

FACULDADE DE ENGENHARIA DE MINAS GERAIS
INSTITUTO EDUCACIONAL CÂNDIDA DE SOUZA
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ESTRADAS

CONTROLE GEOMÉTRICO DE TERRAPLENAGEM
Orientação de Controle de Terraplenagem segundo as Normas do DNIT e
DER/MG

Márcio Marques Moreira Rocha

Belo Horizonte

2012

MÁRCIO MARQUES MOREIRA ROCHA

CONTROLE GEOMÉTRICO DE TERRAPLENAGEM

Orientação de Controle de Terraplenagem segundo as Normas do DNIT e

DER/MG

Relatório Técnico-científico apresentado à Faculdade de Engenharia de Minas Gerais como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Engenharia de Estradas, com ênfase em Drenagem de Rodovias.

Orientador: Prof. Esp. Marcos M. M. rocha

Belo Horizonte

2012

DEDICATÓRIA

Aos meus filhos Ana Julia, Márcio Marques Júnior, Clara Lúcia e Matheus
Marques meu irmão Marcos Marques, que incentivaram e motivaram.

AGRADECIMENTO

Agradeço a Deus e aos meus familiares por me proporcionarem condições de concluir este trabalho.

Ao meu irmão Marcos Marques M. Rocha que me incentivaram a fazer este curso.

Ao Departamento de Estradas e Rodagem do Estado de Minas Gerais pela oportunidade e confiança em meu trabalho.

*Matar o sonho é matarmo-nos. É
mutilar a nossa alma. O sonho é o que
temos de realmente nosso, de
impenetravelmente e
inexpugnavelmente nosso.*

(Fernando Pessoa, 2000, p.)

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 01: Seção transversal com taludes em evidência	13
FIGURA 02: Visualização de componentes da nota de serviço.....	14
FIGURA 03: Uma das Linhas possíveis	18
FIGURA 04: Vista da Curva Horizontal.....	20
FIGURA 05: Curva Horizontal e Vertical	20
FIGURA 06: Vista Tag. e Curva Vertical	21
FIGURA 07: Vista Tangente.....	21
FIGURA 08: Vista do Desenvolvimento.....	21
FIGURA 09: Capacidade por eixo.....	24
FIGURA 10: Elementos da Curva Espiral.....	28
FIGURA 11: Visualização da Super Elevação.....	32
FIGURA 12: Rampas do Greide.....	34
FIGURA 13: Dimensões da Plataforma.....	35
FIGURA 14: Visualização da Super Largura.....	36
FIGURA 15: Greide Reto e Parábola.....	38
FIGURA 16: Curvas Convexa e Côncava.....	39
FIGURA 17: Desenho para visualização do greide Reto.....	39
FIGURA 18: Desenho dos Ramos de uma Parábola.....	40
FIGURA 19: Desenho para visualização do calculo da Parábola.....	41
FIGURA 20: Comprimento do Y.....	41
FIGURA 21: Seção Transversal.....	49
FIGURA 22: Seção Transversal com as estacas do Off-Set afastadas.....	50
FIGURA 23: Seção Transversal com Taludes em evidencia.....	53

FIGURA 24: Gabarito de Madeira.....	53
FIGURA 25: Vista de uma Seção de Aterro.....	56
FIGURA 26: Off-Set.....	56
FIGURA 27: Execução e Monitoramento de Rampa usando-se Teodolito	58
TABELA 01: Classe da Rodovia.....	31
TABELA02: Velocidade Diretriz.....	31
TABELA 03: Valores de Coeficiente de Atrito.....	32
TABELA 04: Raios Mínimos.....	34
TABELA 05: Rampa Máxima.....	34
TABELA 06: Largura Máxima.....	35
TABELA 07: Parâmetro de Curvatura.....	42

LISTA DE ABEVIAÇÕES

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem

DER/MG – Departamento de Estrada e Rodagem do Estado de Minas Gerais

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo geral ressaltar a importância das estradas através do estudo de um traçado rodoviário na sua totalidade. Utilizando-se das três fases de implantação de uma rodovia (reconhecimento, exploração e locação) será mostrada a grande e boa influência que um excelente projeto de estradas apresenta tanto na construção da mesma, quanto na sua conservação.

O objetivo específico do estudo foi voltado para o controle geométrico da Execução, onde se deve efetuar sempre uma verificação na marcação dos OFF-SET, um novo nivelamento de eixos e bordo, visando verificar se as camadas foram executadas com sucesso; e isto será feito sempre que as máquinas terminarem cada fase dos diversos serviços de reforço, sub-base e base. Com o controle geométrico podemos obter melhores informações com relação ao volume de materiais a serem movimentados no trecho.

Este Projeto tem também, como objetivo específico mostrar a generalidade do Controle Geométrico, utilizando-se nos anexos, exemplos ilustrativos de uma obra, para a correta fundamentação de conhecimento.

Palavra chave: Execução, Terraplenagem marcação dos Off-Sets.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
1.1 Problema.....	12
1.2 Objetivo Geral.....	13
1.3 Objetivos Específicos.....	13
1.4 Justificativa.....	13
1.5 Caracterização da Empresa.....	14
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
2.1 Estudo de Traçado.....	16
2.2 Estudo Topográfico.....	21
2.3 Projeto Geométrico.....	23
2.4 Curvas Horizontais.....	27
2.5 Etapas de Desenvolvimento do projeto.....	29
2.6 Projeto de Greide.....	37
3 METODOLOGIA.....	49
3.1 Tipo de Pesquisa.....	49
3.2 Universo da Pesquisa.....	49
3.3 Técnica de Amostragem.....	49
3.4 Seleção de Sujeitos.....	49
3.5 Instrumentos de Coleta de Dados.....	50
3.6 Análise de Dados.....	50
3.7 Limitações da Pesquisa.....	50
4. ANÁLISE DOS DADOS.....	51
5. CONCLUSÃO.....	68
REFERÊNCIAS.....	69

1 INTRODUÇÃO

A engenharia é uma ciência exata que permite efetuar profundas modificações no ambiente físico natural. Desde a Antigüidade o homem, no papel de engenheiro, constrói estruturas, desvia cursos d'água objetivando abastecimento, cria formas de saneamento, formata geometricamente os quarteirões e acesso entre os mesmos, melhorando assim a vida dos aglomerados humanos que, gradativamente formariam grandes cidades.

Como uma forma de efetuar a ligação entre as cidades, surgiu a necessidade de criação e implantação de estradas. Os romanos criaram a via Ápia que foi uma estrada arterial e importantíssima para o desenvolvimento do império e principalmente da criação da cidade de Roma.

Em todas as épocas do desenvolvimento humano, vias de integração foi criada visando agilizar as distâncias, criar vínculos comerciais atreves de deslocamento de produtos e divisas, facilitando os procedimentos de importação e exportação, e principalmente permitir o transito em todas as regiões de um país para se ter um conhecimento de todos os seus setores, a fim de permitir, uma soberania nacional.

As estradas constituem-se então, em um elo de ligação entre pólos de magnânima riqueza, permitindo-se assim a consolidação de economias regionais e da União.

O trabalho a seguir fará uma caracterização das fases de estudo de uma estrada e da necessidade de se controlar as operações de corte e aterro.

A implantação de forma rodoviária inicia com a locação do traçado projetado e dos off-set's de corte e de aterro. A locação dos off set's é a materialização dos pontos limites da terraplenagem, que dará todo o controle geométrico da rodovia.

Assim qual é a importância da locação correta dos pontos de OFF-SETs?

Quando não existe o controle no corte, a probabilidade de erro na inclinação da rampa (talude) é gigantesca; ficando a plataforma com as suas dimensões alteradas, acima ou abaixo do valor do projetado (Figura 1).

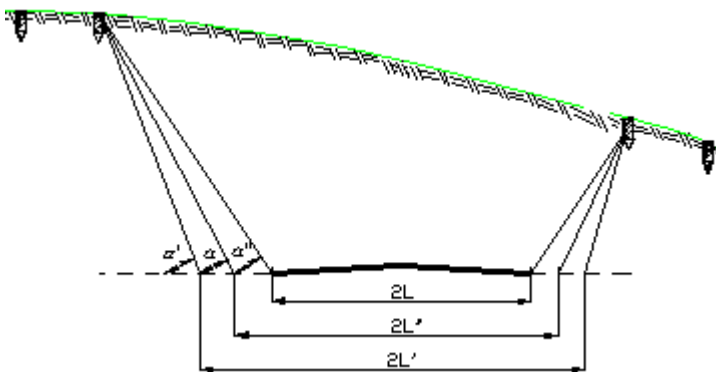


Figura 1: Seção transversal com taludes em evidência
Fonte: (DER/MG, 2003).

1.1 Objetivo Geral

Objetivo geral ressaltar a importância das estradas através do estudo de um traçado rodoviário na sua totalidade. Utilizando-se das três fases de implantação de uma rodovia (reconhecimento, exploração e locação) será mostrada a grande e boa influência que um excelente projeto de estradas apresenta tanto na construção da mesma, quanto na sua conservação.

1.2 Objetivos Específicos

O objetivo específico do estudo será voltado para o controle geométrico da Execução, onde se deve efetuar sempre uma verificação na marcação dos

OFF-SET, um novo nivelamento de eixos e bordo, visando verificar se as camadas foram executadas com sucesso; e isto será feito sempre que as máquinas terminarem cada fase dos diversos serviços de reforço, sub-base e base.

Com o controle geométrico podemos obter melhores informações com relação ao volume de materiais a serem movimentados no trecho.

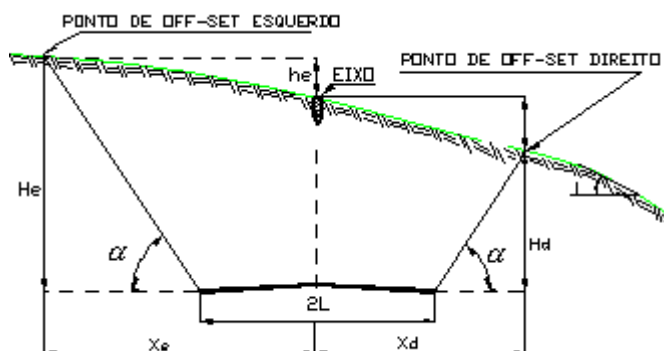


Figura 2: Seção transversal qualquer de um projeto hipotético para visualização de componentes da nota de serviço Fonte: (DER/MG).

1.3 Justificativa

Trata as informações sobre controle topográfico da execução dos cortes e controle topográfico de execução de aterros de forma objetiva e pratica; citando ainda como se funciona os processos práticos de controle de ângulos de talude. Este processo é efetuado pela Figura do greidista, ou seja, o profissional responsável pela aplicação

de um gabarito (triângulo de madeira) nas rampas dos taludes (de corte e de aterros), para verificar assim se as unidades mecânicas (escavadeiras) estão trabalhando corretamente dentro das especificações projetadas.

1.4 Caracterização da Empresa

O exemplo a ser estudado tem como objetivo orientar, os profissionais que atuam diretamente na execução de obras de terraplenagem.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Campos (1979) abordam os aspectos primordiais da execução de um elaborado projeto de estradas, demonstrando todo procedimento, desde o reconhecimento da área em questão até o início da locação. O tratamento técnico dado ao projeto é feito de forma didática e dinâmica.

Ricardo & Catalini (1978) trata as informações sobre controle topográfico da execução dos cortes e controle topográfico de execução de aterros de forma objetiva e pratica; citando ainda como se funciona os processos práticos de controle de ângulos de talude.

Para o mesmo autor este processo é efetuado pela greidista, ou seja, o profissional responsável pela aplicação de um gabarito (triângulo de madeira) nas rampas dos taludes (de corte e de aterros), para verificar assim se as unidades mecânicas (escavadeiras) estão trabalhando corretamente dentro das especificações projetadas.

Rocha (2003) nos fornece com sua experiência de anos em trabalhos práticos no que diz respeito às estradas, os subsídios fundamentais ao entendimento de um projeto rodoviário em todas as suas peculiaridades; estreitando assim, os laços de teoria com uma obra de engenharia.

Ferreira (1989) através de suas várias ilustrações descritas passo a passo, constituídas por um texto bem técnico, possibilita a verificação e o entendimento de trabalhos topográficos em trechos rodoviários de maneira didática.

2.1 Estudo de traçado

O Estudo de Traçado tem a finalidade de definir a linha técnica e economicamente mais viável para se promover a ligação entre 2 (dois) pontos "A" e "B".

2.2 Levantamento de Dados Existentes

Para se ter uma primeira idéia da área de influência do projeto, recorre-se à análise e estudos existentes, a saber (FERREIRA, 1989):

- Mapas rodoviários (mapa do DER/MG, na escala 1: 1.500,000);
- Planos e estudos anteriores (antigos estudos de traçado, restituições aerofotogramétricas, antigos projetos, estudos de viabilidade técnica - econômica, cadastros, etc.).
- Aero fotos nas escalas de 1:60.000 (originários de vôos realizados sobre o Brasil pela USAF em 1964, arquivadas pelo serviço de levantamento Aerofotogramétrico - SLA - da diretoria de projetos);

- Aero fotos em escalas maiores, 1:40.000 e 1:20.000, de propriedade de grandes empresa estatais (CEMIG, DNER);
- Cartas geográficas do IBGE, editados nas escalas de 1:100.000 e 1:50.000, cobrindo todo Estado de Minas Gerais;
- Restituições aerofotogramétricas (obtidas a partir das aerofotos);
- Explorações topográficas efetuadas no "corredor" do projeto.

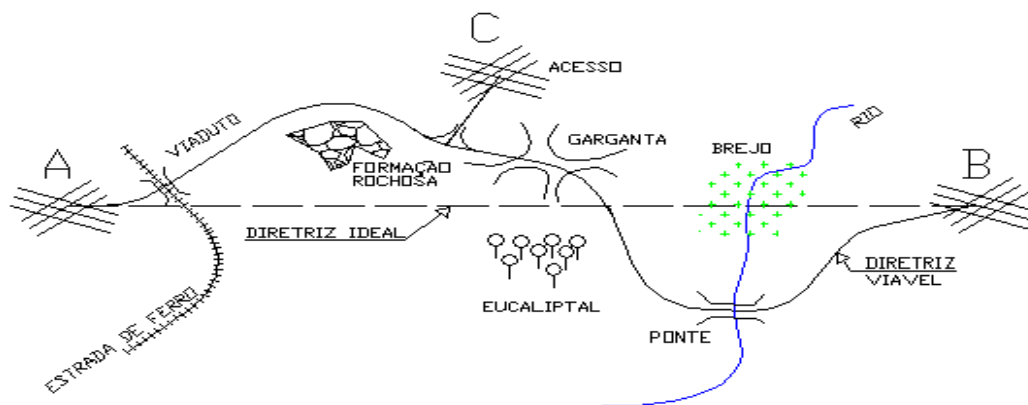


Figura 3: Uma das linhas possíveis do projeto

Fonte: (DER/MG, 2003)

Os seguintes aspectos devem ser examinados:

- Topografia
- Geologia
- Hidrologia
- Pontos obrigatórios de passagem:
- gargantas, espigões, vales, etc
- travessias de cursos 'd água (pontes)
- interseções e acessos para outras localidades próximas.

2.3 Alternativas de traçado (Linhas Possíveis)

A partir das características básicas (rampa máxima e raio mínimo) que se deseja para a rodovia, lança-se na planta topográfica "linhas possíveis" para a ligação dos pontos pretendidos "A" e "B" (CAMPOS, 1979). Trata-se da fase denominada de "Anteprojeto".

Sob o aspecto do relevo, são regras básicas:

- a) Topografia suave: traçado e divisores, onde as cotas entre os vários planos têm variação pouco brusca e os divisores apresentam-se largo;
- b) Topografia de serra: traçado de vales, procurando a travessia dos divisores nas "gargantas" de menor cota; neste tipo de topografia os divisores apresentam-se normalmente bastante estreito, com diferenças acentuadas de cotas, devendo por isso, serem abandonadas (CAMPOS, 1979).

2.4 Traçado Óptico-Fluente

"O veículo automotor não é conduzido sobre trilhos, mas guiado pelo conjunto VISTA - CÉREBRO - MÃOS, o que transforma a técnica de traçados num problema psicológico" (Hanz Lorenz in CAMPOS, 1979).

Assim, o traçado ótico-fluente tem o propósito de obter uma harmonia perfeita entre os seus próprios elementos definidores (planta, perfil, seção transversal) à

incorporação da estrada na paisagem, no campo visual do motorista, que com seus olhos a 1,20m acima da pista, tem uma visão em perspectiva da rodovia como uma curva especial inserida no contexto da paisagem.

Esta síntese deseja uma combinação dos elementos básicos da rodovia (tangente, curva horizontal, rampa e curva vertical) em harmonia com a paisagem, de modo a servir eficientemente ao tráfego, levando em consideração os fatores dinâmicos, psicológicos, estéticos, a custos razoáveis de construção (FERREIRA, 1979).

Algumas recomendações práticas:

a) Conjugação planta-perfil:

O desenvolvimento das curvas horizontais (D) deve ser maior que o comprimento das curvas verticais (y) e os PI_s horizontais e verticais devem estar alinhados.

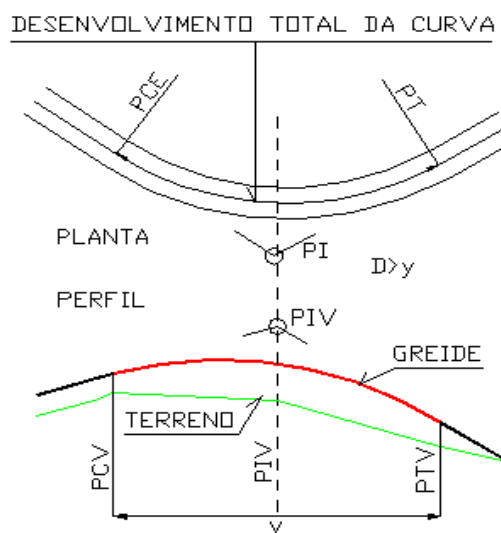


Figura 4: Vista de curva horizontal e curva vertical
Fonte: (DER/MG, 2003).

b) Tangente em planta *versus* curva vertical cônica (Figura 5).

O comprimento das tangentes em planta (T) deve ser maior que o comprimento das curvas verticais (y).

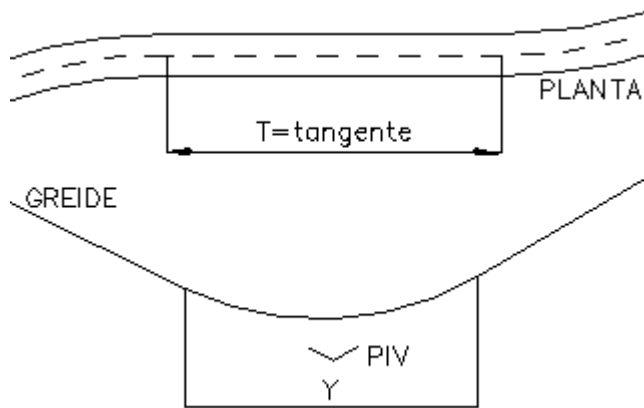


Figura 5: Vista tangente e curva vertical

Fonte: (DER/MG, 2003).

c) Espaço entre curvas de mesmo sentido (Figura 6):

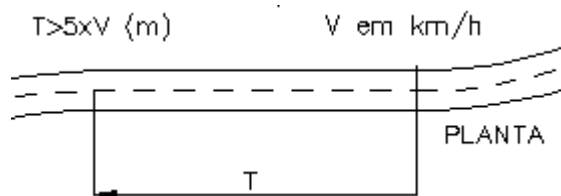


Figura 6: Vista tangente entre curvas

Fonte: (DER/MG, 2003).

d) Extensão máxima em tangente (Figura 7)

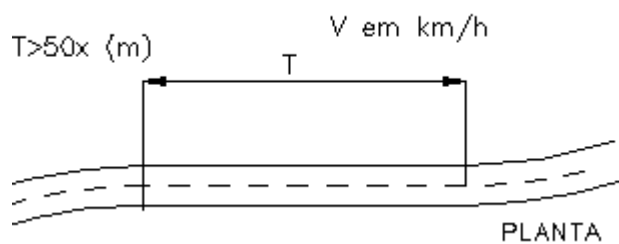


Figura 7: Vista de uma Tangente.

Fonte: (DER/MG, 2003).

e) Desenvolvimento mínimo das curvas horizontais (figura 8):

$$D_{\min} = 150\text{m}$$

f) Valores recomendados para ângulo central (figura 8):

$$10^\circ < A^{\wedge}C < 35^\circ$$

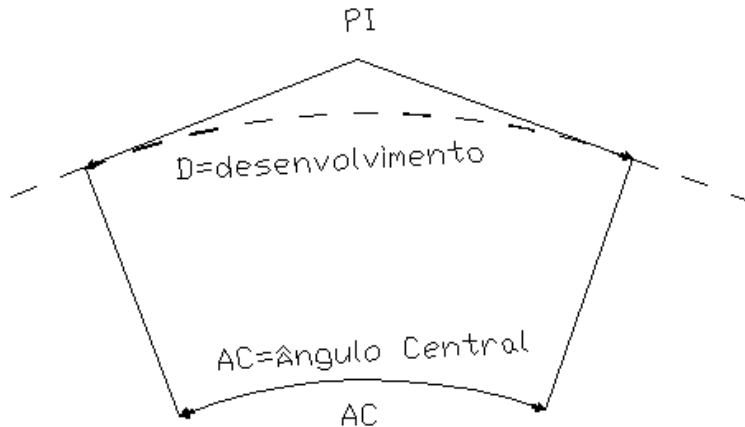


Figura 8: Vista do Desenvolvimento

Fonte: (DER/MG, 2003).

2.5 Estudo Topográfico

Segundo FERREIRA (1989) efetuação da materialização do projeto no terreno, ocorre através da marcação de seus principais pontos definidores, além da marcação de outros levantamentos subsidiários.

2.6 Exploração Topográfica

O levantamento da faixa de topográfica para possibilitar o lançamento de linhas alternativas para o traçado largura de (200m a 300m) na extensão do trecho, deve conter os seguintes serviços de campo (FERREIRA, 1989):

a) locação do alinhamento de exploração

- b) nivelamento do eixo locado e "RNs"
- c) seccionamento transversal (seções tiradas a clinômetro ou a régua)
- d) cadastramento da faixa topográfica (benfeitorias, culturas, etc.)
- e) amarração de pontos importantes:
 - local de pontes
 - interseções e acessos

2.7 Locação do Anteprojeto

Definida a linha a ser locada nos Estudos de Traçado, isto é, aprovado o "anteprojeto planimétrico", são procedidos os chamados trabalhos topográficos de locação, a saber (FERREIRA, 1989):

- a) locação do eixo do anteprojeto
- b) amarração dos pontos notáveis
- c) nivelamento do eixo locado
- d) lançamento da rede de RNs (espaçados de 500 em 500 metros)
- e) seccionamento transversal da faixa topográfica (seções à régua ou à nível)
- f) cadastramento da faixa topográfica (benfeitorias, culturas, etc.)
- g) levantamentos complementares
 - Local de pontes, bueiros, corta-rios
 - Interseções e acessos
 - Jazidas de materiais

2.8 Exploração Locada

De acordo com FERREIRA (1989), trata-se da relocação do eixo de estradas existentes e locação de variantes de traçado diretamente no campo, sem elaboração previa do "anteprojeto".

- VANTAGEM - rapidez dos trabalhos.
- DESVANTAGENS - geralmente não se obtém traçados satisfatórios, pois no campo as equipes de topografia não têm condição de introduzir algumas correções no traçado que, apesar de pequenas, podem trazer economia na construção e considerável melhoria as características técnicas e operacionais da rodovia (FERREIRA, 1989).

Os trabalhos topográficos são os mesmos realizados na "locação do Anteprojeto" com execução da definição das curvas do traçado que é feita diretamente no campo.

2.9 Projeto Geométrico

O projeto geométrico bem executado constitui-se na gênese de uma rodovia, passível de poucos problemas.

2.10 Estudo de tráfego

Tem o objetivo de determinar o VMD (volume médio diário), sua composição e característica, avaliar as condições operacionais da via e calcular o número "N".

Número "N" é o número de solicitação repetidas numa seção de via, utilizado para o cálculo do pavimento da rodovia (ROCHA, 2003).

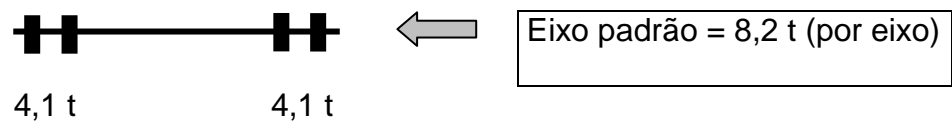


Figura 9: Visualização da capacidade por eixo

Fonte:(DER/MG, 2003).

O estudo de tráfego inicia-se com a coleta de dados sócio-econômico da região e a contagem volumétrica classificatória.

2.11 Pesquisa de Tráfego

A pesquisa de tráfego tem como objetivo contar os veículos que trafegam na via e classificá-los segundo o peso que transportam (Figura 7).

Classificação dos veículos:

- Passeio ;
- Utilitários,
- Caminhões;
- Reboque;

- Semi-reboque;

A escolha de localização dos postos de contagem deve contemplar pontos de seguimento homogêneos da rodovia.

Por exemplo: Belo Horizonte (BH) - Brasília

1º Seguimento: BH - Trevão (muito carregado);

2º Seguimento: Trevão - Três Marias;

3º Seguimento: três Marias - Paracatu;

4º Seguimento: Paracatu - Brasília.

A pesquisa deverá ser feita durante 7 dias, 24 (vinte e quatro) horas/dia. Deve-se evitar feriados, domingos ou férias escolares. Em regiões agrícolas a contagem deverá ser feita antes da safra e na safra (ROCHA < 2003).

Quando se tem pontos de contagem permanentes a pesquisa poderá ser reduzida a 3 (três) dias.

2.12 Cálculo da VMD para o Ano do Projeto

Segundo ROCHA (2003), trata-se da projeção do tráfego para um horizonte de projeto da rodovia (10, 15 ou 20 anos).

$$V_n = V_o(1+i)^n$$

V_n = Volume de tráfego no ano "n".

V_0 = Volume de Tráfego atual.

I = Taxa de crescimento anual.

n = Período de projeto.

2.13 Projeto de Estrada

O projeto de uma estrada inicia-se no escritório, onde o engenheiro, de posse de fotografia aérea e carta topográfica escolhem a melhor diretriz para a estrada.

A melhor diretriz será a alternativa que ligar as duas localidades com a menor distância e movimento o menor volume de solo.

2.14 Reconhecimento

Segundo ROCHA (2003), é a etapa que pode ser feita antes ou após escolher o traçado da estrada no escritório.

Nesta etapa o engenheiro vai ao campo fazer uma visita terrestre observando as dificuldades de projeto e aérea confirmando ou não o traçado escolhido na carta topográfica ou fotografia aérea.

2.15 Levantamento Topográfico

Ao definir a diretriz da estrada e fazer o reconhecimento aéreo e terrestre, a equipe de topografia inicia o levantamento topográfico.

A faixa a ser explorada é definida pelo engenheiro. Onde tiver possibilidade de mais alternativas de projeto, a faixa de levantamento é maior.

Normalmente é levantada uma faixa de 200m (100m para a esquerda e 100m para a direita do eixo).

Quando se tem certeza da posição do traçado, esta faixa pode ser reduzida.

2.16 Fases do Levantamento

De acordo com ROCHA (2003), o levantamento pode ser dividido nas seguintes etapas:

- a) Colocação do marco inicial;
- b) Determinação das coordenadas e cotas iniciais, feitos com GPS ou Estação Total;
- c) Escolha da poligonal;
- d) Fechamento da poligonal;
- e) Escolha dos auxiliares;
- f) Irradiação.

2.17 Curvas Horizontais

No plano horizontal são adotados dois tipos de curvas, as circulares simples e curvas espirais Fonte: (ROCHA, 2003).

2.18 Curva Circular Simples

São curvas descritas pelo raio. São adotadas em estradas para raio de curvatura $R > 600\text{m}$. Quando o raio for menor que $R < 600\text{m}$ temos que adotar curvas espirais; porém nos locais em que a velocidade for baixa podemos usar curvas circulares simples para raio menor que 600m (ROCHA, 2003).

2.19 Curva com Espiral ou com Transição

A curva espiral é adotada em projetos de estradas quando o raio de curvatura horizontal for menor que $R < 600\text{m}$ (ROCHA, 2003).

Esta curvatura tem origem numa curva circular simples de mesmo raio, com a introdução de um ramo espiral que fará a concordância entre a tangente e a curva circular (Figura 10).

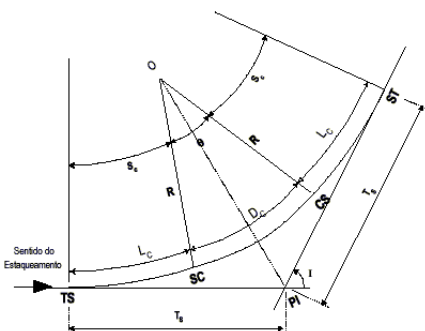


Figura 10: Elementos da curva espiral
Fonte: (DER/MG, 2003).

De acordo com figura 10:

TSD = TED = tangente espiral para direita.

SC = EC = saída da espiral/entrada da circular.

CS = EC = saída da circular/entrada na espiral.

ST = ET = saída da espiral entrada na tangente.

TS = TE = tangente externa a curva que determina o início e final da curva.

AC = ângulo central.

Θ = ângulo da circular.

R = raio.

Yc/xc = coordenadas que definem o início e fim da circular.

Formulário:

- 1) R = raio, definido pelo engenheiro.
- 2) Ac = ângulo central, definido pelo engenheiro.
- 3) Lc = comprimento da espiral, múltiplo de 10 m.
- 4) $Lc = 6 * \sqrt{R}$ (Lc normal).
- 5) $Sc = \frac{Lc}{2 * R}$ (radiano).
- 6) $Sc^{\circ} = \frac{180^{\circ} * Lc}{2 * \pi * R}$ (grau).
- 7) $\theta = Ac - 2 * Sc^{\circ}$ ($Sc \rightarrow$ grau).
- 8) $D_{\theta} = \frac{\pi * R * \Theta}{180^{\circ}}$, desenvolvimento ($\Theta \rightarrow$ grau).
- 9) $TS = q + (R+p) \operatorname{tg} * \left(\frac{Ac}{2} \right)$
- 10) $q = yc - R * \operatorname{sen} Sc^{\circ}$ ($Sc^{\circ} \rightarrow$ grau).
- 11) $p = Xc - R * (1 - \cos Sc^{\circ})$($Sc^{\circ} \rightarrow$ grau).
- 12) $xc = \frac{Lc * Sc}{3} * \left(1 - \frac{Sc^2}{14} + \frac{Sc^4}{440} \right)$ (Sc \rightarrow radiano).

$$13) \quad y_c = L_c * \left(1 - \frac{Sc^2}{10} + \frac{Sc^4}{216} \right) \dots\dots\dots (Sc \rightarrow \text{radiano}).$$

$$14) \quad l_c = K1^2$$

$$15) \quad J_c = Sc^0 - L_c$$

2.20 Etapas de Desenvolvimento do Projeto geométrico

Para desenvolver o projeto, o engenheiro precisa definir as principais características técnicas da rodovia, tais como Fonte: (ROCHA, 2003):

1) Dados iniciais:

a) Relevo da região;

b) Clima;

c) Resultado do estudo de tráfego:

- VMD (volume médio diário, no ano de projeto);

- Nível de serviço.

2) Classe da rodovia (DNER);

3) Características básicas da rodovia:

a) Velocidade diretriz (V.dir em km/h);

b) Raio mínimo de curvatura horizontal R em metros);

c) Rampa máxima e mínima do greide;

d) Dimensões da plataforma;

e) Super-elevação / Super-largura.

TABELA 1: CLASSE DAS RODOVIARIAS (DNER, 1975)

Classe	Tráfego
Especial	Via Expressa (Político)
I A - pista dupla	Nível de Serviço A/B
I B - pista simples	VPH > 200 ou VMD > 1400
II	700 a 1400
III	300 a 700
IV	< 300

2.21 Velocidade Diretriz

Considera-se como velocidade diretriz a menor velocidade que o motorista irá trafegar na rodovia.

TABELA 2: VELOCIDADE DIRETRIZ (DER, 1975).

CLASSE	RELEVO		
	PLANO	ONDULADO	MONTANHOSO
ESPECIAL	120	100	80
I	100	80	60
II	100	70	50
III	80	60	40
IV	80 - 60	60 - 40	40 - 30

2.22 Raio mínimo de curvatura horizontal

O Raio mínimo de curvatura horizontal é o menor raio que pode ser percorrido com a velocidade diretriz a uma taxa de super-elevação com segurança e conforto (ROCHA, 2003).

$$R_{\min} = \frac{V_{\text{dir}}^2}{127(SE_{\text{máx}} + f)}$$

R_{\min} = raio mínimo (m);

V_{dir} = velocidade diretriz (km/h);

SE máx. = super elevação máxima (m/m);

f = coeficiente de atrito transversal;

TABELA 3: VALORES DE COEFICIENTE DE ATRITO TRANSVERSAL (DNER, 1975)

V. dir	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
F	0,20	0,18	0,16	0,15	0,15	0,14	0,14	0,13	0,12	0,11

2.23 Super Elevação

A Super Elevação é modificação da declividade transversal da pista de rolamento (Figura 11), que se introduz nas curvas horizontais para compensar a força centrífuga gerada pela trajetória circular dos veículos.

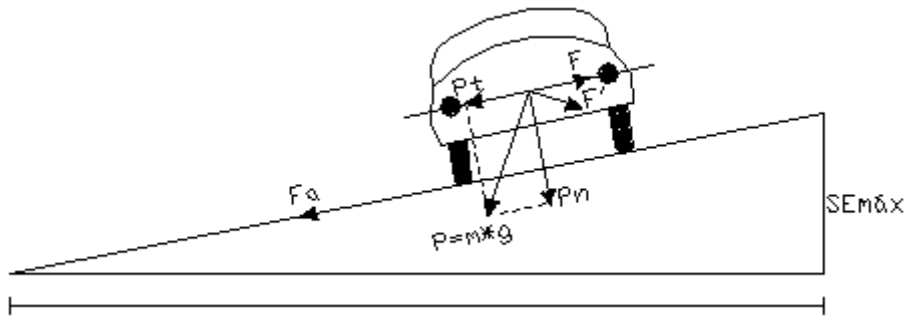


Figura 11: Visualização da Super Elevação

Fonte:(DER/MG, 2003).

P = peso do veiculo = kgf;

P_n = projeto normal do peso do veiculo (kgf);

P_t = projeção tangencial do peso do veiculo (kgf);

F_a = força de atrito entre o pneu e o pavimento (kgf);

F' = força centrífuga (kgf);

F = projeção tangencial da força centrífuga (kgf);

α = inclinação da plataforma.

SE máx = super elevação máximo (%);

$$SE_{máx} = 100 * \left(\frac{V_{dir}^2}{127 * R_{mín}} - f \right) \rightarrow (\%)$$

$R_{mín}$ = raio mínimo (m);

V_{dir} = velocidade diretriz (km/h);

f = coeficiente de atrito transversal.

$$Ob.: R_{mín} = \frac{V_{dir}^2}{127 * (SE_{máx} + f)}$$

Para raios de curvatura horizontal maior que o mínimo, pode-se trabalhar com taxas de Super Elevação menor que a máxima.

$$SE = SE_{máx} * \left(\frac{2 * R_{mín}}{R} - \frac{R_{mín}^2}{R^2} \right)$$

SE = Super Elevação a ser adotada;

SE máx = Super Elevação máxima adotada na rodovia (m/m);

Rmín = raio mínimo (m);

R = raio da curva que se está calculando a Super Elevação a velocidade diretriz (m).

Aplicando-se então a fórmula do raio mínimo, construir uma tabela em função de cada velocidade e taxa de super elevação máxima (ROCHA, 2003).

TABELA 4 DE RAIOS MÍNIMOS (DNER, 1975)

Vdir. SE Max.	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	
6%	25	55	90	134	185	250	320	415	530	665	R. Mín.
8%	25	50	80	125	170	230	290	375	475	595	
10%	25	45	75	115	155	210	265	345	435	540	
12%	25	45	70	105	145	195	245	315	400	490	

2.24 Rampa Máxima do Greide

O Greide máximo (Figura 12) é sempre em função da velocidade projetada para a rodovia que, por sua vez, apresenta variações topográficas regionais (CAMPOS, 1979).

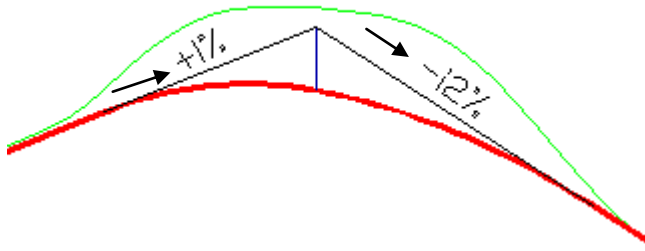


Figura 12: Rampas do Greide
Fonte:(DER, 2003).

TABELA 5 DE RAMPA MÁXIMA - (DNER, 1975)

CLASSE	RELEVO		
	PLANO	ONDULADO	MONTANHOSO
ESPECIAL	3%	4%	5%
I	3%	4,50%	6%
II	3%	5%	6%
III	3%	5% A 6%	6% A 7%
IV	3%	5% A 7%	6% A 9%

2.25 Dimensões da Plataforma

A vista em seção da plataforma (Figura 13) possibilita uma análise das duas semi-plataformas e das dimensões de seus sub itens.

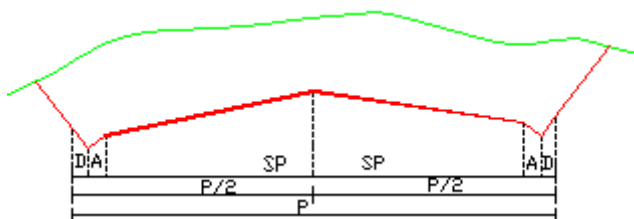


Figura 13: Dimensões da Plataforma
Fonte: (DER/MG, 2003).

D = drenagem;

A = acostamento

Sp = semi pista;

P/2 = semi-plataforma;

P = plataforma;

Faixa = semi-pista.

TABELA 6 DE LARGURA MÁXIMA - (DNER, 1975)

CLASSE	RELEVO					
	PLANO		ONDULADO		MONTANHOSO	
	FAIXA	ACOST.	FAIXA	ACOST	FAIXA	ACOST
ESPECIAL	3,75	3,50	3,75	2,00	3,60	3,00
I	3,60	3,50	3,60	2,50	3,60	2,50
II	3,60	3,00	3,60	3,50	3,50	2,00
III	3,60	2,50	3,50	2,00	3,30	2,00
IV	3,50 / 3,30	2,00	3,50 / 3,30	2,00 / 1,50	3,30 / 3,00	1,50 1,20

2.26 Super Largura

A super largura (Figura 14) tem a finalidade de acomodar melhor os veículos dentro das curvas, principalmente as de menor raio de curvatura horizontal (ROCHA, 2003).

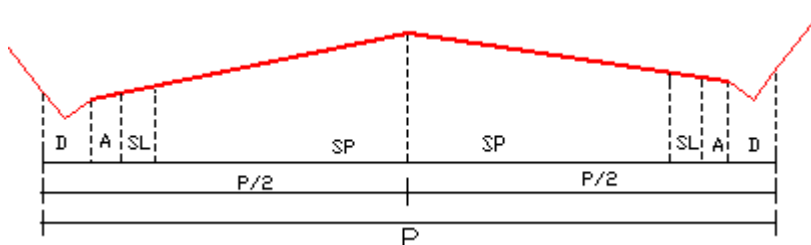


Figura 14: Desenho para visualização da superlargura

Fonte: (DER/MG, 2003).

SP = semi-pista;

A = acostamento;

SL = superlargura;

D = drenagem;

P/2 = semi-plataforma;

SL = superlargura.

$$SL = n * \left(R - \sqrt{R^2 - E^2} \right) + \frac{V_{dir}}{10 * \sqrt{10}}$$

SL = superlargura

N = número de faixas de tráfego;

R = raio de curva;

Vdir = velocidade diretriz;

E = largura entre eixos = 6,00 m.

A superlargura deve Ter uma largura suficiente para que um veículo não invada a faixa de tráfego do outro veículo.

Na prática é adotada como menor superlargura o valor de SL = 0,20 m; portanto qualquer valor calculado menor que o citado, não será adotado, ficando a curva sem a necessidade de superlargura (ROCHA, 2003).

SL: SL/2 (pista esquerda);

SL/2 (pista direita).

2.27 Faixa de Domínio

Segundo ROCHA (2003), a faixa de domínio é a largura suficiente para se fazer a manutenção da via e apoios como:

- Postos de fiscalização (balança, posto policial);
- Serviços (restaurante, postos de abastecimento).

O ideal é que a faixa de domínio apresentasse uma largura suficiente para que no futuro fosse possível, se necessário, fazer a duplicação da via sem as exigências de novas desapropriações.

2.28 Perfil Longitudinal

O perfil longitudinal pode ser entendido como a descrição do terreno natural no eixo da diretriz escolhida (ROCHA, 2003).

O perfil longitudinal será muito importante para o projeto geométrico, onde será projetado o greide da rodovia. O greide é uma linha que define a cota final do pavimento. Na escolha do greide definimos, os cortes e aterro do projeto.

Para desenharmos o perfil longitudinal temos que fazer a caderneta de nivelamento na eixo do traçado escolhido. O ideal seria fazer esta caderneta com as curvas de nível de 1,00 m; porém no sentido de diminuir o trabalho, as curvas de nível serão

adotadas de 5,00 m . Nos locais em que houver intervalos grandes, sem curvas de nível, deve-se fazê-las de 5,00 m.

2.29 Projeto de Greide

O greide é uma linha de cotas que se projeta no perfil longitudinal, onde se tenta fazer um equilíbrio entre o material escavado e o material aterrado. Pode-se ainda dizer que o greide é a linha de cotas finais do pavimento.

Para escolher o greide devem-se escolher as rampas verticais de forma a equilibrar os cortes e aterros, obedecendo às rampas mínimas e máximas da classe de rodovia que está sendo projetada.

As rampas verticais (Figura 15) são concordadas com curvas parabólicas (equação do 2º grau) as quais irão ser chamadas apenas de parábola (ROCHA, 2003).

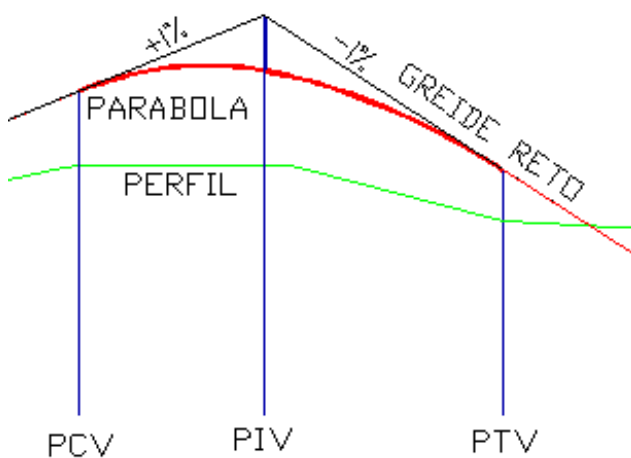


Figura 15: Desenho do greide reto e da parábola
Fonte:(DER/MG, 2003).

PCV = Ponto de curva vertical;

PIV = Ponto de inflexão vertical;

PTV = Ponto de tangente vertical.

Curvas Parabólicas

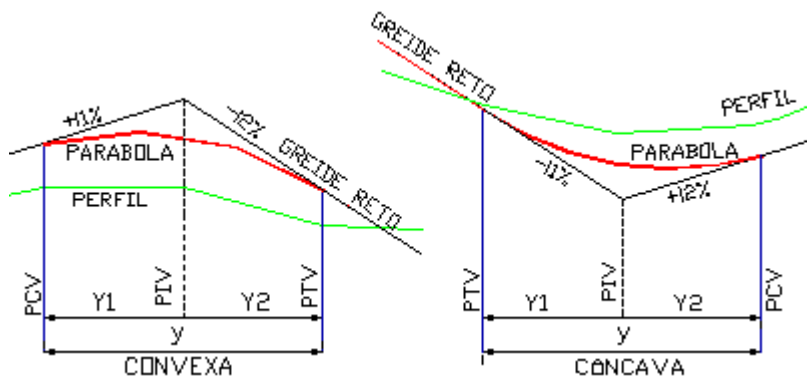


Figura 16: Desenho de uma curva convexa e de uma curva côncava
 Fonte:(DER/MG, 2003).

$Y = y_1 + y_2 =$ comprimento da parábola (Figura 14).

As parábolas são classificadas quanto à concavidade, sendo chamadas de convexas ou côncavas. Podem também ser classificadas quanto ao comprimento y.

Se: $y_1 = y_2 =$ parábola simples;

$y_1 \neq y_2 =$ parábola composta.

Deve-se sempre que possível projeta-las como simples.

2.30 Cálculo do greide reto

Ao se trabalhar com o greide reto (Figura 17), as relações métricas em um triângulo retângulo devem ser utilizadas.

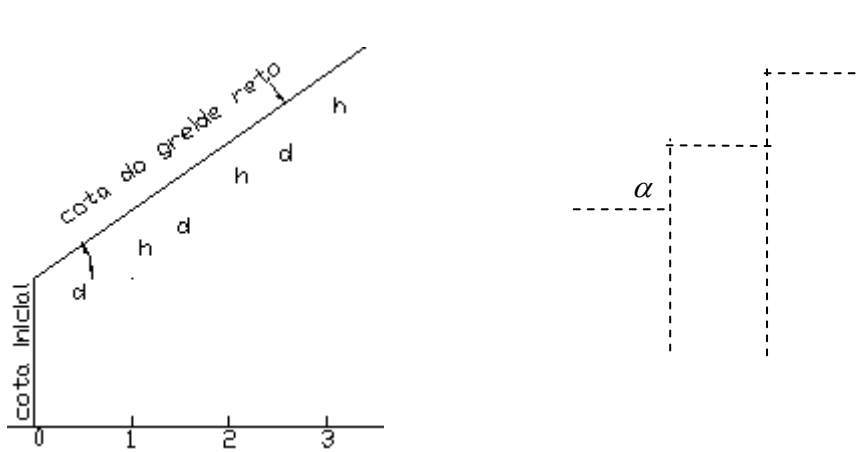


Figura 17: Desenho para visualização do greide reto
Fonte: (DER/MG, 2003).

$$\frac{h}{d} = \operatorname{tg} \alpha \quad (= \text{inclinação da reta})$$

$$(\operatorname{tg} \alpha = 1\%)$$

$$\frac{h}{d} = 1\% \quad h = d * \frac{1\%}{100}$$

Cota greide reto estaca 1 = cota estaca 0 + h.

Cota greide reto estaca 2 = cota estaca 1 + h.

Segundo CAMPOS (1979), a utilização da parábola (Figura 18) concordância vertical é a grande conveniência para o estacionamento dos elementos necessários ao perfil longitudinal.

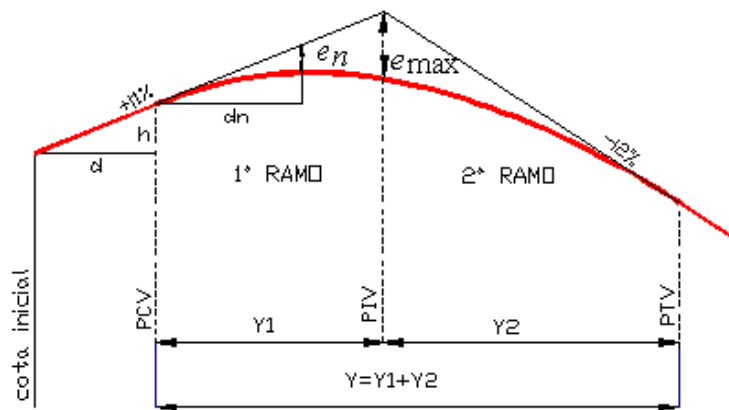


Figura 18: Desenhos dos ramos de uma parábola
 Fonte: (DER/MG, 2003)

$e_{máx}$ = ordenada máxima da parábola;

e_n = ordenada para cada estaca;

d_n = distância em que a ordenada que se vai calcular está para o início ou final da parábola (Figura 17).

$$e_{máx} = \frac{(i_2 - i_1) \cdot y_1 \cdot y_2}{200 \cdot (y_1 + y_2)} \quad (i = i\%/100)$$

$$e_n = k \cdot d_n^2 \quad (k = k_1 \text{ ou } k_2)$$

$$k_1 = \frac{e_{máx}}{(y_1)^2}$$

$$k_2 = \frac{e_{máx}}{(y_2)^2}$$

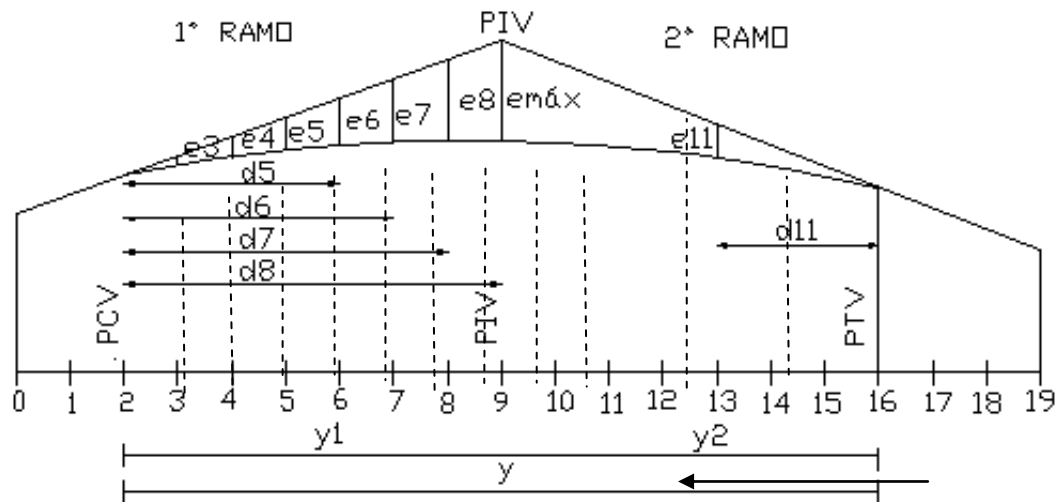


Figura 19: Desenho para visualização do cálculo da parábola

Fonte: (DER/MG, 2003).

2.31 Cálculo do comprimento da parábola (y)

O comprimento das parábolas (Figura 20) depende da velocidade da rodovia e conseqüentemente das distâncias da visibilidade que irão ser projetadas (ROCHA, 2003)

- comprimento mínimo: $y_{\text{mín}} = 0,60 \cdot V_{\text{dir}}$.
- Comprimento da parábola: $y = k_{\text{parábola}} \cdot (i_2 - i_1) \cdot 100$

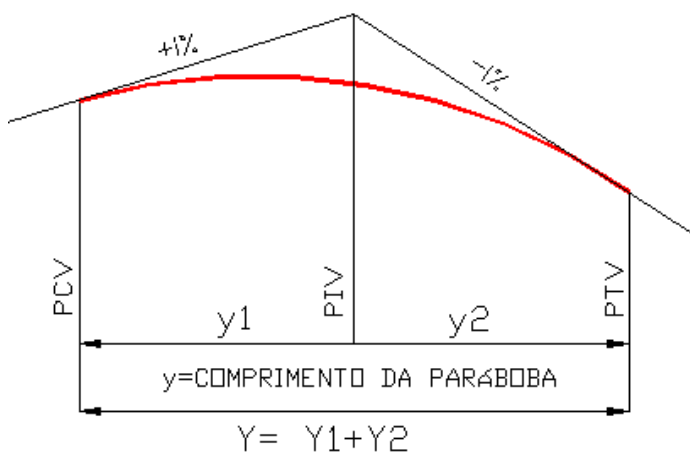


Figura 20: O comprimento do Y

Fonte: (DER/MG, 2003).

K parábola = parâmetro de curvatura, i = rampa (m/m).

O parâmetro k parábola depende da concavidade da parábola.

K parábola: k_{\cap} = quando convexa;

k_{\cup} = quando côncava.

TABELA 7: PARÂMETROS DE CURVATURA (DER/MG, 2003).

Vdir.	k_{\cup} = quando côncava		k_{\cap} = quando côncava	
	Val. absolutos	Val. desejáveis	Val. absolutos	Val. Desejáveis
30	04	04	02	02
40	07	07	05	05
50	11	12	09	10
60	15	17	14	18
70	19	24	20	29
80	24	32	29	48
90	29	42	41	74
100	36	52	58	107
110	42	64	65	140
120	50	80	102	232

Os dados coletados na etapa do projeto geométrico são fundamentais para a formação das notas de serviços.

2.32 Nota de serviço

As notas de serviço têm a finalidade de definir as dimensões e cotas da plataforma das rodovias e ferrovias, possibilitando a sua implantação durante os trabalhos de construção.

Normalmente as Notas de Serviço referem-se ao nível da plataforma das rodovias, fornecendo as dimensões e cotas do Pavimento Asfáltico a ser construído, sendo, então, denominadas Notas de Serviço de Pavimento Acabado (FERREIRA, 1979).

2.33 Dados fornecidos nas notas de serviço

As Notas de serviço são elaboradas de forma manual ou através de softwares específicos, fornecendo dados referentes a cada estaca do alinhamento locado, para os lados direito e esquerdo da rodovia. As planilhas de Notas de serviço fornecem as seguintes informações (ROCHA, 2003):

ESTACAS: são apresentadas as estacas inteiras e fracionárias obtidas após os trabalhos topográficos de locação.

ELEMENTOS DO PROJETO: são apresentados os pontos notáveis do traçado em planta (PC, PT, TS, SC, CS e ST) e do greide em perfil (PCV, PIV, PTV e PCRV).

NIVELAMENTO DO EIXO: são apresentadas as cotas, em metros, do Greide de pavimento acabado, do terreno, e as denominadas cotas vermelhas que são as alturas de corte e aterro referente ao eixo do alinhamento locado.

ELEMENTOS LATERAIS: para os lados esquerdo e direito da plataforma de pavimento acabado são fornecidos os seguintes dados:

- Superelevação (em porcentagem);
- Super largura (em metros);
- Semiplataforma (em metros);
- Cota do Bordo da Semi-plataforma (em metros);
- Coordenadas dos OFF-SET (em metros), definidas como:
- Abscissa (distância de OFF-SET); e
- Ordenada (altura de OFF-SET) referente ao Corte ou Aterro.

2.34 Cotas vermelhas

As cotas vermelhas são as alturas de corte ou aterro previstas no projeto no eixo da locação da rodovia.

Denominando-se:

CV cota vermelha;

CT = cota do terreno

CG = cota do greide de pavimento acabado = cota de projeto, tem-se então.

CV = CG - CT (em metros) (FERREIRA, 1989).

Quando CV > 0 tem-se "aterro" no eixo e quando CV < 0 tem-se "corte" no eixo.

Semiplataforma " I "

Para cada lado da rodovia definem-se as semiplataformas de pavimento acabado considerando-se que:

$$\ell = \frac{P}{2} + SL + a + d$$

Onde:

$\frac{P}{2}$ = faixa de tráfego (semipista de rolamento);

a = largura do acostamento;

d = espaço para implantação de dispositivos de drenagem superficial (sarjeta, banquetta, calha, meio-fio, etc.); e ,

SL = valor da superlargura, quando adotada nos seguimentos em curva.

Desta forma, nos seguimentos em tangente horizontal e naqueles em curva circular dotada de transição espiral tem-se. Formula; nos segmentos em curva circular simples, tem-se:

$le \neq ld$ (em metros)

Onde:

le = semi-plataforma para o lado esquerdo; e,

ld = semi-plataforma para o lado direito.

2.35 Cálculo das cotas de bordo da plataforma

Para o cálculo das Cotas de Bordo da Plataforma utiliza-se fórmula:

$$CB = CG \pm \frac{i * \ell}{100} \text{ (em metros)}$$

Onde:

CB = cota do bordo da plataforma, para a esquerda (CB_E) ou para a direita (CB_D);

CG = cota de greide de pavimento acabado no eixo;

i = Declividade transversal da semiplataforma (nos segmentos em tangente) ou valor da superelevação (nos seguimentos em curva horizontal), em porcentagem (%); e, ℓ = Semiplataforma (para cada lado), em metros.

2.36 Off-Sets

Denomina-se OFF-SET o ponto de encontro da reta de declividade constante que define o talude (de corte ou aterro) com a linha (ou perfil) transversal do terreno natural é o encontro da linha de projeto com o terreno.

Estes pontos assim definidos representam os limites da terraplenagem a ser executada para a implantação da plataforma da via.

Define-se:

m = abscissa do OFF-SET (ou distância do OFF-SET); e,

h = ordenada de OFF-SET (ou altura do OFF-SET), tem-se:

$$h = (m - \ell) * \frac{V}{H} \quad \text{formula (em metros)}$$

onde V/H é a inclinação do talude (de corte ou aterro).

3 METODOLOGIA

Os dados para a elaboração desta pesquisa foi provenientes de um projeto hipotético.

3.1 Tipo de pesquisa

A pesquisa desenvolvida foi do tipo aplicada. Quanto aos fins esta pesquisa será explicativa e descritiva, já que o proposto é apresentar a importância da locação correta dos pontos de off set em um projeto de estradas.

3.2 Universo da pesquisa

O total de elementos desta pesquisa foi composto de uma seção transversal de um projeto hipotético.

3.3 Técnica de Amostragem

A amostragem foi não probabilística por julgamento.

3.4 Seleção dos Sujeitos

Não foi utilizado este critério na pesquisa.

3.5 Instrumentos de coleta de dados

- ✓ Word
- ✓ Excell

3.6 Análise de dados

Análise qualitativa obtida a partir de um projeto hipotético de uma rodovia.

3.7 Limitações da pesquisa

Considerou-se fora do escopo desta pesquisa deduções de fórmulas citadas.

4 ANÁLISE DOS DADOS

É demonstrada neste trabalho a maneira correta de executar a terraplenagem; Situações reais do dia-a-dia das empresas do setor; dinâmicas de trabalhos desenvolvendo a capacidade de identificação e soluções de problemas relacionados a Obras de Terraplanagem na execução dos cortes e aterros.

Quando não se pode determinar o ângulo “i” na seção transversal (i = variável), em função das irregularidades do terreno, as formulas citadas não poderão ser usadas. Nesse caso, pode-se determinar a posição correta dos pontos de “off-set” com o emprego de nivelamentos geométrico e através de algumas tentativas.

Atualmente com a implantação de programas de computador no projeto geométrico de estradas é possível determinar-se os pontos de “off-set” da terraplenagem com boa precisão, além de outros elementos de projeto, tais como área das seções transversais, volumes de terra entre as estacas, o volume total de terraplenagem etc. A nota de serviço fornece elementos como as distâncias e cotas para marcação dos off-set.

4.1 CONTROLE GEOMÉTRICO DE TERRAPLENAGEM

Os trabalhos de terraplenagem são constituídos pelo conjunto de operações de escavação e compactação, transformando-se o terreno natural na plataforma projetada.

Na etapa de trabalhos com corte e aterro, cabe ao engenheiro , Ter uma primorosa atenção, no que diz respeito ao posicionamento das estacas que marcam os OFF-SET; não ocorrendo assim problemas de perda ou deslocamentos das mesmas pela atuação das máquinas escavadeiras.

A marcação do posicionamento das estacas pode ser feita com uma operação de marcação das mesmas, através de medidas de distância ou com a colocação delas (estacas) em um ponto afastado da posição verdadeira; sendo este afastamento predefinido.

A cada operação de corte ou aterro executado o eixo do projeto deve ser verificado, juntamente com a medição da distância do centro aos bordos direito e esquerdo. Essa ação se faz necessaria para possibilitar a correta dimensão das semiplataformas, além de permirir a constatação da correta inclinação das rampas.

4.2 Execução dos Cortes

Trata-se das operações de retiradas de volume de terra, feita de acordo com o projeto pré-estabelecido.

4.3 Locação Topográfica dos Cortes

Para execução dos cortes, a primeira providência será a locação topográfica que irá delimitar, de maneira precisa, a área que vai ser trabalhada pelas máquinas.

Geralmente a distância utilizada entre as estacas é de 20,00 em 20,00 metros (ROCHA, 2003).

Durante o processo de locação torna-se imprescindível a marcação dos pontos extremos de todas estacas do eixo (marcação do OFF-SET) (RICARDO & CATALANI, 1978).

Estes pontos são de importância capital para a boa execução dos trabalhos, pois caso haja erros de locação, ocorrerá o alargamento ou a diminuição da boca do corte. Daí provém a formação de superfícies côncavas ou convexas no talude, em lugar da superfície plana e inclinada, com graves prejuízos, quer no aspecto estético quer no que diz respeito à modificação dos volumes e dimensões previstas no projeto (Figura 21).

Para a locação dos OFF-SET necessita-se, de uma nota de serviço bem formatada, através de cálculos precisos, para então se obter as seguintes informações:

- a) cota vermelha (indicação das alturas de corte e aterro);
- b) largura da plataforma;
- c) ângulo do talude adotado (corte ou aterro).

Com a nota de serviço de pavimento acabado, pode-se verificar os três itens de grande importância citados, além de outras informações fundamentais (ver anexos).

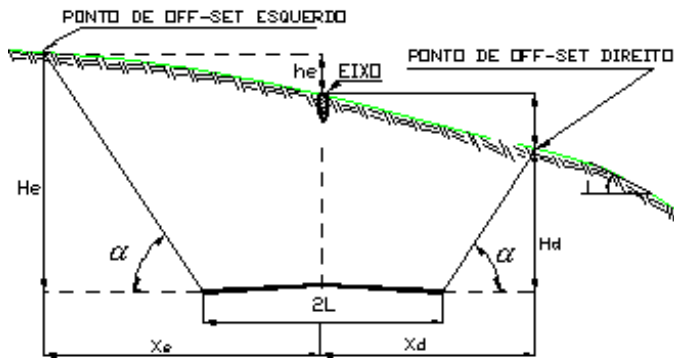


Figura 21: Seção transversal qualquer de um projeto hipotético para visualização de componentes da nota de serviço (DER/MG).

Através da figura serão retirados os componentes para a formatação de projeto, cada qual, com sua simbologia e respectiva explicação.

H = altura do corte no eixo — cota vermelha do projeto.

$2L$ = largura da plataforma.

H_e = diferença de cotas entre o OFF-SET esquerdo e o eixo.

H_d = diferença de cotas entre o OFF-SET direito e o eixo.

X_e = distância horizontal do OFF-SET esquerdo ao eixo.

X_d = distância horizontal do OFF-SET direito ao eixo.

α = ângulo de talude de corte (do projeto).

i = ângulo de inclinação do terreno natural, na secção.

$$\frac{H + L \operatorname{tg} \alpha}{X_e} + \frac{h_e}{X_e} = \operatorname{tg} \alpha$$

Mas,

$$\frac{he}{Xe} = tgi$$

$$\frac{H + Ltg\alpha}{Xe} + tgi = tg\alpha \quad Xe = \frac{H + Ltg\alpha}{tg\alpha - tgi}$$

Com essa fórmula pode-se calcular a distância horizontal do OFF-SET esquerdo ao eixo, partindo-se dos elementos conhecidos H , L , $Tg\alpha$ e Tgi

Analogamente, partindo da expressão (RICARDO & CATALINI, 1978):

$$\frac{H - hd}{tg\alpha} + L = Xd$$

Chega-se a Xd , ou seja, a distância horizontal do OFF-SET direito ao eixo.

$$\text{Então, } Xd = \frac{H - Ltg\alpha}{tg\alpha + tgi}$$

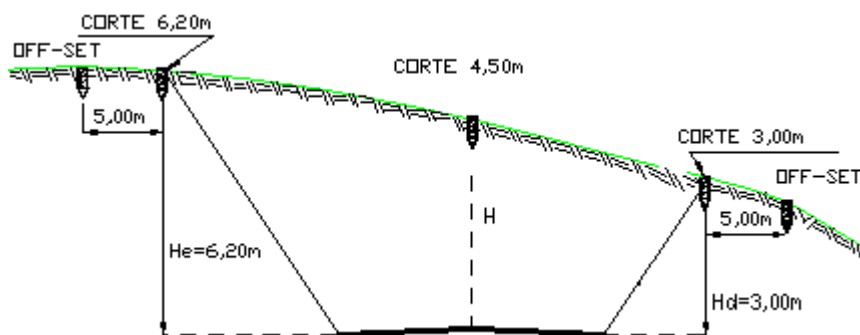


Figura 22: Seção transversal com as estacas do OFF-SET afastadas
Fonte: (DER/MG, 2003).

Deve-se ressaltar que as distâncias dos OFF-SET são variáveis, pois dependem da cota vermelha H . No caso em que $H = 0$ e $tgi = 0$ teremos $Xe = Xd = L$, e as distância de OFF-SET se confundirão com a metade da largura da plataforma (L).

Há, ainda, interesse em se calcular as alturas do corte, tanto no ponto de OFF-SET esquerdo (He), quanto no direito (Hd), medidos na vertical.

Trabalhando-se na figura 22, as seguintes relações podem ser obtidas:

$$tg \alpha = \frac{He}{Xe - L}, \text{então, } He = tg \alpha (Xe - L) (\text{lado esquerdo})$$

$$tg \alpha = \frac{Hd}{Xd - L}, \text{então, } Hd = tg \alpha (Xd - L) (\text{lado direito})$$

Essas alturas são extremamente importantes para o controle topográfico da execução dos cortes.

4.4 Controle topográfico da execução dos cortes

Na realidade, as estacas dos OFF-SET não são colocadas na posição exata, mas sim afastadas de 5 metros para cada lado (Figura 22), pois as máquinas começam a escavação exatamente nesses pontos e os piquetes e as estacas podem desaparecer na primeira passada dos equipamentos (RICADO & CATALINI, 1978).

Nos pontos de OFF-SET são colocados piquetes com a indicação da altura de corte; ou seja, de um lado é colocado um piquete com o valor da diferença de cotas entre OFF-SET esquerdo e o eixo (H_e) e do outro lado é colocado um outro piquete com o valor da diferença de cotas entre o OFF-SET direito e o eixo (H_d).

É através dessas marcações que se fará o controle da altura de escavação, pois a estaca do eixo (com a indicação da cota vermelha) desaparece logo no início dos trabalhos, não podendo ser restaurada, a não ser quando se atinja a profundidade de corte desejada.

Dessa forma, a escavação deve prosseguir até as imediações das alturas H_e e H_d , quando os trabalhos serão paralisados. É feita então, nova locação do eixo, na plataforma inacabada do fundo do corte, a partir dos referidos pontos de OFF-SET.

Em seguida, procede-se a um novo nivelamento do terreno no eixo (que foi rebaixado), calculando-se as pequenas alturas de corte (ou eventualmente de aterro), elaborando-se então nova nota de serviço para o acabamento da plataforma.

A partir de então é necessário um corte de pequena altura e de precisão na medida. Esse serviço será essencialmente de raspagem, sendo com a lâmina da motoniveladora.

Feito esse trabalho de acabamento, tem-se assim a plataforma da estrada perfeitamente conformada ao greide do projeto. As Especificações Gerais de Terraplenagem do DNER fixam a variação máxima das alturas de corte e no eixo e nos OFF-SET (em +0,10m) (RICARDO & CATALINI, 1978).

É de suma importância que se acompanhe a execução do corte, a fim de que seja obedecido o ângulo de talude estabelecido no projeto, de maneira que sejam respeitadas as dimensões fixadas na secção transversal, especialmente na que diz respeito à largura da plataforma.

Quando não existe tal controle no corte, a probabilidade de erro na inclinação da rampa (talude) é gigantesca; ficando a plataforma com as suas dimensões alteradas, acima ou abaixo do valor do projetado (Figura 23).

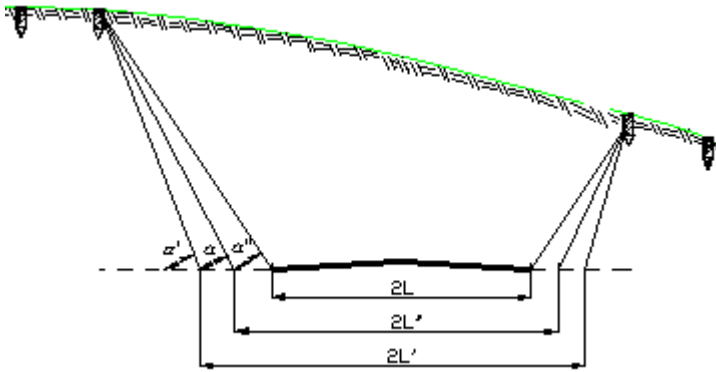


Figura 23: Seção transversal com taludes em evidência
Fonte: (DER/MG, 2003).

Sendo α o ângulo de talude do corte, podem ocorrer duas hipóteses:

1º Caso: o ângulo de talude executado $\alpha' > \alpha$;

2º Caso: o ângulo de talude executado $\alpha' < \alpha$

Assim, no primeiro caso, a largura será $2L' > 2L$ e no segundo $2L'' < 2L$.

As Especificações Gerais de terraplenagem permitem a variação máxima de largura de + 0,20m para cada semiplataforma (L), não se admitindo variação para menos.

4.5 Processos Práticos de Controle do Ângulo de Talude

O greidista (encarregado de campo na feitura de terraplenagem) utiliza-se de um processo extremamente prático para o controle de ângulos de talude.

A equipe de marcenaria da obra constrói, com sarrafos de madeira, um gabarito triangular (Figura 24), cujos catetos deverão estar em plena concordância com a relação ao ângulo do talude em que se trabalha no momento.

Geralmente observa-se, que o caso mais comum é a aplicação da relação 3: 2, ficando então os catetos do triângulo de madeira com as dimensões de 1,5m e 1,00m para então, ficar fácil o manuseio do gabarito em campo (RICARDO & CATALINI, 1978).

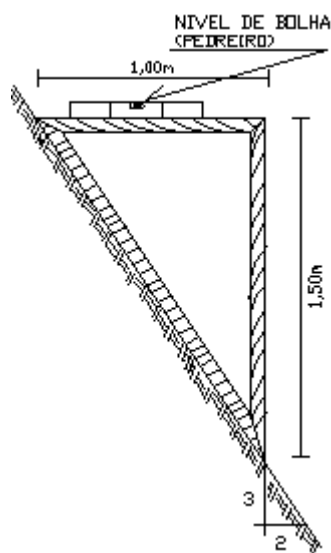


Figura 24: Gabarito de Madeira

Fonte: (DER/MG, 2003).

O triângulo de madeira é aplicado com a hipotenusa sobre a superfície do talude, colocando-se o nível de bolha sobre o cateto superior. Quando a bolha estiver centrada, a hipotenusa deve se assentar perfeitamente sobre o talude.

Essas verificações devem ser feitas a cada 3,00m de escavação para ocorrer um correto monitoramento do talude.

O controle do ângulo de talude deve ser efetuado com bastante cuidado, pois a correção dos defeitos decorrentes de erros na inclinação da rampa é um processo difícil e bastante oneroso.

Ficando-se um volume de terra excedente na rampa, um corte especializado deve ser empregado (utilização de escavadeira com "*drag-line*"), e logicamente o número de viagens dos caminhões da obra aumentados (carregar o excesso de material).

Segundo as Especificações gerais do DNER, "o corte é um seguimento da rodovia, cuja implantação requer escavação do material constituinte do terreno natural, ao longo do eixo e no interior dos limites das seções do projeto, que definem o corpo estradal". (RICARDO & CATALINI, 1978).

Os cortes podem ser:

- a) em seção plena (ou em caixão) quando a implantação corresponde ao encaixe completo da seção transversal no terreno natural;
- b) cortes em meia encosta, quando a implantação corresponde ao encaixe, apenas parcial, da seção transversal no terreno natural, caso em que a plataforma apresente parte em aterro;
- c) em raspagem quando a sua não supera 0,40 m em seção plena ou 0,80 m em seção mista.

Normalmente, os materiais escavados no corte são transportados para o aterro e os materiais julgados tecnicamente inadequados para a constituição do aterro serão levados a um "bota-fora".

Mas, se for constatado que o solo é de boa qualidade, esse material será armazenado para um posterior, nas camadas de reforço ou de sub-base dos pavimentos.

Quando não houver proporção entre os volumes de corte e aterro, existindo então maior quantidade no material de corte, este também deverá ser colocado em "bota-fora".

Preferencialmente, os "bota-foras" devem ser feitos ao lado dos aterros, alargando-se a plataforma (para maior segurança do tráfego) ou alterando-se os caimentos das saídas dos aterros, diminuindo-lhes a declividade.

Para o melhor entrosamento das massas de terra, é preferível que essa operação seja feita concomitantemente com a do aterro.

Já foi ressaltada a importância de inclinação dos taludes que deverão obedecer rigorosamente ao projeto.

O acabamento dos taludes deverá apresentar a superfície obtida pela utilização normal do equipamento de escavação.

Quando o volume de terra existente nos cortes é insuficiente para o preenchimento total dos aterros, haverá necessidade de se recorrer aos empréstimos, desde que sejam constituídos de materiais de qualidade aceitável.

4.6 Execução dos aterros

Trata-se das operações de postura de volume de terra (e futura compactação), feitas de acordo com o projeto pré-estabelecido.

4.7 Locação topográfica dos aterros

A primeira providencia a ser tomada, nesta operação, é a marcação dos pontos de OFF-SET nos pés do talude, de acordo com o projeto previamente já elaborado.

Pode-se verificar que a figura, de um corte pode ser obtida invertendo-se a figura de um aterro (Figura 25), assim, a distância do OFF-SET direito ao eixo no aterro, será igual, a distância do OFF-SET esquerdo ao eixo em um corte.

As expressões matemáticas, analógicas às usadas em cortes, podem ser usadas nos aterros (RICARDO & CATALINI, 1978).

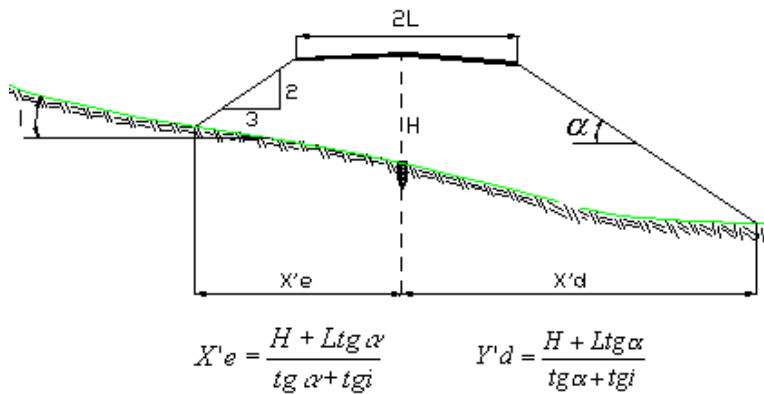


Figura 25: Vista de uma seção de aterro

Fonte: (RICARDO & CATALINI, 1978).

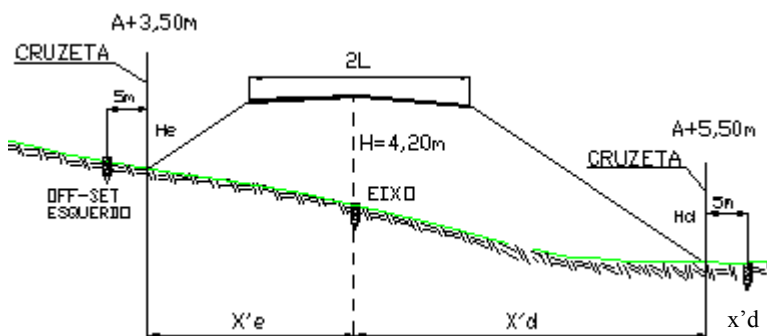


Figura 26: Seção de aterro com as estacas do OFF-SET afastadas

Fonte: (RICARDO & CATALINI, 1978).

Para uma maior segurança operacional, as estacas do OFF-SET são relocadas com 5,00 metros de distância, do local exato onde estavam (Figura 26), evitando assim que as máquinas inutilizem essas marcações.

Como as estacas do eixo locado serão encobertas pela terra, cruzetas de marcação serão colocadas nos pés dos aterros, com as devidas marcações de altura de plataforma (lado esquerdo e lado direito).

4.8 Controle Topográfico de Execução dos Aterros

Ao se trabalhar com aterros de grandes alturas, utilizam-se cruzetas em posicionamento escalonado, sendo as mesmas, colocadas em alturas convenientes na medida em que se constrói o próprio suporte.

4.9 Processos práticos de controle do ângulo em aterros

O controle da rampa poderá ser feito com o uso de madeira, possuindo suas dimensões, adequação ao projeto do talude já definido.

Nos cortes utiliza-se normalmente a relação comum de 2/3. Ou seja, dois metros na horizontal e três metros na vertical; já nos aterros usa-se a relação de 3/2, ou seja três metros na horizontal e dois metros na vertical.

É bom ressaltar que é a hipotenusa do gabarito de madeira, quem entra em contato, com as rampas do projeto, quando o greidista faz o monitoramento (RICARDO & CATALINI, 1978).

O controle de rampa de aterro pode ser feita também utilizando-se o teodolito e uma mira (Figura 26). O teodolito é bem no ponto do OFF-SET real do aterro, colimando-se a mira colocada na aresta do aterro; se a leitura da mira for igual a altura do aparelho (no momento), a inclinação da rampa, então , estará correta.

Utiliza-se as relações métricas no triângulo (figura 27), para se obter o valor do ângulo vertical que será colocado no teodolito, para a visada na mira.

$$\text{Assim, } \operatorname{tg} \alpha = \frac{\text{cateto oposto}}{\text{cateto adjacente}} \rightarrow \operatorname{tg} \alpha = \frac{3}{2} \therefore \alpha = \operatorname{arctg} \frac{2}{3} \therefore \alpha = 33^{\circ}41'24''$$

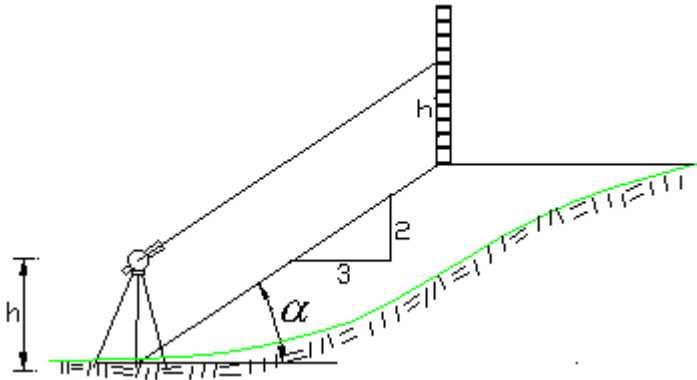


Figura 27: Execução e monitoramento de rampa usando-se teodolito

Fonte:(RICARDO & CATALINI, 1978).

Graficamente, a explicação para o monitoramento com teodolito seria a seguinte: uma linha paralela à linha que representa a inclinação de talude, seria "puxada" com uma trajetória que se inicia na rampa e termina ao se completar a altura h do aparelho.

Esta linha paralela terá sua gênese na luneta do aparelho e o seu final na mira que está na crista do aterro. O final da linha paralela coincide com o ponto visado através do aparelho, indicando então, se foi obtido o valor h altura do aparelho (RICARDO & CATALINI, 1978).

4.10 Estabilidade dos aterros

O projeto da base dos aterros é tarefa fundamental para se encontrar sucesso na execução da obra, assim deve-se dar grande atenção para os casos de aterros sobre terrenos compressivos e casos de seções transversais com uma grande inclinação.

Atendido o projeto e, desde que técnica e economicamente aconselhável, a juízo da Fiscalização, as massas em excesso, que resultariam em bota-foras, poderão ser integradas aos aterros, constituindo alargamentos da plataforma, adoçamento dos taludes ou bermas de equilíbrio.

Referida operação deve ser efetuada desde a etapa inicial da construção do aterro - observada a respectiva Nota de Serviço.

5 CONCLUSÃO

Com o correto controle geométrico de terraplenagem, permitimos que, as plataformas das obras em questão, apresentem as mesmas especificações contidas no projeto; não havendo então excesso ou falta de cortes e também quantificações de aterro.

O tamanho correto de uma plataforma esta ligado diretamente à correta inclinação do talude. Por isso por sua vez, o talude projetado (de corte ou de aterro) depende, que sua execução, seja feita paralelamente, a um constante monitoramento da parte de Engenheiro responsável pela obra; pois os custos dependem de volume da obra que será executada e de boa integração entre as equipes de trabalho.

Os custos, antes do inicio de uma obra, são valores estimados, baseados em serviços apropriados tanto no que diz respeito ao elemento humano quanto no maquinário que será utilizado, para obtenção assim, de um custo real. Erros grosseiros na execução de uma operação de controle geométrico extrapolam os preços planejados, inflacionando monetariamente a obra.

Serviço de controle geométrico tem por função primordial, zelar com responsabilidade e técnica, para a correta formatação do projeto que tem os seus gastos baseados nos seguintes patamares: escavação (custo do volume escavado),

transporte (custo do volume transportado) e operações de aterro (custo do volume compactado): desta forma a correta engenharia deve ser uma constante efetiva na obra.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMPOS, R. **Projeto de estradas**. São Paulo: Grêmio Politécnico da USP, 1979. 164p.

ENTREVISTA Aliomar, **topógrafo da “Empresa Santa Bárbara Engenharia”**. Cidade de Almenara Minas Gerais, março 2011.

FERREIRA, P. A **Manual de topografia rodoviária**. Belo Horizonte: DER-MG, 1989. 112p.

RICARDO, H. S. & CATALINI, G. **Manual prático de Escavação (Terraplenagem e Escavação de Rocha)**. São Paulo: Mc Graw - Hill do Brasil LTDA, 1978. 488p.

ROCHA, M. M. M. **Estradas I e Estradas II. Curso de Engenharia de Agrimensura da FEAMIG**, Belo Horizonte 2003. 52f. Notas de aula.