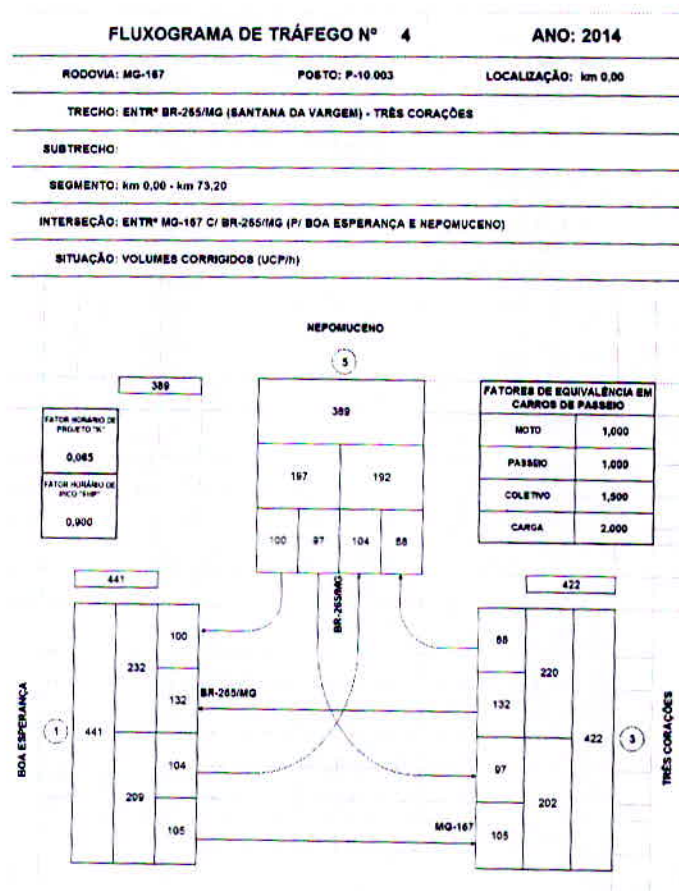
$R_{\text{mín}}$ = raio mínimo de curva para a velocidade diretriz dada, em m;

R = raio da curva circular utilizada na concordância, em m.

A adoção da Equação resulta no acréscimo gradativo e simultâneo dos valores de superelevação e de coeficiente de atrito para contrabalançar o aumento da força centrífuga, à medida que diminuem os raios das concordâncias horizontais. Nas Tabelas 3 e 4 estão apresentados os valores de superelevação calculados, de acordo com o critério do DNER, para diferentes valores de raios tabelados, considerando as superelevações máximas de 8 % e 10 %, mais comumente utilizadas em projetos de rodovias. Nas referidas Tabelas, as superelevações estão limitadas inferiormente pela inclinação transversal de 3 %, que é o valor correspondente ao abaulamento normalmente utilizado para pavimentos betuminosos de boa qualidade. Tabelas para outros valores de $e_{\text{máx}}$, considerando diferentes valores de abaulamento e outros raios de curva, poderão ser facilmente construídas utilizando a Equação.

5 - MEMORIAL DE CÁLCULOS E RESULTADOS

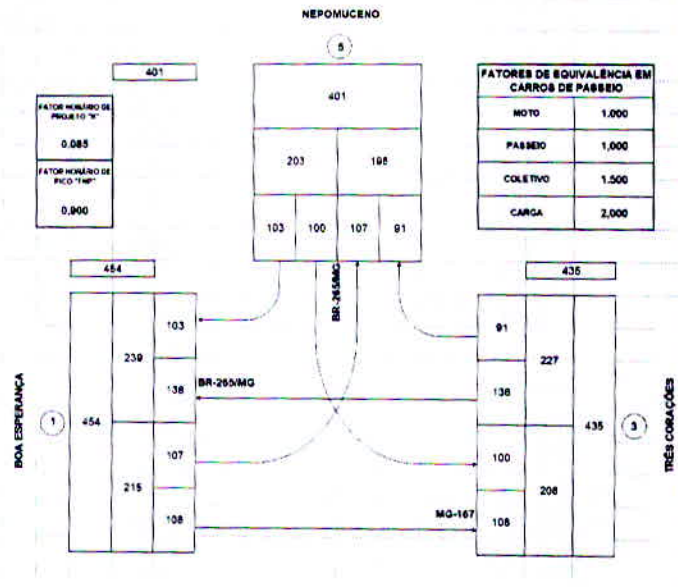
Conforme é demonstrado na Figura 12, os fluxogramas de tráfego mostram os diversos movimentos existentes na intersecção. Assim, conhecendo os movimentos existentes, elabora-se o projeto de intersecção.



FLUXOGRAMA DE TRÁFEGO Nº 5

ANO: 2014

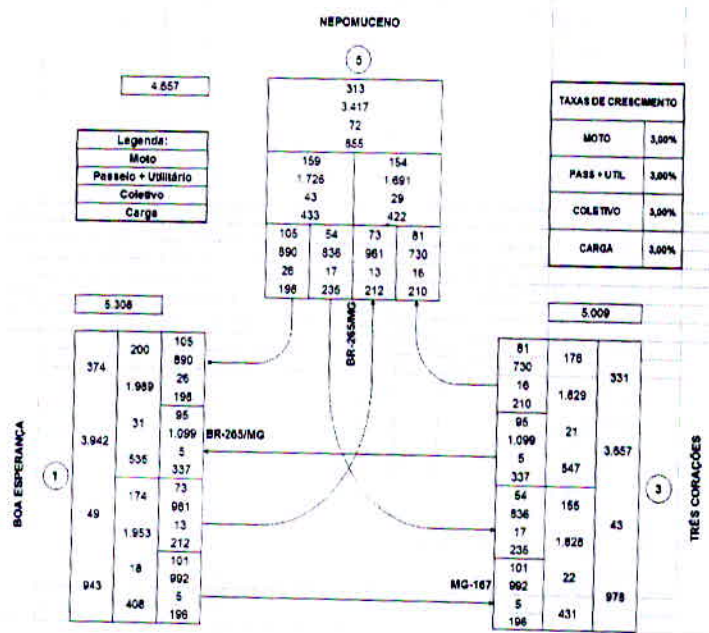
RODOVIA: MG-167	POSTO: P-10.003	LOCALIZAÇÃO: km 0,00
TRECHO: ENTRª BR-265/MG (SANTANA DA VARGEM) - TRÊS CORAÇÕES		
SUBTRECHO:		
SEGMENTO: km 0,00 - km 73,20		
INTERSEÇÃO: ENTRª MG-167 C/ BR-265/MG (P/ BOA ESPERANÇA E NEPOMUCENO)		
SITUAÇÃO: VOLUMES HORÁRIOS PROJETADOS EM UCP/N (1º ANO - ABERTURA)		



FLUXOGRAMA DE TRÁFEGO Nº 3

ANO: 2024

RODOVIA: MG-167	POSTO: P-10.003	LOCALIZAÇÃO: km 0,00
TRECHO: ENTRª BR-265/MG (SANTANA DA VARGEM) - TRÊS CORAÇÕES		
SUBTRECHO:		
SEGMENTO: km 0,00 - km 73,20		
INTERSEÇÃO: ENTRª MG-167 C/ BR-265/MG (P/ BOA ESPERANÇA E NEPOMUCENO)		
SITUAÇÃO: VOLUMES PROJETADOS - VMDAT (10º ANO)		



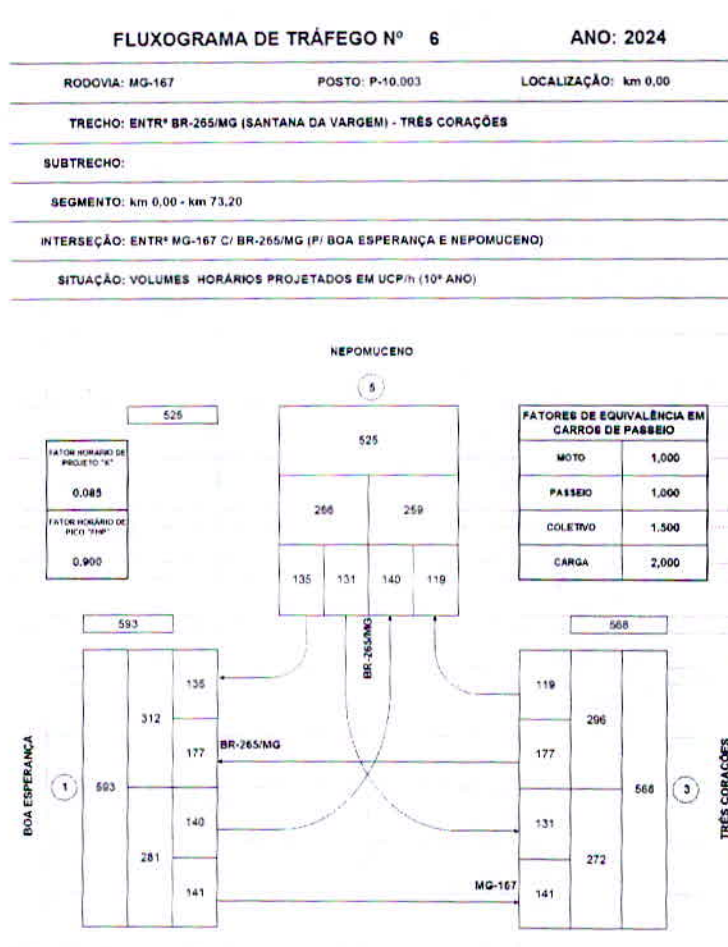


Figura 12 – Memorial de cálculos e resultados

5.1 Necessidade de Interseção em Níveis Diferentes (Normas Suecas)

Para a Verificação da Necessidade de Interseção em Níveis Diferentes foi empregada a metodologia proposta pelas Normas Suecas para o Projeto Geométrico de Rodovias recomendada pelo Manual de Projeto de Interseções - Publicação IPR-718 do DNIT/2005, apresentada no Apêndice D - Etapa D, com a utilização do Gráfico constante da página 516.

Comparando-se o volume do Fluxo de Tráfego Real que gira “à esquerda” com o limite máximo de 160 UCP/hora estabelecido pela Metodologia ou no caso em que esse volume supera a indicação do gráfico em função dos fluxos diretos da via principal e do fluxo da via secundária que os interceptam, é justificada a implantação de interseção em níveis diferentes.

O Quadro 1 , apresenta o resumo dos estudos procedidos.

Quadro 1 – Verificação da necessidade de interseção a níveis diferentes

QUADRO Nº 03 - VERIFICAÇÃO DA NECESSIDADE DE INTERSEÇÃO A NÍVEIS DIFERENTES										
RODOVIA: MG-167		TRECHO: ENTRº BR-265/MG (SANTANA DA VARGEM) - TRÊS CORAÇÕES								
INTERSEÇÃO	ANO	Fluxos Horários Máximos Intervenientes (UCP/h)								NÍVEIS DIFERENTES?
		A	C	Ah	Ch	(A+C) - (Ah+Ch)	Bg	Giro a Esquerda		
								REAL	GRÁFICO	
P-10.003 Entrº MG-167 c/ BR-265/MG p/ Boa Esperança e Nepomuceno km 0,00	2010	209	220	0	88	341	0	104	< 160	NÃO
	2011	222	233	0	93	362	0	110	< 160	NÃO
	2020	289	305	0	122	472	0	146	< 160	NÃO

Fonte: Manual de Projeto de Interseções - DNIT/2005.

A interseção em níveis diferentes não se justifica para esse caso. Por que o fluxo apresentado pelo estudo de tráfego, não viabiliza a construção de uma obra de arte com custos mais elevados.

Indicação: Interseção do tipo “rotatória não vazada” no eixo da **MG-167**, com a regulamentação de “**PARE**” nas 3 (três) aproximações, dando preferência de giro aos veículos que transitam na “rótula”. **APÊNCIDE A.**

5.2. Cálculos dos Ráios Mínimos de Curvas

No projeto atual executado, foi definida uma rodovia de classe do tipo III, com velocidade de 60 km/h, como mostra Figura 13.



Figura 13 - Imagem do local em estudo, placa regulamentando a velocidade

A Tabela 5 mostra as classes de estradas que devem ser adotadas em projetos rodoviários.

Tabela 5 – Classes de estradas

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

Fonte: Pontes Filho (1998).

5.2.1 Cálculo do Raio Mínimo de Curva Existente

Rodovia de Classe III - Velocidade de projeto 60 Km/h

$$Ft_{, \text{máx}} = 0,188 - (V_p / 1,667) \rightarrow V_p < 80 \text{ Km/h}$$

$$Ft_{, \text{máx}} = 0,188 - (60 / 1,667)$$

$$Ft_{, \text{máx}} = 0,152$$

➤ $e_{\text{máx}}$:

- ▣ 10%: rodovias de classe 0 e I, em regiões planas e onduladas
- ▣ 8%: rodovias classe I em regiões montanhosas e rodovias com demais classes de projeto
- ▣ 6%: áreas urbanizadas e em trechos sujeitos a redução de velocidade
- ▣ 4%: situações com intensa ocupação do solo adjacente

$$e_{\text{máx}} = 8 \% = 0,08$$

$$R_{\text{mín}} = \frac{V_p^2}{127 \times (e_{\text{máx}} + ft_{, \text{máx}})}$$

$$R_{\text{mín}} = \frac{60^2}{127 \times (0,008 + 0,152)}$$

$$R_{\text{mín}} = 122,18 \text{ m}$$

Raio mínimo para este projeto é de 122,18 m.

Para uma Rodovia de Classe III - Velocidade de projeto 60 Km/h 122,18m seria o raio mínimo que teria de ser adotado na rotatória existente (Figura 14/15).



Figura 14 - Demonstração de Cálculos da rotatória Existente.

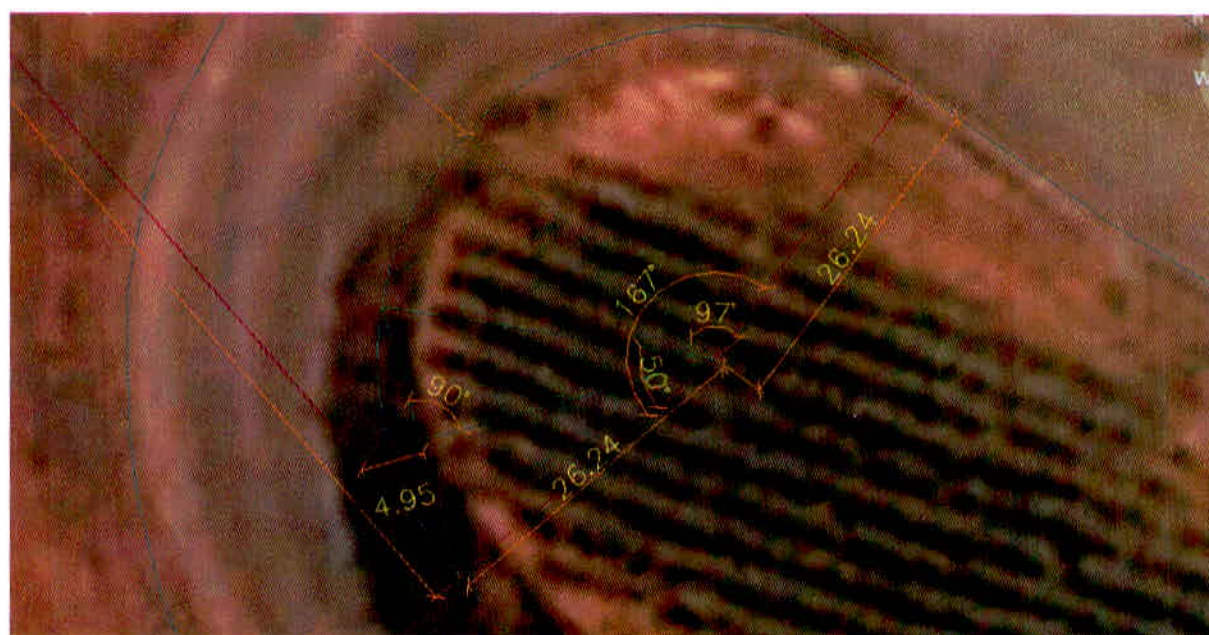


Figura 15 - Como demonstrado nos cálculos , o raio da rotatória existente no local é de 26,24 m.

5.2.2 Cálculo do Raio mínimo de Curva do Projeto Proposto

Foi calculado com base na curva com menor raio.

Rodovia de Classe III - Velocidade de projeto 40 Km/h

$$Ft, \text{máx} = 0,188 - (V_p / 1,667) \rightarrow V_p < 80 \text{ Km/h}$$

$$Ft, \text{máx} = 0,188 - (40 / 1,667)$$

$$Ft, \text{máx} = 0,164$$

➤ $e_{\text{máx}}$:

- ▣ 10%: rodovias de classe 0 e I, em regiões planas e onduladas
- ▣ 8%: rodovias classe I em regiões montanhosas e rodovias com demais classes de projeto
- ▣ 6%: áreas urbanizadas e em trechos sujeitos a redução de velocidade
- ▣ 4%: situações com intensa ocupação do solo adjacente

$$e_{\text{máx}} = 8 \% = 0,08$$

$$R_{\text{mín}} = \frac{V_p^2}{127 \times (e_{\text{máx}} + f_{t, \text{máx}})}$$

$$R_{\text{mín}} = \frac{40^2}{127 \times (0,008 + 0,164)}$$

$R_{\text{mín}} = 51,6 \text{ m}$ → Raio mínimo para este projeto.

Para uma Rodovia de Classe III - Velocidade de projeto 40 Km/h, 51,6m seria o raio mínimo que tem de ser adotado na rotatória do projeto. Para o projeto proposto foi projetado, para a curva de menor raio, um raio de 53 m, **atendendo**, como mostrado na imagem do projeto (Figura 16).

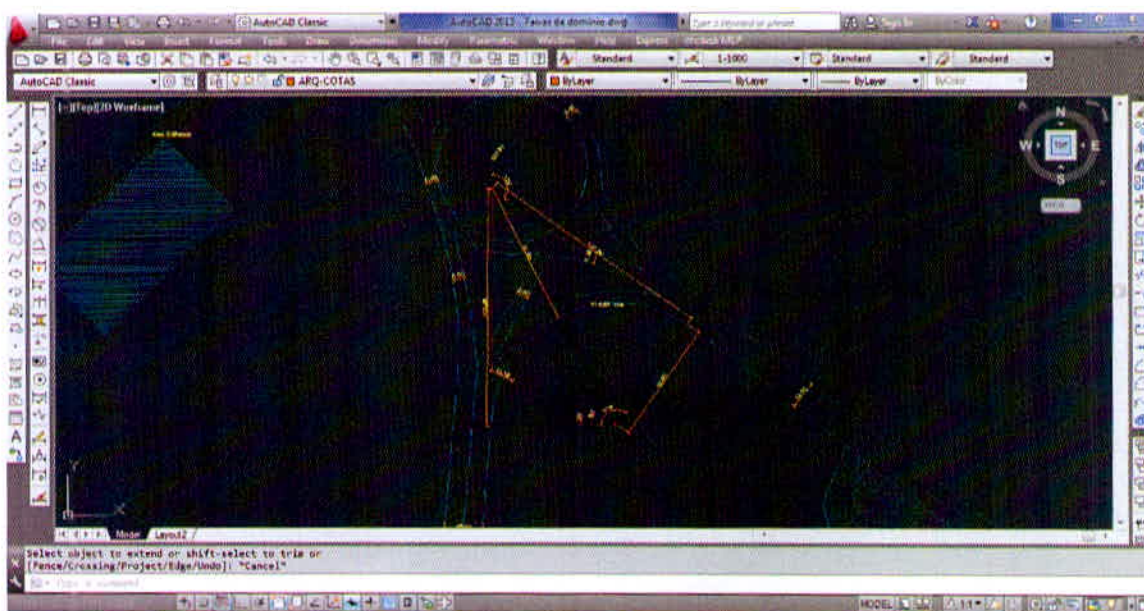


Figura 16 - Cálculo do Raio mínimo de Curva

5.3. TOPOGRAFIAS CORTES E ATERROS

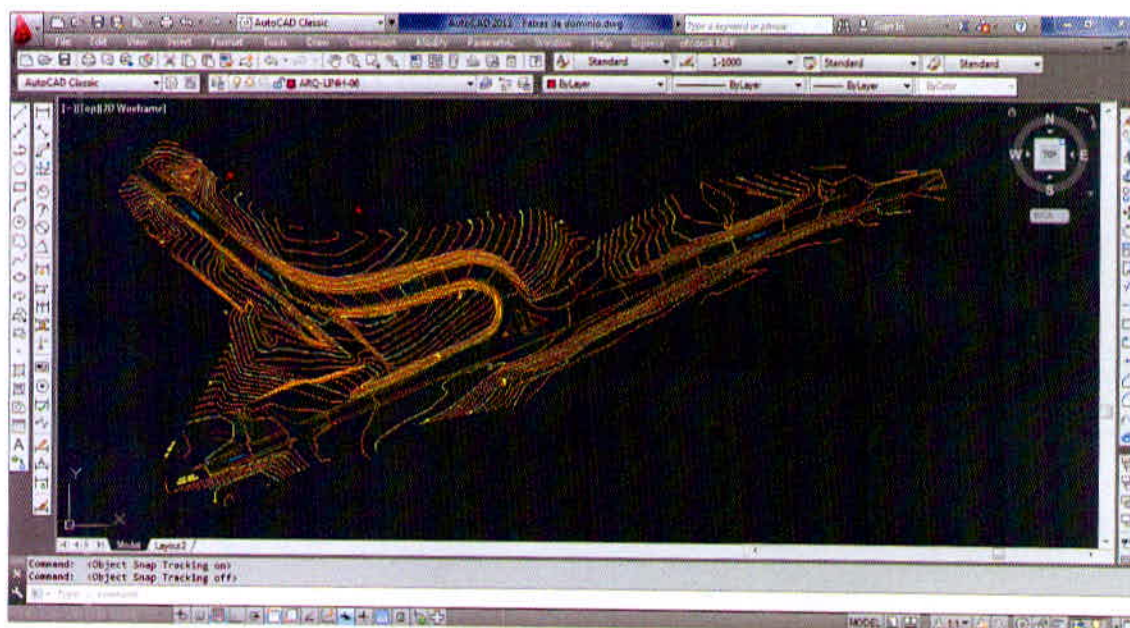


Figura 17 - Levantamento Topográfico do Local.
ANEXO B.

5.3.1 - Cálculos de Volumes

A área foi dividida em 4 prismóides para facilitar os cálculos . Disponível no **APÊNDICE C**.

* Prismoide 1

$$V = \frac{L}{6} \times (A1 + 4 \times Am + A2)$$

$$A1 = 36 \times 12,4 = 450 \text{ m}^3$$

$$A2 = 36 \times 10 = 360 \text{ m}^3$$

$$A3 = 36 \times 14 = 504 \text{ m}^3$$

$$V = \frac{140}{6} \times [450 + (4 \times 504) + 360]$$

$$V = 65.940 \text{ m}^3$$

* Prismoide 2

$$V = \frac{L}{6} \times (A1 + 4 \times Am + A2)$$

$$A1 = 36 \times 14 = 504 \text{ m}^3$$

$$A2 = 77 \times (-10) = -770 \text{ m}^3$$

$$A3 = 56,5 \times 5 = 282,50 \text{ m}^3$$

$$V = \frac{165,75}{6} \times [504 + (4 \times 282,50) + (-770)]$$

$$V = 23.868 \text{ m}^3$$

*** Prismoide 3**

$$V = \frac{L}{6} \times (A1 + 4 \times Am + A2)$$

$$A1 = 91,24 \times 5 = 456,2 \text{ m}^2$$

$$A2 = 90,78 \times (-10) = -907,8 \text{ m}^2$$

$$A3 = 96,7 \times 0 = 0 \text{ m}^2$$

$$V = \frac{117,22}{6} \times [456,20 + (4 \times 0) + (-907,80)]$$

$$V = - 8.823 \text{ m}^3$$

*** Prismoide 4**

$$V = \frac{L}{6} \times (A1 + 4 \times Am + A2)$$

$$A1 = 65,72 \times 2 = 131,44 \text{ m}^2$$

$$A2 = 35,93 \times 0 = 0 \text{ m}^2$$

$$A3 = 49,25 \times (-5) = -246,25 \text{ m}^2$$

87,53

$$V = \frac{\quad}{6} \times [131,44 + (4 \times (-246,25)) + (0)]$$

6

$$V = -12.452 \text{ m}^3$$

Tabela 6 - Tabela de volumes acumulados, para o Diagrama de Brückner.

Cálculo de Volumes e Ordenadas de Bruckner

ESTACAS	ÁREAS (m ²)			SOMA DAS ÁREAS		SEMI-DISTÂNCIA (M)	VOLUME (M ³)		COMPRES. LATERAL (M ³)	VOLUMES ACUM. (M ³)
	CORTE	ATERRO	AT. COR.	CORTE	ATERRO		CORTE	ATERRO		
1	720					269	8165			
2	742			1462		249	7654			
3	731			1473		229	9332			
4	719			1450		209	6470			
5	753			1472		189	7345			
6	742			1495		169	7321			
7	767			1509		149	7412			
8	1980			2747		129	5432			
9	853			2833		109	4964			
10	932			1785		89	3765			
11	646			1578		69	1948			
12		1314	938	646		10		2314		
13		1789	1277,8		3103	10		4255		
14		1806	1290		3595	10		4895		
15		2855	2039		4661	10		5953		
16		2650	1892,8		5505	10		3858		

Cálculo dos volumes de corte e aterro e as distâncias médias de transporte.

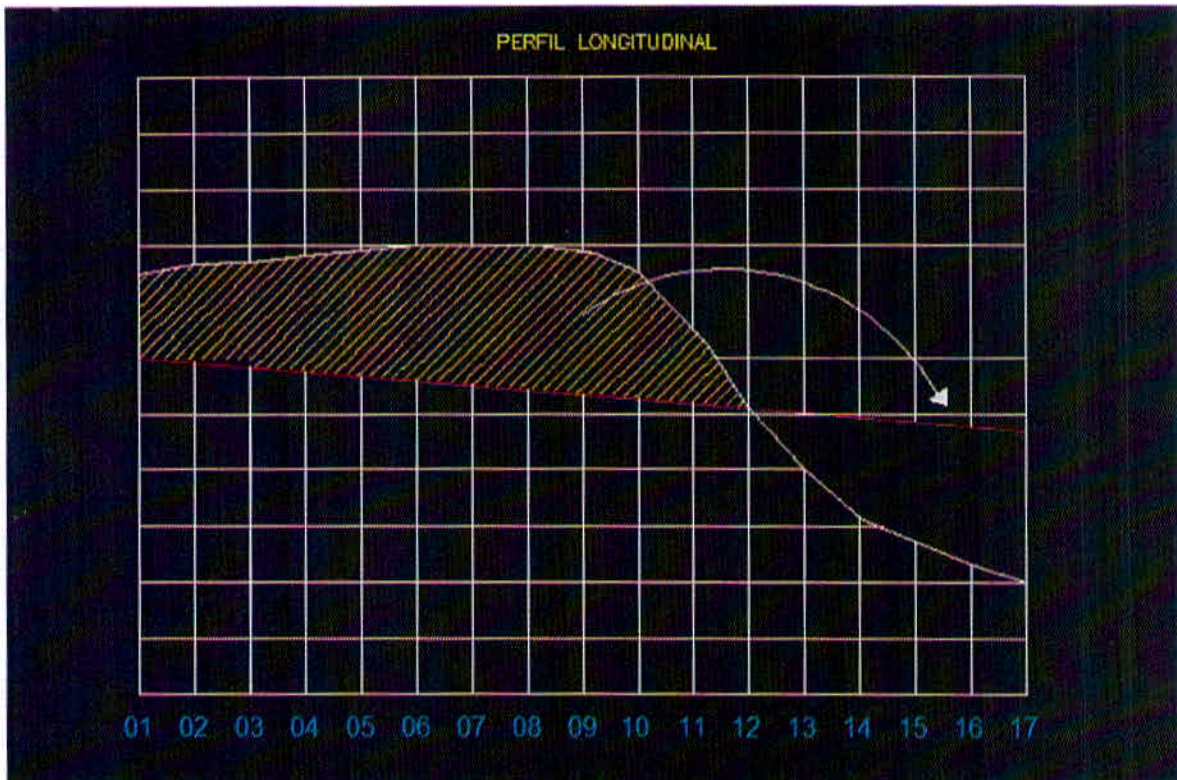
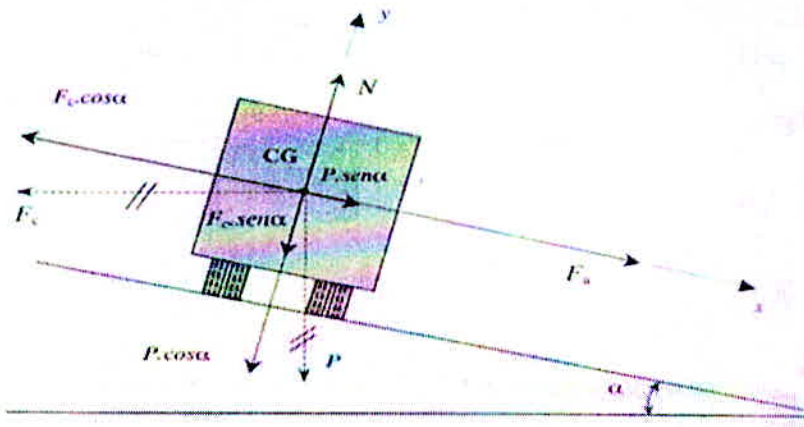


Figura 18 - Perfil longitudinal referente ao levantamento

6. Superelevações a Adotar

6.1. Resumo superelevação



Baseado nas tabelas e nas propriedades do projeto, a superelevação será de 10 %.

Raio de curva = 53 mts

Vel. Projeto = 40 Km/h

Tabela 7 – Velocidade Diretriz (Km/h)

RAIOS (m)	VELOCIDADE DIRETRIZ (km/h)									
	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
31,86	9,3	.	.	.	.	.	.	.	.	.
50,58	7,4	9,9	.	.	.	.	.	.	.	.
61,41	6,5	9,3	.	.	.	.	.	.	.	.
95,50	4,6	7,2	9,5	.	.	.	.	.	.	.

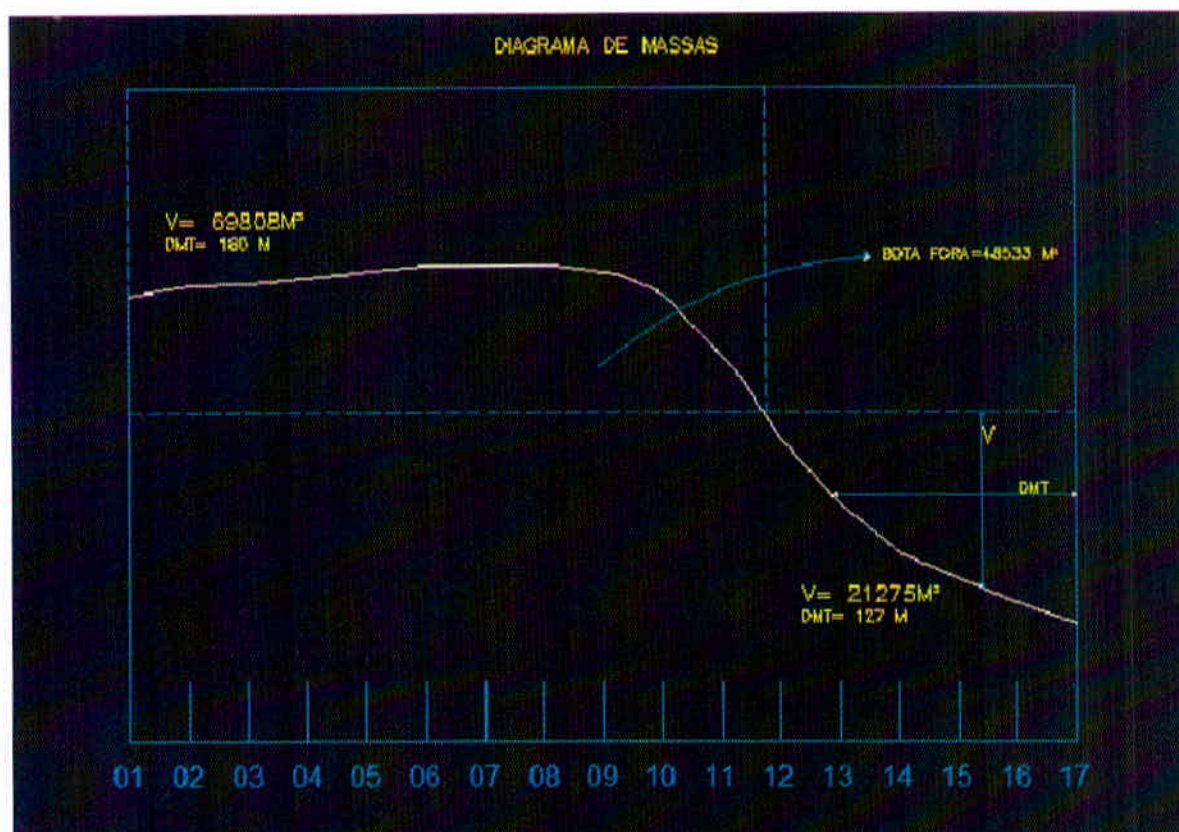


Figura 19 - Diagrama de massas referente aos cálculos.

5.3.2 Resumo

* Corte = 89.808 m³

* Aterro = 21.274 m³

* Bota Fora = 68534 m³

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

7.1. Análise comparativa dos resultados

O presente trabalho teve como objetivo apresentar o projeto geométrico de uma interseção, como solução satisfatória para o entroncamento perigoso entre as rodovias BR 265 e MG 167 no município de Santana da Vargem, MG. A obtenção de dados de interseções, possíveis acidentes e fluxos, possibilitaram a realização de uma análise comparativa entre os dispositivos estudados. Os dados estavam limitados aos trechos da BR 265 e da MG 167.

Como demonstrado em cálculos, o entroncamento existente que foi construído, foi adotado de Rodovia de Classe III - Velocidade de projeto 60 Km/h.

Para isso, ela deveria ter um raio na sua curva de menor raio 122, 18m.

O raio existente hoje é de 26,24 m, por isso o entroncamento existente **não atende** neste quesito, os padrões de segurança viária.

Para o projeto que está sendo proposto, foi calculado uma Rodovia de Classe III - Velocidade de projeto 40 Km/h, demonstrado em cálculos, para a curva de menor raio foi adotado 53 m, **atendendo** os quesitos de segurança, sendo que para este caso o menor raio poderia ser de no mínimo 51,6 m.

A topografia local é bastante irregular, por conter um relevo muito heterogêneo, seria necessária para este projeto uma grande movimentação de terra como comprova os cálculos.

Todos os resultados obtidos neste trabalho foram analisados partindo do pressuposto que os modelos geométricos representam perfeitamente a geometria dos dispositivos existentes.

REFERÊNCIAS

ALBANO, João. **Noções sobre interseções**, 2007. Disponível em:

http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/420_14-intersecoes_apresentacao.pdf.

Acesso em: 05 de novembro de 2014.

AKISHINO, Pedro. **Apostila do Curso de Graduação em Engenharia Civil**. Estudos de

Tráfego, Disponível em: <http://www.dtt.ufpr.br/Trafego/Arquivos/TranspBCap01.pdf>.

Acesso em: 01 de novembro de 2014.

DER/SC, Departamento de Estradas de Rodagem de Santa Catarina. **Diretrizes para a Concepção de Estradas (DCE)**. Parte 2: Interseções a Níveis Diversos DCE-I-2. 2000.

Disponível em:

http://www.deinfra.sc.gov.br/jsp/relatorios_documentos/doc_tecnico/download/engenharia_rodoviaria/Intersecoes_DCE-2.pdf. Acesso em 30 de outubro de 2014.

DNER. **Normas técnicas**. Disponível em:

<http://www.der.mg.gov.br/institucional/legislacao/normas-tecnicas-dermg>. Acesso em 10 de novembro de 2014.

DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de Projeto de Interseções**. Rio de Janeiro, 2005.

DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais**. Rio de Janeiro, 1999.

MACEDO, E. L. **Noções de Topografia Para Projetos Rodoviários**. Disponível em:

<http://www.topografiageral.com/Curso/capitulo%2018.php>. Acesso em: 10 de novembro de 2014.

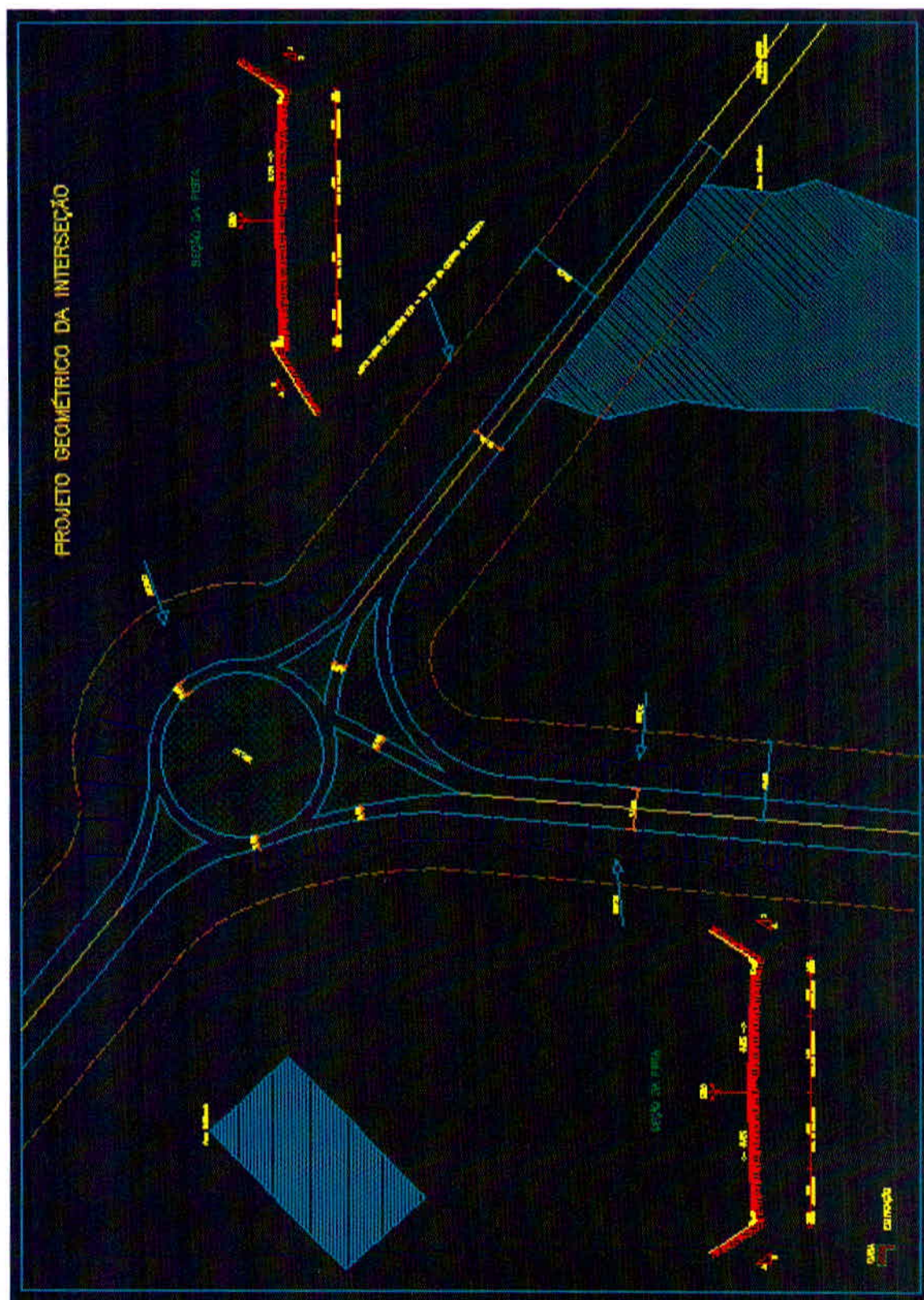
PIMENTA, C. R. T.. OLIVEIRA, M. P. **Projeto Geométrico de Rodovias**. São Carlos : Rima Editora, 2001.

PONTES FILHO, Glauco. **Estrada de Rodagem: Projeto Geométrico**. São Carlos: Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.

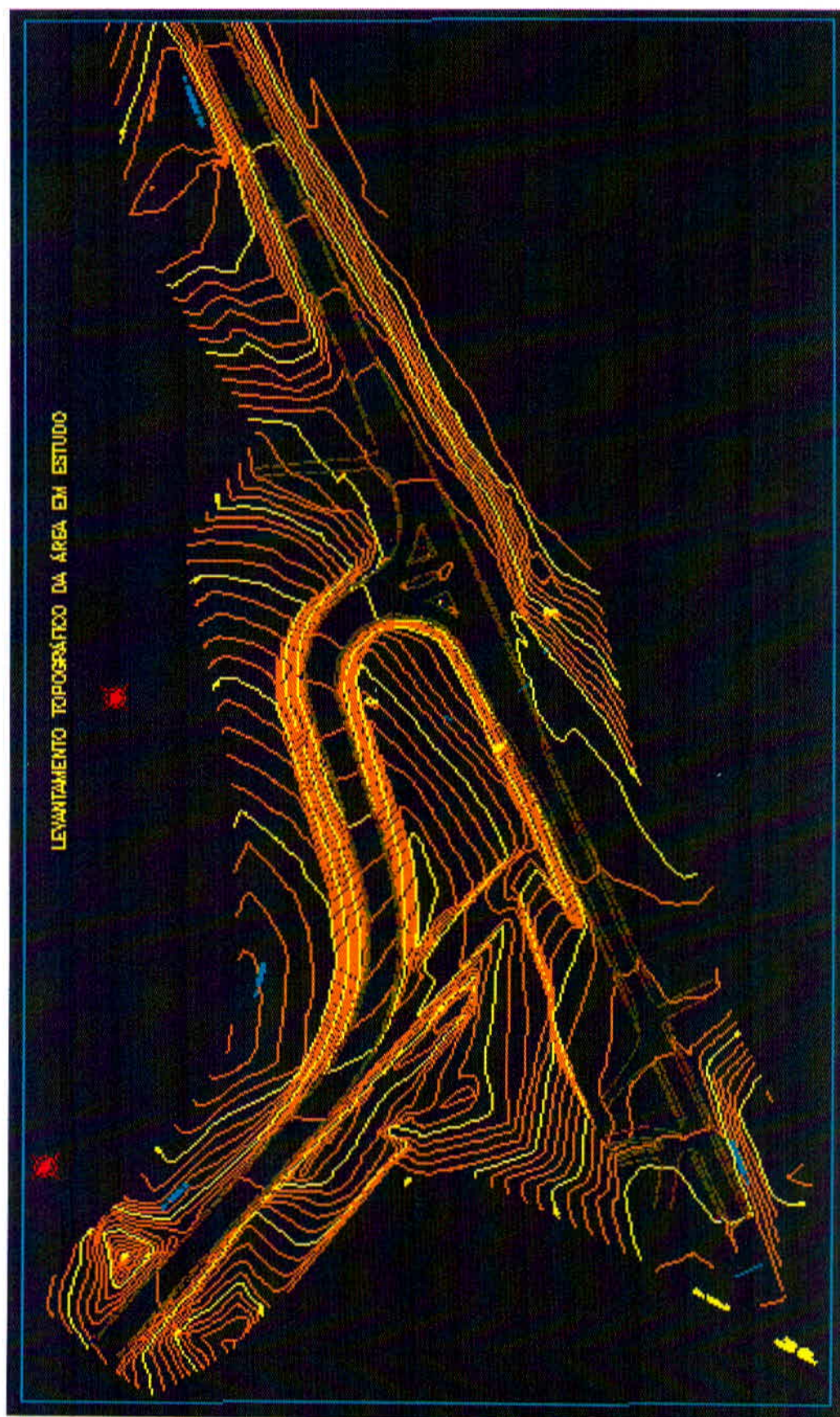
UFPR . **Projeto Geométrico de Rodovias** – Universidade Federal do Paraná. Curso de Engenharia Civil, 2006.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Projeto Geométrico da Interseção.



APÊNDICE B - Levantamento Topográfico da Área Estudada.



APÊNDICE C - Cálculo dos Prismóides.

