

Capítulo 6

ELEMENTOS GEOMÉTRICOS DAS ESTRADAS DE RODAGEM

6.1. INTRODUÇÃO

A geometria de uma estrada é definida pelo traçado do seu eixo em planta e pelos perfis longitudinal e transversal. A Fig. 6.1 apresentada a seguir, resume os principais elementos geométricos de uma estrada.

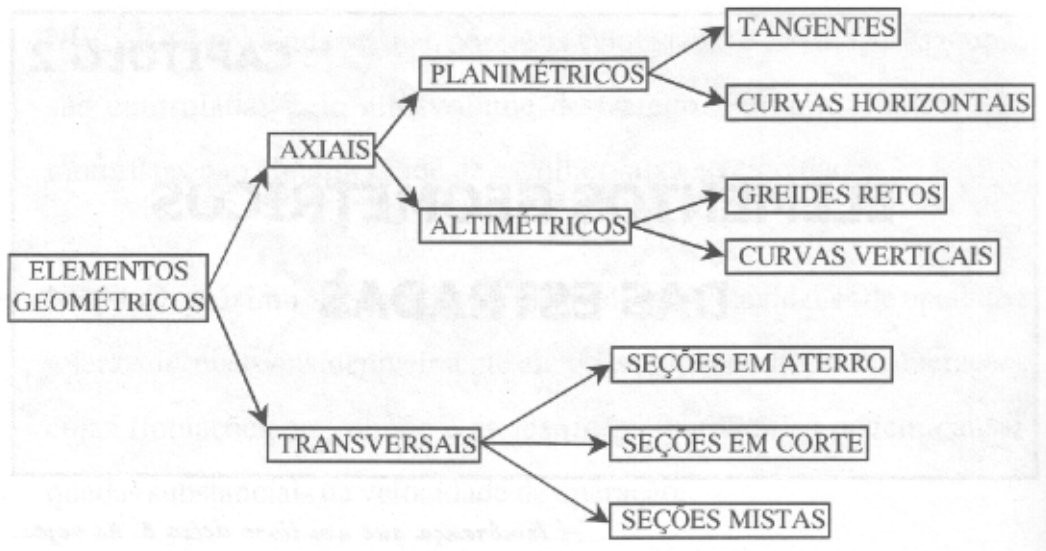


Fig. 6.1: Elementos geométricos de uma estrada
(Fonte: PONTES FILHO, 1998)

6.2. ELEMENTOS PLANIMÉTRICOS DE UMA ESTRADA:

Eixo de uma estrada é o alinhamento longitudinal da mesma. O estudo de um traçado rodoviário é feito com base neste alinhamento. Nas estradas de rodagem, o eixo localiza-se na região central da pista de rolamento.

A apresentação de um projeto em planta consiste na disposição de uma série de alinhamentos retos, concordados pelas curvas de concordância horizontal, conforme indica a Figura 6.2.

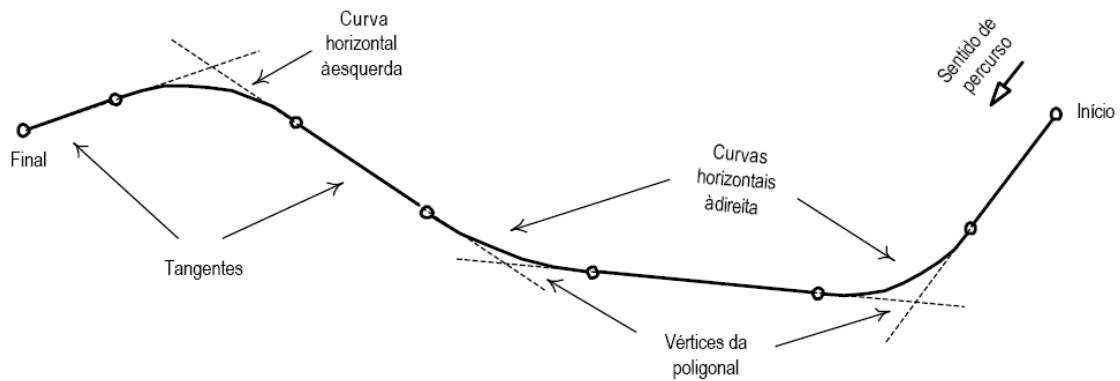


Fig. 6.2: Elementos do eixo de uma rodovia

• *Alinhamentos Retos* \Rightarrow São os trechos retos situados entre duas curvas de concordância; por serem tangentes a essas mesmas curvas, são denominados simplesmente *tangentes*. Os alinhamentos retos restantes são chamados de *tangentes externas*.

Um *alinhamento* caracteriza-se:

- Pela sua extensão (comprimento);
- Pela sua posição RELATIVA ou ABSOLUTA.
 - Posição Absoluta \Rightarrow quando se refere ao azimute, sendo a referência a linha Norte-Sul.
 - Posição Relativa \Rightarrow quando se refere à deflexão, ou seja, o ângulo que um alinhamento precedente faz com o precedente.

Consideremos a Figura 6.3, apresentada a seguir, mostrando o eixo de um trecho de estrada de rodagem:

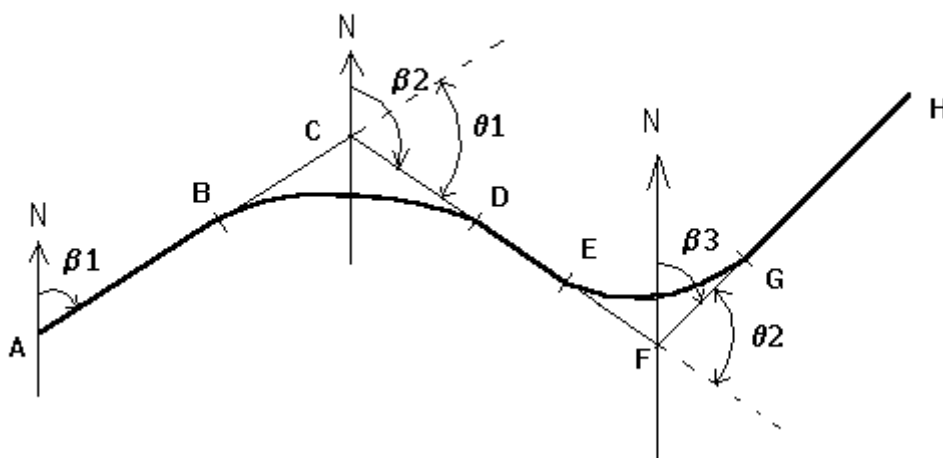


Fig. 6.3: Eixo de um trecho de estrada de rodagem
(Fonte: COMASTRI e CARVALHO, 1981)

$\beta_1, \beta_2, \beta_3 \Rightarrow$ São os azimutes dos alinhamentos.

AZIMUTE \Rightarrow É o ângulo que a direção faz com o norte magnético, medido no sentido horário.

$\theta_1, \theta_2 \Rightarrow$ São os ângulos de deflexão.

$\overline{AB}, \overline{DE}, \overline{GH} \Rightarrow$ São as Tangentes.

$\overline{BC}, \overline{CD}, \overline{EF}, \overline{FG} \Rightarrow$ São as Tangentes Externas.

BD, EG \Rightarrow Desenvolvimento das curvas de concordância.

6.3. CURVAS DE CONCORDÂNCIA HORIZONTAL

As curvas de concordância horizontal são os elementos utilizados para concordar os alinhamentos retos. Essas curvas podem ser classificadas em:

6.5.1. Curvas Simples: quando só são empregadas curvas circulares, como indica a Figura 6.4.

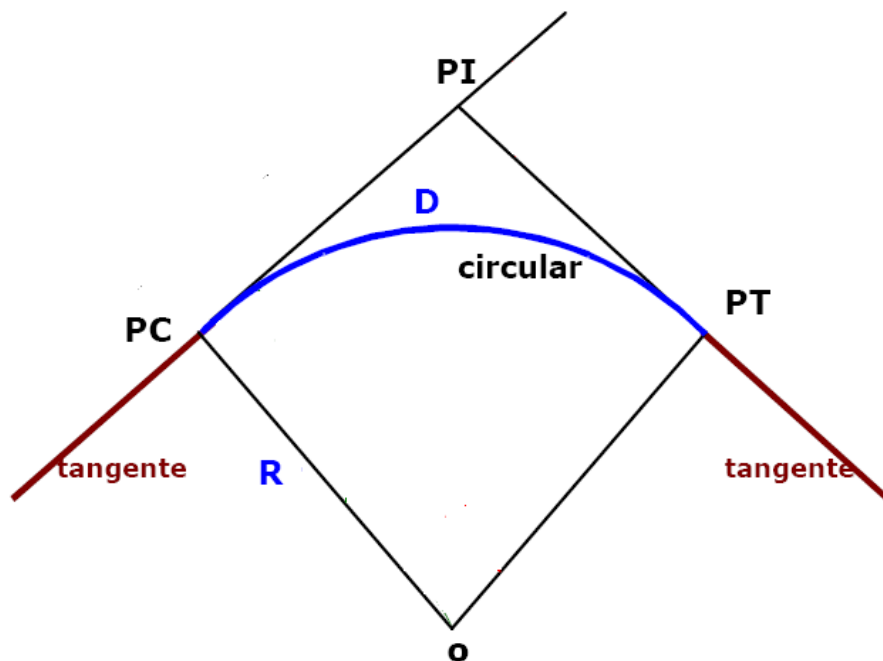


Fig. 6.4: Curva Circular Simples

6.5.2. *Curvas Compostas:*

a) Sem Transição: quando se utilizam dois ou mais arcos de curvas circulares de raios diferentes, para concordar os alinhamentos retos.

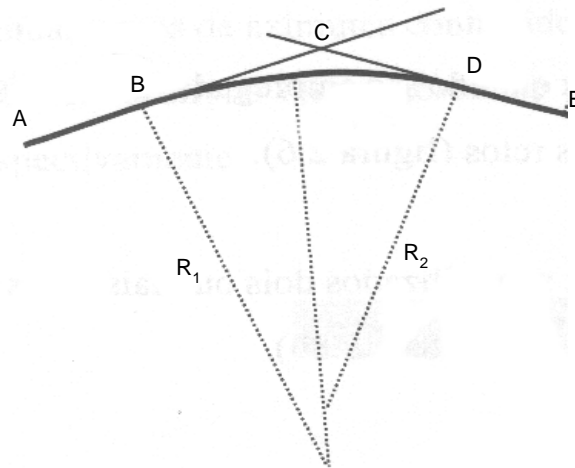


Fig. 6.5: Curva Horizontal Composta sem Transição

b) Com Transição: quando se empregam as radióides na concordância dos alinhamentos retos.

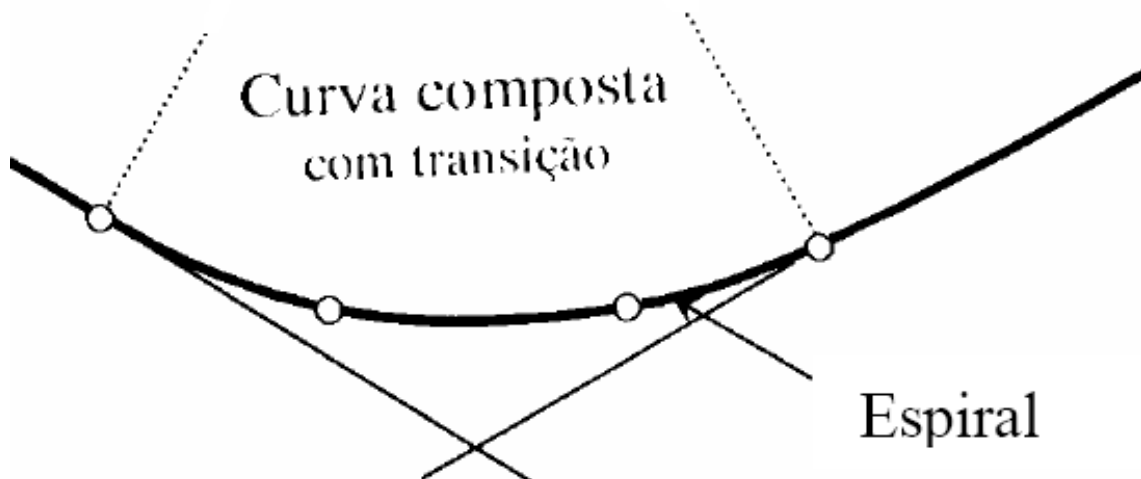


Fig. 6.6: Curva Horizontal Composta com Transição

Quando duas curvas se cruzam em sentidos opostos com o ponto de tangência em comum, recebem o nome de Curvas Reversas, conforme mostra a Figura 6.7.

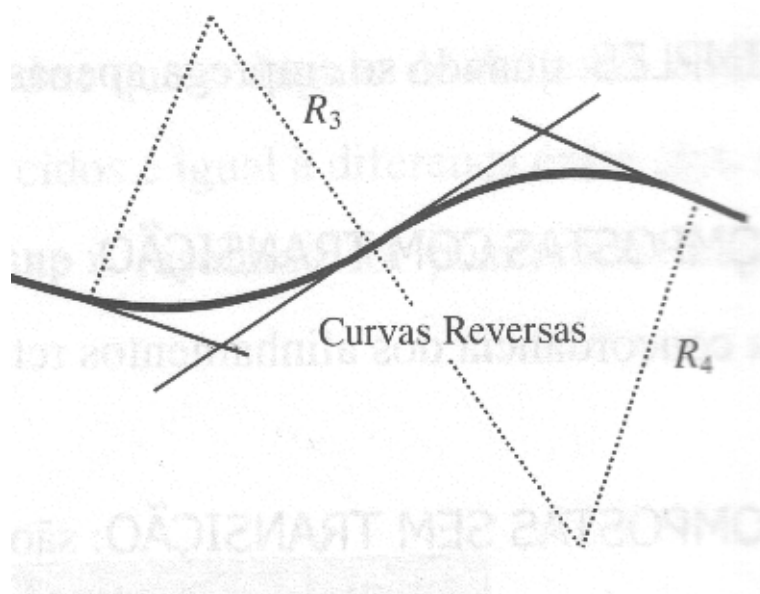


Fig. 6.7: Curvas Horizontais Reversas

6.4. ELEMENTOS ALTIMÉTRICOS DE UMA ESTRADA

6.5.1. Perfil Longitudinal do Terreno

É a representação no plano vertical das diferenças de nível, cotas ou altitudes, obtidas do resultado de um nivelamento feito ao longo do eixo de uma estrada.

6.5.2. Greide de uma estrada

São linhas de declividade uniforme que tem como finalidade substituir as irregularidades naturais do terreno, possibilitando o seu uso para fins de projeto. A sua representação, no plano vertical, corresponde a um perfil constituído por um conjunto de retas, concordado por curvas, que, no caso de um projeto rodoviário, irá corresponder ao nível atribuído à estrada.

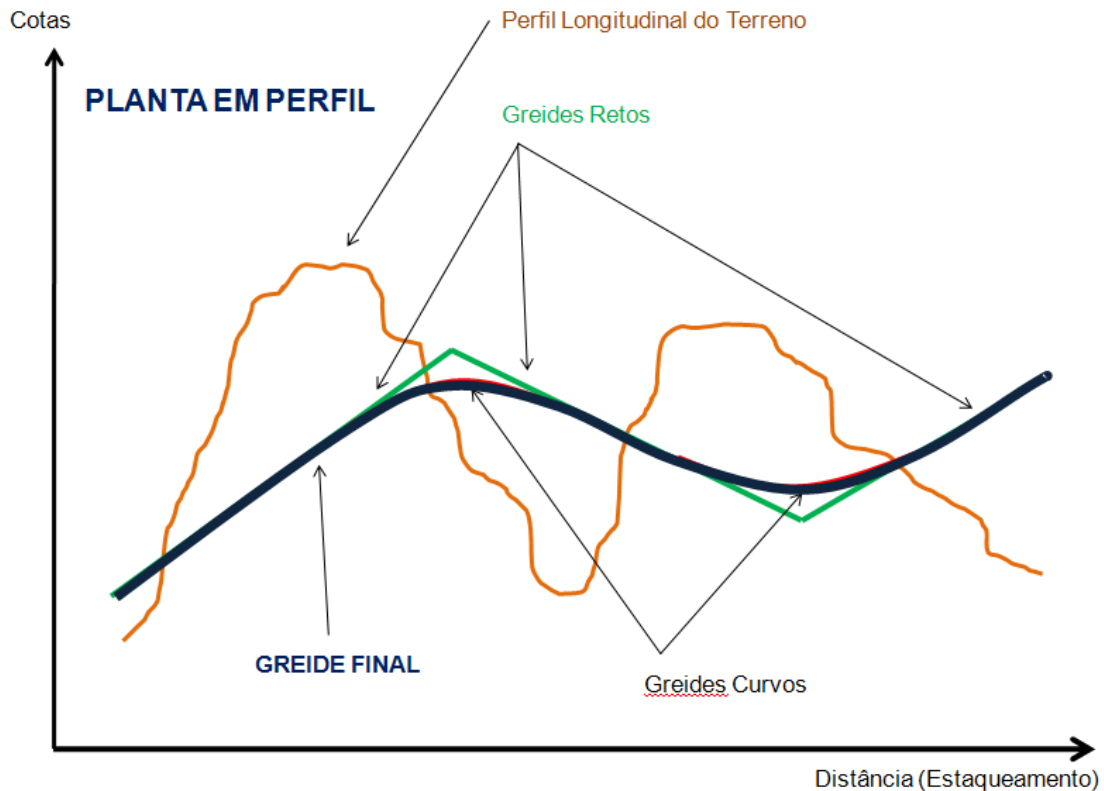


Fig. 6.8: Perfil Longitudinal e Greide de uma estrada

a) Greides Retos

Quando possuem uma inclinação constante em um determinado trecho.

Podem ser:

- $> 0 \Rightarrow$ quando a tangente do ângulo de inclinação com a horizontal for positiva;
- $= 0 \Rightarrow$ quando a tangente do ângulo de inclinação com a horizontal for igual a zero.
- $< 0 \Rightarrow$ quando a tangente do ângulo de inclinação com a horizontal for negativa.

b) Greides Curvos

Quando se utiliza uma curva de concordância para concordar os greides retos. A curva normalmente utilizada para este tipo de concordância é a Parábola do 2º grau.

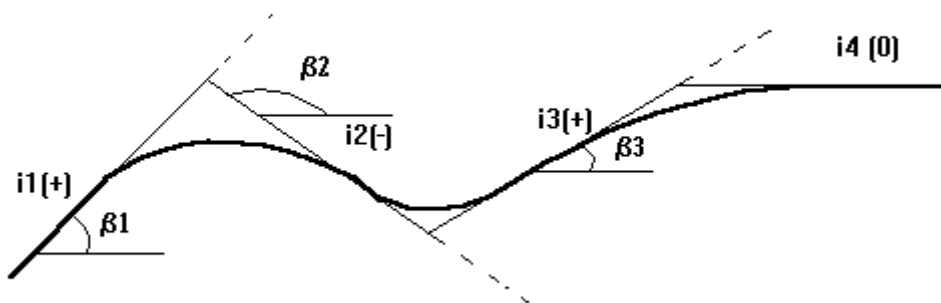


Fig. 6.9: Greides Retos e Greides Curvos

6.5.3. Seção Transversal do Terreno (ou Perfil Transversal do Terreno)

É a representação, no plano vertical, das diferenças de nível, obtidas do resultado de um nivelamento, normal em cada estaca, pertencente ao alinhamento da estrada, conforme indica a Figura 6.10.

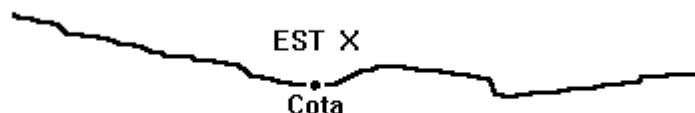


Fig. 6.10: Perfil Transversal do Terreno

6.5.4. Seção Transversal da Estrada (ou Perfil Transversal da Estrada)

Seção transversal é a representação geométrica, no plano vertical, de alguns elementos dispostos transversalmente, em determinado ponto do eixo longitudinal da estrada.

Poderemos ter *seção em corte*, *seção em aterro* ou *seção mista*.

Seção em Corte : corresponde à situação em que a rodovia resulta abaixo da superfície do terreno natural, conforme indica a Fig. 6.11.

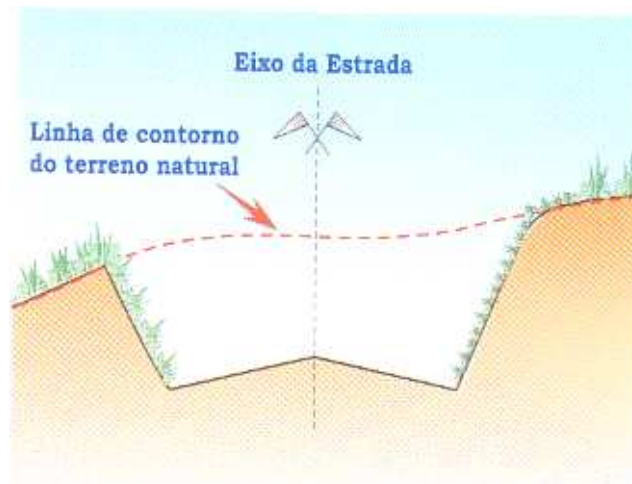


Fig. 6.11: Seção em corte

Seção em Aterro: corresponde à situação contrária, isto é, com a rodovia resultando acima do terreno natural, conforme indica a Fig. 6.12.

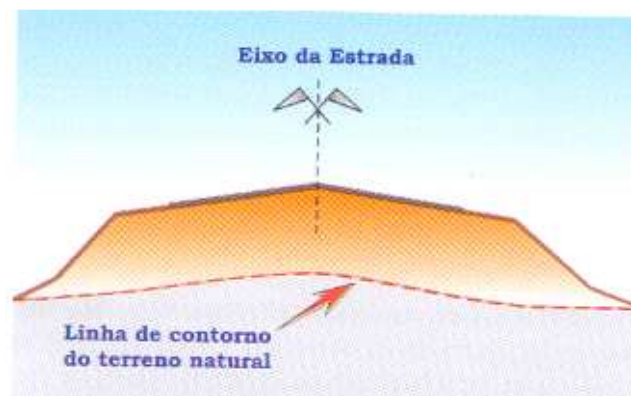


Fig. 6.12: Seção em aterro

Seção Mista: ocorre quando, na mesma seção, a rodovia resulta de um lado, abaixo do terreno natural, e do outro, acima do terreno natural, conforme representado na Fig. 6.13.

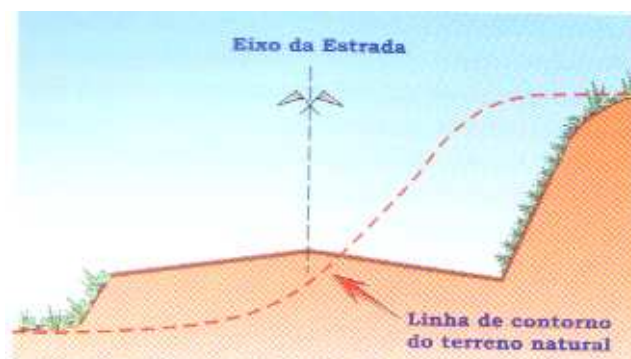


Fig. 6.13: Seção mista

6.5. SEÇÕES TRANSVERSAIS DE RODOVIAS

As Figuras 6.14 e 6.15 apresentam seções mistas típicas para rodovias de pista simples e pista dupla, respectivamente.

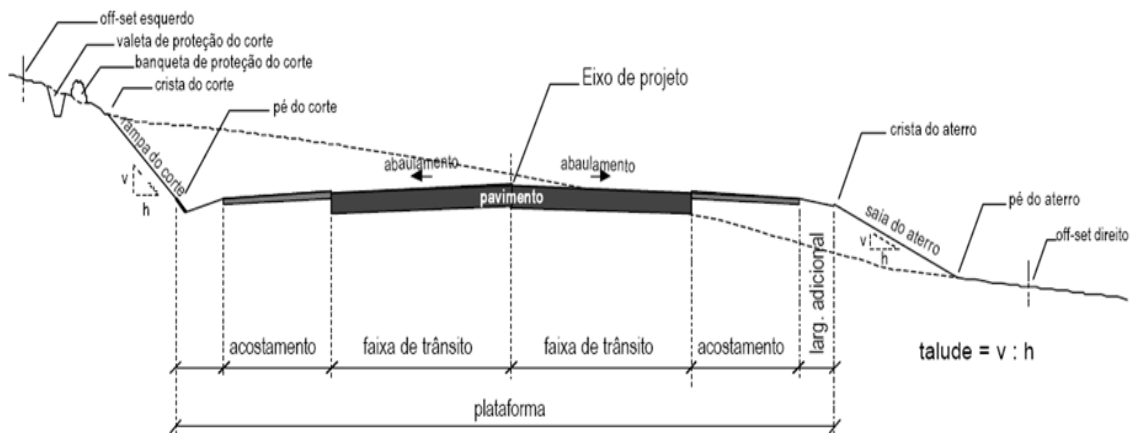


Fig. 6.14: Seção mista típica para rodovia de pista simples

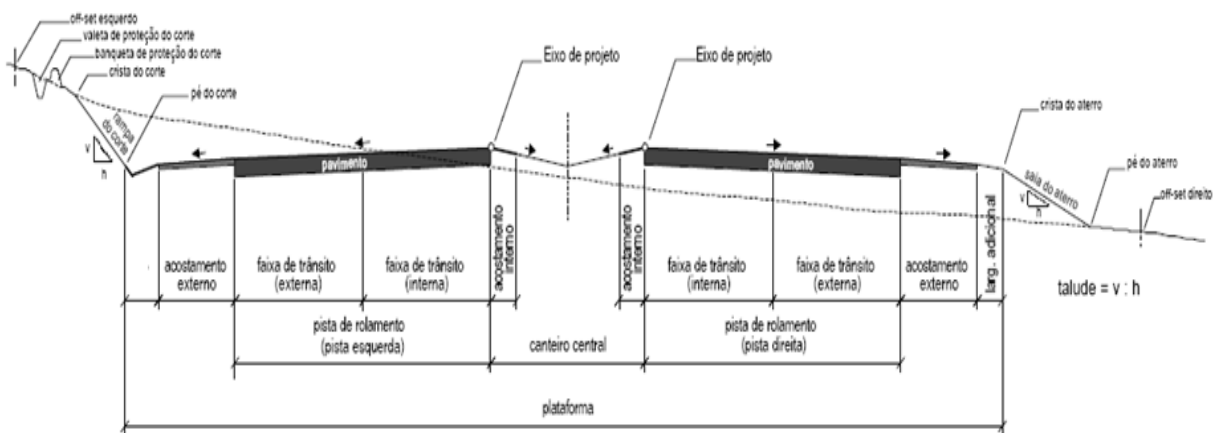


Fig. 6.15: Seção mista típica para rodovia de pista dupla

6.5.1. Plataforma:

É a porção da rodovia compreendida entre os bordos dos acostamentos externos, mais as larguras das sarjetas e/ou as larguras adicionais, conforme se trate de seções de corte, de aterro ou mistas, conforme indica a Figura 6.16.

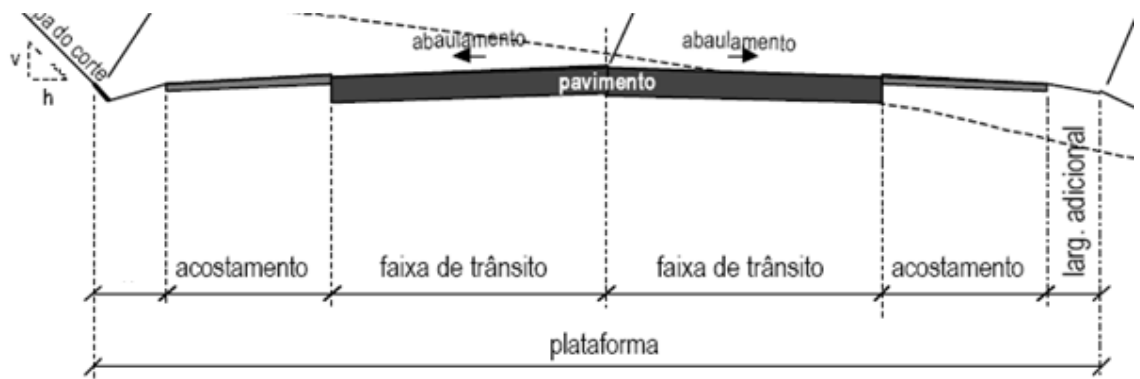


Fig. 6.16: Plataforma da estrada

6.5.2. Saia do Aterro

É a superfície lateral (geralmente inclinada) que resulta da conformação de uma seção de aterro; a interseção dessa superfície com o terreno natural é denominada *pé do aterro*, sendo sua interseção com a plataforma é denominada *crista do aterro*.

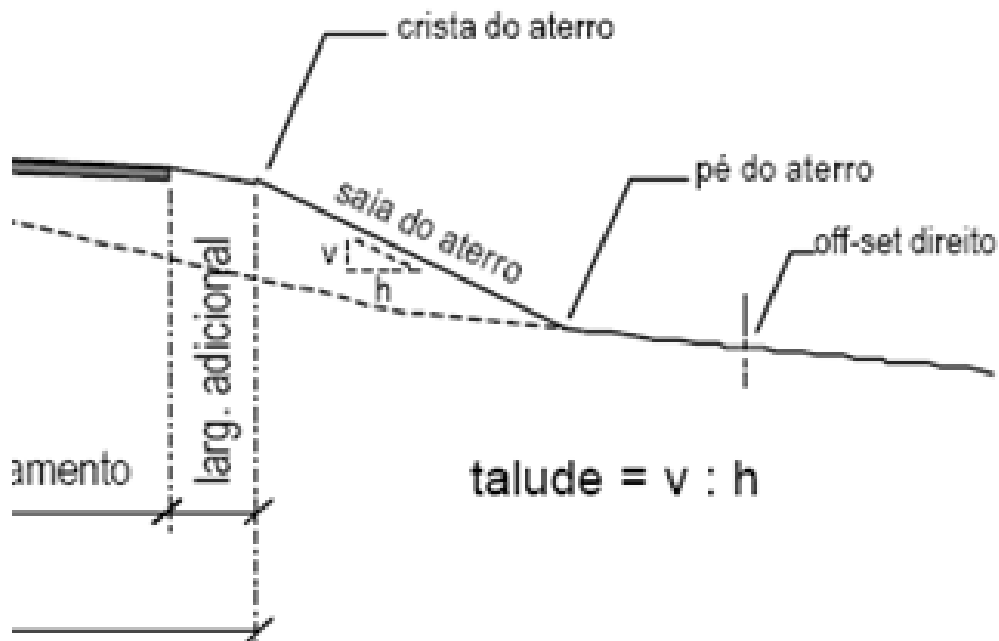
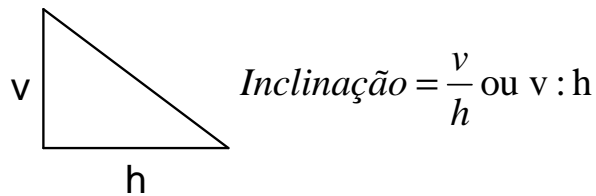


Fig. 6.17: Saia do aterro

6.5.3. Talude

É a forma de caracterizar a inclinação da saia do aterro ou da rampa do corte, sendo expresso pela relação $v : h$ (ou v/h) entre os catetos vertical (v) e horizontal

(h) de um triângulo retângulo cuja hipotenusa coincide com a superfície inclinada (matematicamente, o talude expressa a tangente do ângulo que a superfície inclinada forma com o horizonte);



a) Talude de Corte

A inclinação desses taludes deve ser tal que garanta a estabilidade dos maciços, evitando o desprendimento de barreiras. A inclinação deste tipo de talude é variável com a natureza do terreno, sendo que as Normas para projeto de estradas recomendam o seguinte:

- Terrenos com possibilidade de escorregamento ou desmoronamento: $V/H = 1/1$;
- Terrenos sem possibilidade de escorregamento ou desmoronamento: $V/H = 3/2$;
- Terrenos de rocha viva: Vertical.

b) Talude de Aterro

A inclinação deste tipo de talude depende da altura do aterro, sendo que as Normas recomendam o seguinte:

- Aterros com menos de 3,00 m de altura máxima: $V/H = 1/4$;
- Aterros com mais de 3,00 m de altura máxima: $V/H = 1/2$.

6.5.4. Valeta de proteção de corte:

Dispositivo de drenagem superficial, disposto a montante das seções de corte, que tem por objetivo interceptar as águas superficiais que correm em direção à rampa do corte, conduzindo-as longitudinalmente para fora das seções de corte; geralmente são pequenas valas simplesmente cavadas no terreno natural, sendo o material resultante da escavação depositado a jusante da valeta, constituindo um pequeno dique, denominado banquetta de proteção do corte, cuja função é a de servir como barreira para prevenção quanto a eventuais extravasamentos da valeta.

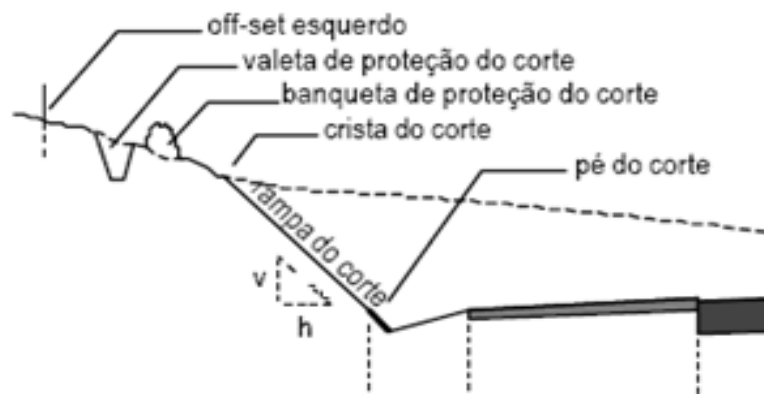


Fig. 6.18: Valeta de proteção de corte

6.5.5. Sarjetas

Sarjeta é o dispositivo de drenagem superficial, nas seções de corte. Tem como objetivo coletar as águas de superfície, conduzindo-as longitudinalmente para fora do corte.

a) Rampas das Sarjetas:

- Na parte contígua ao acostamento: 25 %;
- Na parte contígua ao corte: a mesma inclinação deste talude.

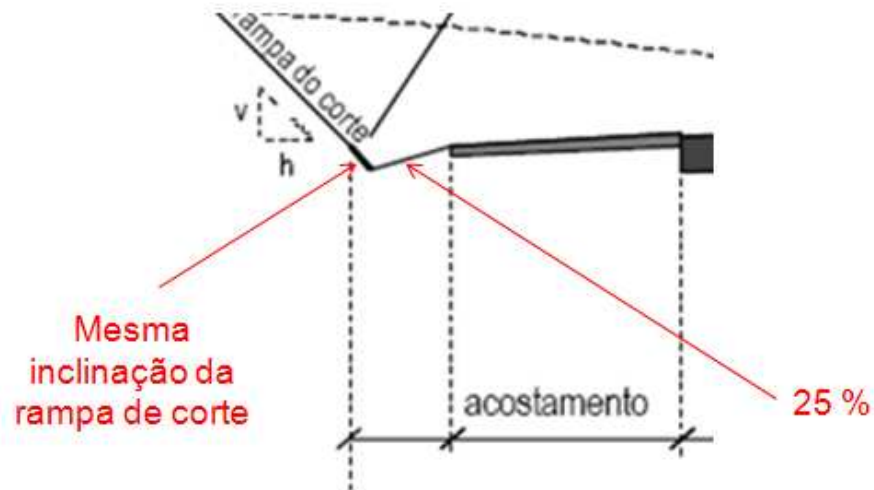


Fig. 6.19: Rampas das sarjetas

b) Distância Horizontal entre o início da sarjeta, a partir do acostamento, e o seu ponto mais baixo, deverá variar:

- Entre 2,00 m e 1,50 m (Classe Especial e Classe I);
- Maior ou igual a 1,00 m (Classe II e III).

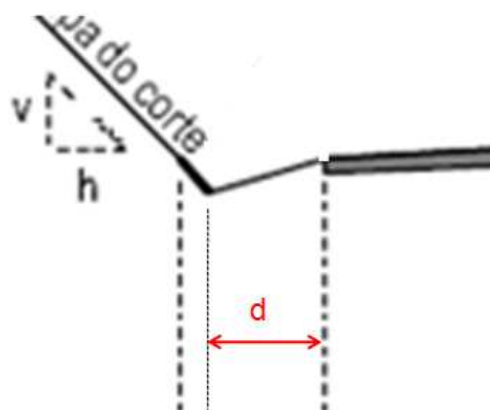


Fig. 6.20: Distância horizontal entre o início da sarjeta e o seu ponto mais baixo

Nota-se pela Classificação Técnica apresentada que esta era uma recomendação presente na Norma “antiga”.

6.5.6. Off-sets

São dispositivos (geralmente varas ou estacas) que servem para referenciar a posição das marcas físicas correspondentes às cristas dos cortes ou dos pés dos aterros, colocados em pontos afastados por uma distância fixa convencional (daí a denominação, do original em inglês, que designa afastamento). Seu objetivo é facilitar a reposição das marcas, se arrancadas durante a construção dos cortes ou dos aterros.

6.5.7. Faixas de Tráfego, Faixa de Trânsito ou Faixa de Rolamento

É o espaço dimensionado e destinado à passagem de um veículo por vez.

A largura das faixas de rolamento é obtida adicionando-se à largura do veículo de projeto a largura de uma faixa de segurança, função da velocidade de projeto e do nível de conforto de viagem que se deseja proporcionar. Os valores básicos recomendados para a largura de uma faixa de rolamento pavimentada em tangente são tabelados.

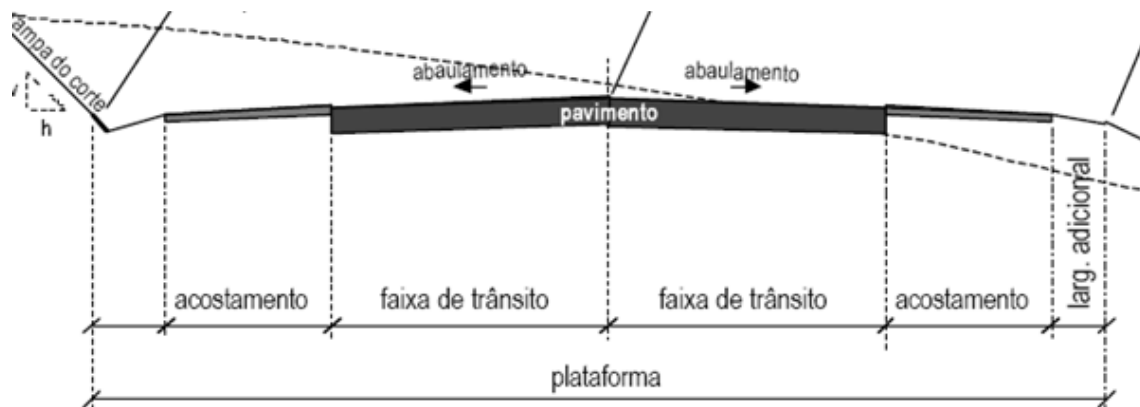


Fig. 6.20: Faixas de trânsito

Tabela 6.1: Largura das faixas de rolamento, em tangente, em função do relevo e da classe de projeto (m)

CLASSES DE PROJETO	RELEVO		
	PLANO	ONDULADO	MONTANHOSO
0	3,60	3,60	3,60
I	3,60	3,60	3,50
II	3,60	3,50	3,30
III	3,50	3,30	3,30
IV-A	3,00	3,00	3,00
IV-B	2,50	2,50	2,50

6.5.8. Pista de Rolamento

É o espaço correspondente ao conjunto das faixas de tráfego contíguas.

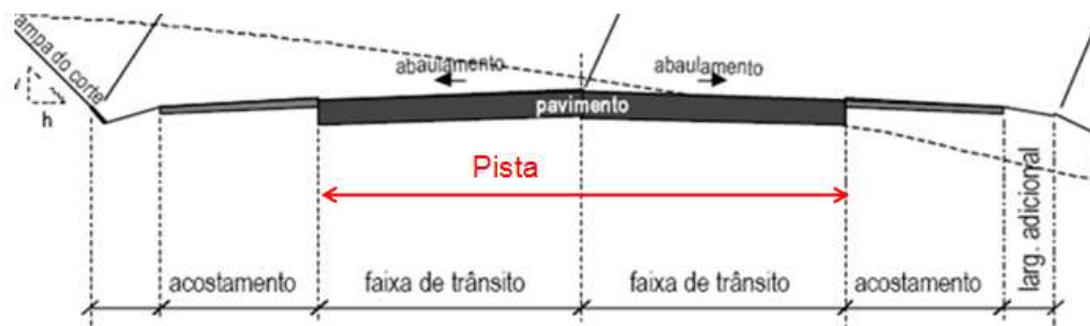


Fig. 6.21: Pista de Rolamento

6.5.9. Acostamento

É o espaço adjacente às faixas de tráfego que é destinado à parada emergencial de veículos, não sendo em geral dimensionado para suportar o trânsito de veículos (que pode ocorrer em caráter esporádico).

Tabela 6.2: Largura dos acostamentos externos (m)

CLASSES DE PROJETO	RELEVO		
	PLANO	ONDULADO	MONTANHOSO
0	3,00	3,00	3,00
I	3,00	2,50	2,50
II	2,50	2,50	2,00
III	2,50	2,00	1,50
IV-A	1,30	1,30	0,80
IV-B	1,00	1,00	0,50

6.5.10. Afastamento Lateral do Bordo

Os acostamentos externos poderão incluir uma largura adicional (não utilizável pelos veículos) destinada à instalação de dispositivos de sinalização (placas) ou de segurança (“guard-rails”). Muito comum nas seções em aterro.

6.5.11. Largura do Canteiro Central

Largura do espaço (ou do dispositivo de separação física) das pistas, no caso de pista dupla, medido entre os bordos das faixas internas, incluindo, por definição, as larguras dos acostamentos internos.

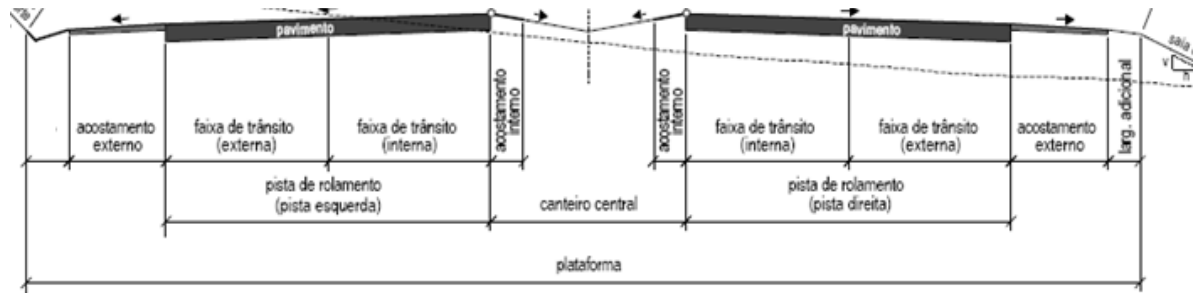


Fig. 6.22: Canteiro Central

6.6. Considerações Finais

Levando em conta a definição dos diversos elementos de uma rodovia, conclui-se que uma rodovia pode apresentar diferentes larguras de plataforma ao longo de sua extensão, dependendo das conformações das seções de aterro, de corte ou mistas, devido à inclusão das larguras das sarjetas nos cortes e/ou das larguras adicionais dos acostamentos externos nos aterros.

A terminologia acima apresentada é a tecnicamente correta; no entanto, no jargão rodoviário, alguns elementos passaram a ser designados com a denominação de outros, gerando certa incorreção do ponto de vista de conceituação, no rigor acadêmico.

É o caso das saias dos aterros e das rampas de cortes, que são usualmente designadas por “taludes dos aterros” e por “taludes dos cortes”, respectivamente. Como já visto, o termo talude não se refere à superfície propriamente dita, mas à sua inclinação; no entanto, é comum esse tipo de denominação abrangente, como sugere a própria normatização (DNER, 1979, p. 12).

Outra impropriedade comumente verificada no meio rodoviário é o uso dos termos “off-set do aterro” e “off-set do corte” para designar, respectivamente, o pé do aterro e a crista do corte.