

# Análise de parâmetros para elaboração de projeto geométrico e de terraplenagem rodoviária

Gabriela Caixeta Magalhães Cardoso, [gabrielacm@unipam.edu.br](mailto:gabrielacm@unipam.edu.br), Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM).

## RESUMO

Em um país com extensas fronteiras como o Brasil, há uma grande discrepância entre as formas de trocas de bens e serviços entre suas regiões. Mesmo com a existência de rios navegáveis, o país optou por implantar o sistema rodoviário. Com o crescente volume do setor de transportes, a evolução do desempenho e da capacidade de carga dos veículos, tornou-se fundamental um planejamento de médio e longo prazo para o setor. Diante disso, esta pesquisa teve como principal objetivo realizar um estudo com base nas referências bibliográficas de autores como Pontes Filho (1998), Pimenta e Oliveira (2004) e Antas (2010), entre outros procurando demonstrar a importância da análise de pré-requisitos e parâmetros de projetos para definição de traçados e dimensionamento de vias para rodovias. Permitindo assim através de uma análise comparativa entre os pré-requisitos e métodos de classificação, a elaboração de um traçado que será a base do projeto geométrico e definindo assim as características e particularidades dos trechos a serem projetados

## PALAVRAS-CHAVE

Traçado. Projeto de geométrico. Rodovias.

# Analysis of parameters for the preparation of geometric project and roadway landscaping

## Abstract.

In a country with extensive borders such as Brazil, there is a great discrepancy between the ways of exchanging goods and services between its regions. Even with the existence of navigable rivers, the country chose to implement the road system. With the increasing volume of the transportation sector, the evolution of the performance and the load capacity of the vehicles, a medium and long term planning for the sector has become essential. The main objective of this research was to carry out a study based on the bibliographical references of authors such as Pontes Filho (1998), Pimenta and Oliveira (2004) and Antas (2010), among others, trying to demonstrate the importance of the analysis of pre requisites and design parameters for road definition and roadway design, thus allowing a comparative analysis between the prerequisites and classification methods, the elaboration of a layout that will be the basis of the geometric design and thus defining the characteristics and particularities of the

stretches to be projected

**Key-words:** Trace. Geometric design. Roadways

## 1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem como tema a análise de parâmetros e definições para desenvolvimento de projetos de rodovias, tendo como principal foco os aspectos necessários para a elaboração do traçado que se baseiam em conhecimentos e conceitos agregados pelos conhecimentos de topografia.

A ideia de construir uma estrada passa a existir, a partir do momento em que o progresso chega a uma determinada região, fazendo-se necessário promover meios de transporte a fim de acompanhar o crescimento da região. O planejamento da construção de estradas tem influência marcante na economia de um país, uma vez que o resultado da abertura de novas estradas possibilita o desenvolvimento, refletindo na melhoria da qualidade de vida.

Em um país com extensas fronteiras como o Brasil, há uma grande discrepância entre as formas de trocas de bens e serviços entre suas regiões. Mesmo com a existência de rios navegáveis, o país optou por implantar o sistema rodoviário. Tal fator está ligado direto ou indiretamente aos eventos de nossa história política e social (SENÇO, 2008).

Com o crescente volume do setor de transportes, a evolução do desempenho e da capacidade de carga dos veículos, tornou-se fundamental um planejamento de médio e longo prazo para o setor. Tal planejamento resultou no Plano Nacional de Logística e Transportes – PNLT, fruto de uma parceria realizada entre o Ministério dos Transportes e o Ministério da Defesa (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2007).

O PNLT está associado ao desenvolvimento socioeconômico do Brasil. Com caráter indicativo, ele propõe a ocupação do território nacional com processos racionais de segurança e desenvolvimento sustentável trazendo a igualdade e justiça social dos brasileiros e é claro com respeito ao meio ambiente (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2007).

No entanto, o plano Caminho de Minas oferece apenas as condições primárias para a trafegabilidade da Rodovia considerando velocidades mínimas para os veículos. Porém, a realidade em que se vive é outra, com automóveis cada vez mais rápidos e com capacidade de cargas elevadas.

Usando das referências bibliográficas de autores como Pontes Filho (1998), Pimenta e Oliveira (2004) e Antas (2010), este artigo visa ponderar a situação e os parâmetros necessários para as boas práticas de projetos de estradas, assim como analisar as interferências e particularidades dos projetos e especificações necessárias para elaboração dos projetos e definições de traçados.

## 2. DESENVOLVIMENTO

O traçado de uma estrada pode ser considerado uma correlação sobre os elementos físicos com as características de operação dos veículos. A escolha da geometria deve atender alguns critérios, tornando-a tecnicamente exequível, economicamente recomendável, e socialmente abrangente.

De acordo com Pimenta e Oliveira (2004), a escolha de características geométricas inadequadas, deixa de garantir uma estrada segura, confortável e eficiente, causando assim danos como a ocorrência do aumento de acidentes e também deixando lenta a condição de escoamento de tráfego.

Antas *et al.* (2010, p.17) afirmam que “[...] as qualidades, boas ou más de um projeto, estarão embutidas na geometria de seu traçado”. A concepção do projeto geométrico deve atender aos fatores que impeçam intervenções futuras, fugindo de gastos quanto a alterações depois de construída.

De acordo com Pimenta e Oliveira (2004), a definição do melhor traçado de uma estrada nasce da necessidade de se unir dois pontos distintos em uma menor distância entre eles. Entretanto, para que isso ocorra de maneira eficiente, é necessário que sejam observados alguns aspectos que influenciarão nas características do desenvolvimento da escolha do caminho a ser traçado como ligação entre esses pontos.

O estudo dos fatores que influenciam no traçado tem como objetivo de maneira geral, ajustar de forma harmônica a topografia da região, sem interferir em aspectos ambientais e sociais.

Com base em Pontes Filho (1998), devem ser considerados todos os elementos que possam influenciar direta ou indiretamente, como por exemplo: a topografia da região, as condições geológicas e geotécnicas, a hidrologia, despesas com possíveis desapropriações e as possíveis intervenções no meio ambiente ao longo da faixa de domínio.

Pimenta e Oliveira (2004, p.4) afirmam que “a identificação desses problemas nos leva a escolher pontos por onde a estrada deverá passar [...]”.

Às vezes, um traçado alternativo, que não represente a melhor solução técnica para o projeto, pode beneficiar a região atravessada pela estrada dando uma nova opção que melhor atenda aos interesses locais. Outros fatores de interesse local, social, estratégicos regionais ou mesmo nacionais podem influir tanto na escolha do traçado como na definição dos demais elementos do projeto da estrada (PIMENTA; OLIVEIRA, 2004, p.3).

A harmonização do traçado geométrico de uma rodovia ao terreno natural tem como desafio conciliar-se com as condições técnicas estabelecidas em projeto. O resultado desse balanceamento dos greides refletirá de maneira geral nos custos relacionados com a movimentação de terra para implantação do empreendimento.

A topografia é o fator determinante para a escolha dos pontos de passagem da estrada (PIMENTA; OLIVEIRA, 2004). De acordo com Pimenta e Oliveira (2004), o relevo pode ser classificado topograficamente em três categorias: plano, ondulado e montanhoso.

A Região Plana possui áreas com amplas distâncias de visibilidade, baixos custos e facilidade em sua construção. Já a Região Ondulada possui um perfil com pouca inclinação, exigindo-se assim do terreno pequenos movimentos de terra. Enquanto a Região Montanhosa apresenta mudanças significativas com grandes variações do terreno exigindo-se assim do terreno grande movimentos de terra, a fim de obter alinhamentos aceitáveis (DNER, 1999).

Segundo Antas *et al.* (2010), os padrões estabelecidos em projetos devem atender as particularidades de operação de tráfego da rodovia. Essas particularidades “[...] são agrupados, para fins de projeto, em cinco classes de rodovias, numeradas de 0 a IV, correspondendo os menores números a características técnicas mais exigentes” (DNER, 1999, p.20). O Quadro 1 resume a classificação técnica de acordo com as características descritas no DNER (1999):

Quadro 1 - Classes de projeto e critérios de classificação técnica

Classes de projeto	Características	Critérios de classificação técnica (*)
0	Via Expressa - Controle total de acesso	Decisão administrativa
IA	Pista Dupla - Controle parcial de acesso	Quando os valores de tráfego previstos ocasionaram níveis de serviço em uma rodovia de pista simples inferiores aos aceitáveis.
IB	Pista simples	Volume horário de projeto VHP > 200 Volume médio diário VMD > 1400
II	Pista simples	Volume médio diário VMD 700 – 1400
III	Pista simples	Volume médio diário VMD 300 – 700
IVA	Pista simples	Volume médio diário (abertura) VMD 50 – 200
IVB	Pista simples	Volume médio diário (abertura) VMD < 50

(\*) Critérios preliminares

Fonte: DNER (1999, p.160). Adaptado pelos autores, 2015.

A velocidade indica com qual intensidade ocorre o fluxo dos veículos em uma rodovia. Está vinculada diretamente a funcionalidade do projeto rodoviário, por isso determina a maior parte das características técnicas do empreendimento. A respeito da velocidade diretriz, Senço (2008, p.41) afirma que “[...] É a velocidade básica para a determinação das características geométricas do projeto”.

Pimenta e Oliveira (2004, p.2) também definem velocidade diretriz como “[...] a maior velocidade que um veículo-padrão pode desenvolver, em um trecho de estrada, em condições normais, com segurança”.

Quanto mais elevada a velocidade diretriz da rodovia, maiores serão as condições de conforto e segurança da via ao usuário. Esse tipo de característica acarreta custos mais elevados, pois se projeta a geometria da via com maiores dimensões.

De acordo com Pimenta e Oliveira (2004), a velocidade de projeto deve sempre que possível, ser a mesma ao longo de toda extensão da rodovia. Somente em casos que as condições topográficas são totalmente desfavoráveis ao traçado proposto pode-se justificar o uso de velocidades distintas.

De acordo com DNER (1999), a Tabela 1 representa os valores de velocidade diretriz em função da classe de projeto e do tipo de relevo.

Tabela 1- Velocidade diretriz para projeto em função da classe de projeto e do relevo predominante

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

Fonte: DNER (1999, p.42). Adaptado pelos autores, 2015.

Antas *et al.* (2010) comenta que o traçado de uma rodovia deve adaptar-se geometricamente ao terreno em função da topografia, atendendo as diretrizes determinadas através dos estudos operacionais da via.

Segundo Pimenta e Oliveira (2004, p.29, grifo dos autores), “o traçado de uma rodovia é constituído por trechos retos e trechos curvos alternadamente. Os trechos retos recebem o nome de *tangentes* e os trechos curvos, de *curvas horizontais*”.

Ainda conforme Pimenta e Oliveira (2004, p.29), “[...] há normas de projeto que definem o traçado como sendo uma sequência de curvas ligadas entre si por trechos retos”.

Um bom traçado oferece o máximo de segurança, não restringe a capacidade de tráfego, permite operação fácil e uniforme e oferecem estradas de boa aparência, ajustadas à topografia local. Por isso, a planta e o perfil de uma estrada devem ser estudados em conjunto e em harmonia de forma a definir o melhor traçado.

De acordo com DNER (1999, p.134) “a combinação dos elementos geométricos básicos da rodovia – a tangente, a curva horizontal, e rampa e a curva vertical – em harmonia com a paisagem, de modo a servir eficientemente ao tráfego [...]”.

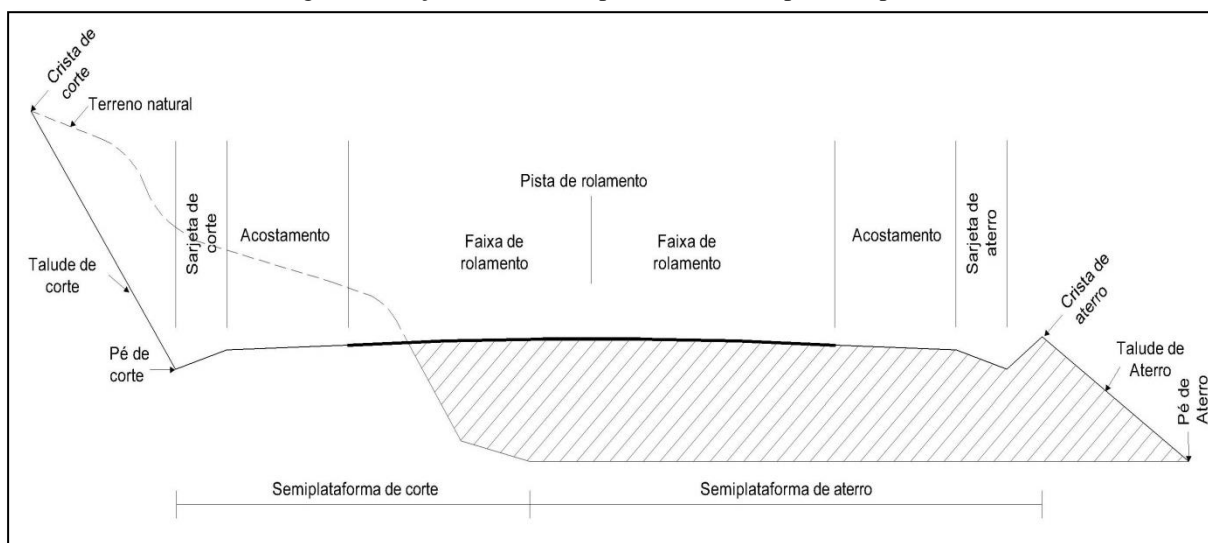
Nesse sentido, Pimenta e Oliveira (2004), baseados em estradas bem e malsucedidas, sugerem alguns critérios básicos para orientar um projetista na elaboração do projeto geométrico:

- Obter greides balanceados, combinado por rampas e curvas verticais de grandes raios;
- Recomendar soluções intermediárias entre traçados com grandes retas combinados com perfil de muitas curvas verticais e traçados com muitas curvas horizontais combinados com perfil de rampas extensas;
- Evitar trechos extensos com traçado reto e perfil composto por uma sucessão de lombadas, uma vez que geram maior custo de operação para os veículos e dificultam as ultrapassagens em rodovias de pista simples;
- Evitar rampas muito extensas, pois causam problemas de escoamento do tráfego na presença de caminhões pesados e incentivam o excesso de velocidade;

- Não colocar curvas horizontais de pequenos raios próximas ao topo de curvas verticais, pois o motorista pode não perceber a mudança de direção do traçado, sobretudo à noite.

As características operacionais, de estética e segurança são itens que influenciam os elementos da seção transversal (Figura 1). A partir dos padrões estabelecidos como velocidade, capacidades de tráfego, nível de serviço, aparência e segurança, definem-se os principais elementos da seção transversal, conhecidos como: largura e número de faixas de rolamento e acostamento (DNER, 1999).

Figura 1 - Seção transversal tipo de rodovia de pista simples



Fonte: ANTAS *et al.* (2010, p. 28). Adaptado pelo autor, 2015.

A pista de rolamento ou faixa de tráfego compreende o espaço destinado ao fluxo de veículos, sua largura estabelecerá padrões de segurança e conforto dos veículos. É obtida considerando a largura do veículo de projeto, acrescido de espaços ou folgas laterais para permitir a circulação segura dos veículos (PIMENTA; OLIVEIRA, 2004).

As larguras mínimas de faixa de rolamento são definidas pelo DNER, as quais variam de 2,5 a 3,6 m, com base na Classe da Rodovia e o tipo de relevo.

De acordo com DNER (1999, p. 142), a Tabela 2 ilustra os valores recomendados de largura de faixa de rolamento pavimentado em tangente, conforme a Classe da Rodovia.

Tabela 2 - Largura de faixas de rolamento pavimentado em tangente

Classe do projeto	Relevo		
	Plano	Ondulado	Montanhoso
Classe 0	3,60 m	3,60 m	3,60 m
Classe I	3,60 m	3,60 m	3,50 m
Classe II	3,60 m	3,50 m	3,30 m *
Classe III	3,50 m	3,30 m *	3,30 m

Classe do projeto	Relevo		
Classe IV-A **	3,00 m	3,00 m	3,00 m
Classe IV-B **	2,50 m	2,50 m	2,50 m

\* Preferivelmente 3,50m, quando esperada alta percentagem de veículos comerciais.

\*\*Os valores referentes à Classe IV são baseados na publicação "Manual de Rodovias Vicinais" - BIRD/BNDE/DNER – 1976

Fonte: DNER (1999, p. 142). Adaptado pelos autores, 2015.

Os acostamentos são faixas que ladeiam as pistas de rolamento com diversas finalidades, tais como: proporcionar estacionamento e paradas de emergências a veículos, parada de ônibus para embarque e desembarque de passageiros, tráfego de pedestres, bicicletas ou veículos de tração animal, entre outros. Pode-se afirmar que é um elemento da seção transversal imprescindível para a segurança do tráfego e garantia de seu perfeito escoamento (ANTAS *et al*, 2010).

Pimenta e Oliveira (2004, p.58) comentam que os acostamentos “São espaços adjacentes à pista de rolamento, destinados à parada de emergência”.

DNER (1999, p. 143) afirma que “a largura designada para o acostamento deverá ser bem visível para o motorista e deverá ser mantida uniformemente, sem sofrer estreitamentos esporádicos desnecessários”.

As larguras mínimas de faixa de rolamento são definidas pelo DNER, as quais variam de 3,0 a 0,5 m com base na Classe da Rodovia e o tipo de relevo.

A Tabela 3 resume as larguras de acostamentos definidas pelo DNER (1999), conforme as classes de projeto.

Tabela 3 - Larguras dos acostamentos (metros)

Classe do projeto	Relevo		
	Plano	Ondulado	Montanhoso
Classe 0	3,50 m	3,00 m *	3,00 m *
Classe I	3,00 m *	2,50 m	2,50 m
Classe II	2,50 m	2,50 m	2,00 m
Classe III	2,50 m	2,00 m	1,50 m
Classe IV-A **	1,30 m	1,30 m	0,80 m
Classe IV-B **	1,00 m	1,00 m	0,50 m

\* Preferivelmente 3,50m, onde for previsto um volume horário unidirecional de caminhões superior a 250 veículos.

\*\*Valores baseados na publicação "Manual de Rodovias Vicinais" - BIRD/BNDE/DNER - 1976. No caso de rodovias não pavimentadas, representam a contribuição para estabelecimento da largura da plataforma.

Fonte: DNER (1999, p. 144). Adaptado pelos autores, 2015.

Diante destes pressupostos, fica evidenciada a importância que o projetista, enquanto responsável pela definição dos traçados, esteja sempre atento às interações existentes entre os diferentes pontos de análise necessários e consiga conciliar e projetar uma estrada de forma a atender a todos os pré-requisitos para a estrada pretendida.

### 3. CONCLUSÃO

Em todo projeto de engenharia, e em particular nos projetos de estradas, pode-se, em geral, optar entre diversas soluções de traçado. É determinante para a escolha da solução final o critério adotado pelo projetista, a sua experiência e o seu bom senso.

O projetista deve então escolher os possíveis traçados, e compará-los, assim o critério adotado para a escolha do projeto final deve ser o segmento que atende as melhores condições técnicas que possibilite ao motorista conforto e segurança tais como os raios mínimos de curvas horizontais, inclinações de rampas, curvas verticais, superelevação, características da seção transversal, e principalmente no balanceamento dos volumes de cortes e aterros que devem ser tecnicamente exequíveis, economicamente recomendáveis, financeiramente realizáveis.

Permitindo assim através de uma análise comparativa entre os pré-requisitos e métodos de classificação, a elaboração de um traçado que será a base do projeto geométrico e definindo assim as características e particularidades dos trechos a serem projetados.

### REFERÊNCIAS

**Agência Minas.** Notícias do Governo do Estado de Minas Gerais, disponível em: <http://www.agenciaminas.mg.gov.br/noticias/anastasia-determina-inicio-de-obra-de-pavimentacao-asfaltica-na-regiao-do-alto-paranaiba-2/>. Acesso em: 24 set. 2015.

ANTAS, Paulo Mendes et al. **Estradas: projeto geométrico e de terraplanagem.** Rio de Janeiro: Interciência, 2010. 264 p.

ARAÚJO, Cidália et al. Estudo de Caso. **Métodos de Investigação em Educação.** Instituto de Educação e Psicologia, Universidade do Minho, 2008. Disponível em: <[http://grupo4te.com.sapo.pt/estudo\\_caso.pdf](http://grupo4te.com.sapo.pt/estudo_caso.pdf)>. Acesso em: 10 mai. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13133:** Execução de levantamento topográfico. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

BOAVENTURA, Edivaldo M. **Metodologia Científica.** São Paulo: Atlas, 2004.

CNT. **Pesquisa CNT de rodovias 2014:** relatório gerencial. Brasília: Confederação Nacional do Transporte, 2014. 388 p. Disponível em: <<http://pesquisarodovias.cnt.org.br/Paginas/relGeral.aspx?origem=2>>. Acesso em: 25 abr. 2015.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Manual de procedimentos para elaboração de estudos e projetos de engenharia rodoviária.** Volume VI – Projeto Geométrico e de Terraplanagem. Diretoria de Projetos. Belo Horizonte, 2013. Disponível em:



<<http://www.der.mg.gov.br/institucional/legislacao/normas-tecnicas-dermg>>. Acesso em: 10 mai. 2015.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **IPR 706/20**:Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais. Rio de Janeiro: IPR, 1999. 195 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTE. **IPR726/2006**: Diretrizes básicas para estudos e projetos rodoviários: Escopos Básicos. Rio de Janeiro: IPR, 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Rede Rodoviária do PNV** – Divisão em Trechos. Brasília, 2004. 14p. Disponível em: <<http://www1.dnit.gov.br/download/PNVApresentacao2004.pdf>>. Acesso em: 12 mai. 2015.

MAXICAD: **Treinamento AutoCAD Civil 3D. 2014**. Disponível em: <<http://maxicad.com.br/blog/treinamento-autocad-civil-3d-2/>>. Acesso em: 20 abr. 2015.

MINAS GERAIS. Marcos Antônio Frade. **Departamento de Estradas de Rodagem de Minas Gerais**: Caminhos de Minas. 2015. Disponível em: <<http://www.der.mg.gov.br/component/content/article/1241>>. Acesso em: 11. abr. 2015.

**Ministério dos Transportes**. PNLT 2007: Plano Nacional de Logística e Transportes. Rio de Janeiro: [Recurso Eletrônico], 2007. 62 p.

PIMENTA, Carlos R. T.; OLIVEIRA, Márcio P. **Projeto geométrico de rodovias**. 2. ed. São Carlos: RIMA, 2004. 198 p.

PONTES FILHO, Glauco. **Estradas de Rodagem**: Projeto Geométrico. São Carlos: Bidim, 1998. 432 p.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do Trabalho Científico**: Métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Freevale, 2013. 271 p.

SENÇO, Wlastermiller de. **Manual de técnicas de projetos rodoviários**. São Paulo: PINI, 2008. 758 p.