

# **PROPOSIÇÃO DE UM SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO DE RODOVIAS SOB A ÓTICA DA INTERAÇÃO VEÍCULO VIA**

**Waldemiro de Aquino Pereira Neto**

**João Alexandre Widmer**

Universidade de São Paulo

Escola de Engenharia de São Carlos

## **RESUMO**

A tese de doutorado em desenvolvimento consiste numa investigação das características e padrões dos veículos que trafegam nas rodovias brasileiras, com ênfase para os veículos de grande porte, e em particular os veículos do tipo CVC – Combinações de Veículos de Carga, de forma a verificar a compatibilidade na circulação destes veículos, considerando-se os parâmetros de geometria atualmente utilizados na concepção de projetos rodoviários. Espera-se através desse estudo propor um sistema de classificação técnica complementar ao sistema atual, estabelecido pelo DNER, de forma a estabelecer para cada padrão de rodovia existente, quais veículos apresentam condições adequadas de operação, além da proposição de alterações nos parâmetros geométricos de forma a acolher o tráfego de veículos com maiores restrições operacionais.

## **ABSTRACT**

This doctorate thesis consists of a research about the characteristics and standards of vehicles traveling on Brazilian highways. The study emphasizes the traffic of large vehicles, particularly looking at LCV - Long Combination Vehicles. The compatibility of these vehicles moving on the roads is being verified, considering the parameters of geometry currently used in road design. The intention is to propose, at the end of this study, a classification procedure to complement the current system, established by DNER. The idea is to determine, for each type of existing highway, which vehicles have adequate operation conditions. Moreover, alterations in the geometric design parameters will be proposed in order to project highways that are adequate for the traffic of large vehicles with operational restrictions.

## **1. INTRODUÇÃO**

O Brasil, assim como outros países da América Latina, investiram a partir da década de 50 e mais intensamente até os anos 70, boa parcela de recursos públicos na implantação de suas redes viárias e de outras infra-estruturas de transporte. O desenvolvimento experimentado pelo setor de transporte rodoviário revelou uma forte priorização deste modal, sobrepondo-se aos demais modos da matriz nacional de transportes. Atualmente ele é responsável por cerca de 96% do transporte de passageiros e de 63% das cargas transportadas (GEIPOT, 2001). A infra-estrutura rodoviária brasileira é composta de aproximadamente 1.725.000 quilômetros de rodovias, onde deste total 164.988 quilômetros são de rodovias pavimentadas. Por esta infra-estrutura trafega um volume de 1,836 milhões de caminhões e 427.213 ônibus (GEIPOT, 2001). Segundo dados da Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas - FIEPE (2005), o modo rodoviário de cargas no Brasil no ano de 2004 transportou 455,57 milhões de toneladas.

A indústria de veículos de carga tem realizado modificações nas características dos veículos e a tendência neste mercado tem sido o aumento na capacidade de transporte. Acréscimos nas dimensões dos caminhões, seja através da fabricação de veículos mais longos e mais altos, bem como da utilização de combinações de veículos com duas unidades rebocadas e um maior número de eixos, tem sido a estratégia adotada para elevar a capacidade dos veículos. Estas alterações vêm atender uma exigência do mercado que tem sido o aumento da produtividade nos serviços de transporte. (WIDMER *et al*, 1998). Considerando por sua vez a infra-estrutura viária, torna-se fundamental existir uma compatibilidade adequada entre as condições de dirigibilidade destes veículos e o padrão das rodovias. Analisando o Manual de

Projeto Geométrico de Rodovias Rurais (DNER, 1999), que orienta o projeto de rodovias brasileiras, verificamos que o veículo de projeto de maior porte utilizado na determinação dos parâmetros de geometria é de uma complexidade bem inferior que considerável parte dos veículos de grande porte que trafegam na malha rodoviária brasileira. Esta constatação indica que para estes veículos existem restrições operacionais que precisam ser mais bem avaliadas.

Um dos aspectos mais importantes desta investigação consiste em avaliar os parâmetros de geometria das vias associados à segurança viária. Dados de acidentes nos Estados Unidos indicam que veículos longos, especialmente os veículos combinados apresentam taxas de colisões com vítimas fatais aproximadamente 11% superiores quando comparadas aos acidentes observados em veículos simples (US DOT, 2004). Análises indicam que uma das causas dos acidentes envolvendo veículos longos é a utilização de infra-estruturas projetadas para veículos de menor porte, incompatível com a operação de veículos maiores (DONALDSON, 1986). Esta incompatibilidade está associada principalmente a aspectos geométricos como os raios utilizados nas curvas, sobrelarguras, superelevações e distâncias de visibilidade.

## **2. OBJETIVOS**

O objetivo principal deste trabalho é investigar as características e padrões dos veículos que trafegam nas rodovias brasileiras, contemplando os aspectos da interação entre os veículos e a via para estabelecer parâmetros de projeto geométrico compatíveis com uma operação segura destes veículos, com ênfase para os veículos de grande porte, e em particular os veículos rodoviários de carga do tipo CVC – Combinações de Veículos de Carga. Os parâmetros de geometria obtidos com esta investigação serão comparados com os valores atribuídos pelo Sistema de Classificação Técnica de Rodovias adotado no país, levando à proposição das correções e ajustes necessários à adequação deste sistema de classificação ao padrão de veículos de carga que hoje circulam na malha rodoviária brasileira, e cujo percentual deve crescer na composição dos fluxos de tráfego nos próximos anos.

Como objetivo complementar teremos, a partir do sistema de classificação técnica proposto, sistema este complementar à classificação técnica funcional do DNER (DNER, 1999) e à classificação legal do Código Brasileiro de Trânsito – CBT (BRASIL, 1999a), a realização de um estudo de caso para um conjunto de trechos de rodovias brasileiras com características técnicas diferentes, onde trafegam veículos pesados de diversas configurações com as mesmas restrições. A partir do conhecimento do padrão dos veículos que trafegam nesta infra-estrutura será possível identificar as restrições operacionais existentes nas rotas dos veículos, permitindo que sejam direcionadas ações na implementação de melhorias viárias para adequação ao tráfego existente.

## **3. METODO**

### **3.1. Levantamento de dados dos padrões veiculares**

Esta primeira etapa consistirá em pesquisar as características dos veículos que trafegam nas rodovias brasileiras, com suas especificações técnicas e operacionais. A partir destas informações estes veículos serão agrupados em classes, definidas em função dos veículos que apresentem o mesmo nível de complexidade, mesma ordem de restrições operacionais e o

mesmo padrão de exigência quanto às condições de geometria para uma operação adequada. Serão investigados aspectos como:

- As configurações dos veículos de carga unitários e CVCs, identificando o número existente de unidades veiculares, o número de eixos, ou conjuntos de eixos em cada unidade, a bitola dos veículos e o espaçamento entre eixos;
- O tipo de conexão entre as unidades veiculares, a configuração dos conjuntos de eixos e das rodagens que equipam cada eixo, dirigíveis ou rígidos, responsáveis pela estabilidade e manobrabilidade dos veículos;
- A relação tração/peso destes veículos;
- Os valores limites de aceleração lateral;
- A eficiência de frenagem das diversas configurações veiculares;
- A altura da vista do motorista.

### **3.2. Proposição de características geométricas para o tráfego dos veículos**

Embasado nas informações levantadas da frota de veículos nacional serão identificadas as características geométricas necessárias à infra-estrutura para cada classe de veículo estudado. Serão determinados então os seguintes parâmetros de projeto geométrico de rodovias com base nas características operacionais dos veículos estudados e a partir de estudos encontrados na literatura:

- Rampas, Faixas Adicionais e Faixas de Aceleração (MELO, 2002);
- Curvas horizontais, considerando os valores de raio, superelevação, velocidade operacional e a estabilidade lateral dos veículos (ERVIN et al, 1989), (MCLEAN, 2002);
- Distâncias de Visibilidade de Frenagem (OLSON *et al*, 1984), (FANCHER, 1986), (AASHTO, 2001) e (MCLEAN, 2002);
- Distância de Visibilidade de Ultrapassagem e em Interseções (WIDMER *et al*, 1998);
- Sobrelarguras (WIDMER, 2002).

### **3.3. Concepção do sistema de classificação proposto**

Os parâmetros de projeto geométrico acima calculados irão revelar as condições operacionais mínimas necessárias a cada classe de veículo estudado. Com base nestas informações e a partir da comparação destes parâmetros com os atuais parâmetros que orientam as classes de projeto das rodovias serão identificados os tipos de veículo que possuem condições adequadas de operação para cada classe de projeto. Como resultado desta análise serão propostas correções e adaptações no atual sistema de classificação técnica.

### **3.4. Estudo de caso**

Nesta etapa do estudo será realizado um estudo de caso em trechos de rodovias brasileiras. Com o objetivo de estudar diversas realidades encontradas nas rodovias brasileiras, será escolhida uma amostra de trechos rodoviários de padrão técnico diverso, construídos em terrenos com orografia variada. Com base nas informações do projeto destas rodovias e de coletas de dados em campo os trechos serão enquadrados nas classes de projeto do DNER. Assim, será possível determinar qual padrão de veículos é compatível com a infra-estrutura existente, revelando também as restrições e deficiências existentes para os demais padrões de veículos e as intervenções necessárias para liberar o tráfego desses veículos.

## 5. RESULTADOS ESPERADOS

Os resultados obtidos com esta investigação permitirão identificar as restrições existentes na malha rodoviária brasileira ao tráfego de determinados tipos de veículos de carga, orientando a adequação de parâmetros de geometria das rodovias às configurações destes veículos. Com base no sistema de classificação de rodovias atualmente em vigor no país serão propostas adaptações tais como:

- Alterações nos valores dos parâmetros das classes de projeto do Manual do DNER para a adequação destes valores às restrições existentes no tráfego;
- A criação de novas classes de veículos a serem incorporadas ao atual sistema de classificação do DNER;
- A incorporação de outros parâmetros de projeto geométrico relevantes e que atualmente não sejam estabelecidos para as classes de projeto.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AASHTO (2001) - *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*. American Association of State Highway and Transportation Officials. 4th Edition, Washington, D.C., EUA.
- BRASIL (1999a). Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997. *Institui o código de trânsito brasileiro*. Lex: Nova Coletânea de Legislação de Trânsito, Porto Alegre, 16ª Edição, p.9-90.
- DNER (1999) *Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais*. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, IPR, Rio de Janeiro, RJ.
- DONALDSON, G.A. (1986). *Safety of Large Trucks and the Geometric Design of Two-lane, Two-way Roads* – Transportation Research Record 1052, pp 10-14.
- ERVIN, R., MACADAM, C. AND BURNES, M. (1986). *Influence of the geometric design of highway ramps on the stability and control of heavy-duty trucks*. Transportation Research Record 1208, pp 36-46.
- FANCHER, P. (1986). *Sight distance problems related to large trucks*. Transportation Research Record 1052, pp. 29-35.
- FIPE (2005) *Índice de Desempenho Econômico do Transporte* - (IDET-FIPE/CNT) Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas Disponível em: [http://www.fipe.com.br/indices/idet\\_consulta.asp](http://www.fipe.com.br/indices/idet_consulta.asp), acessado em: 20/02/2005.
- GEIPOT (2001) *Anuário Estatístico de Transportes* – Capítulo 5 – Transporte Rodoviário - Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes – Ministério dos Transportes–Brasil. Disponível em: <http://www.geipot.gov.br/anuario2001/rodoviario/rodo.htm>. Acesso em: 13/07/2004.
- MCLEAN, J., TZIOTS, M., GUNATILLAKE, T. (2002) – *Geometric Design for trucks – When. Where and How?* - Australian and New Zealand Road Transport and Traffic Authorities – AUSTROADS.
- MELO, R.A. (2002). *Faixas adicionais para aclives de rodovias brasileiras*. 178p. Tese de Doutorado – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos
- OLSON, P., CLEVELAND, D.E., FANCHER, P.S., KOSTYNIUK, L.P., SCHNEIDER, L.W. (1984). *Parameters Affecting Stopping Sight Distance*. National Cooperative Highway Research Report 270.
- US DOT (2000) *Comprehensive Truck Size and Weight Study*, Volume III Scenario Analysis; US Department of Transportation, Washington, DC.
- WIDMER, J. A (2002). *Compatibilidade de tráfego de bitrens de 25 metros com a infra-estrutura viária brasileira*. Trabalho apresentado no 2º Colloquium Internacional de Suspensões e 1º Colloquium de Implementos Rodoviários da SAE – Brasil, Caxias do Sul
- WIDMER, J. A., SETTI, J. R. (1998) *Impacts Expected from the Operation of Long Combination Vehicles on Brazilian Two Lane Highways*. Trabalho apresentado no 5th International Symposium on Heavy Vehicles Weights and Dimensions, Twin-Waters, Australia.

### Endereço dos autores:

Universidade de São Paulo  
Escola de Engenharia de S. Carlos, Depto. de Transportes  
Av. Trabalhador São-carlense, 400 - Centro  
13.560-590 – São Carlos, SP, Brasil.

Fone: (16) 3373-9601  
Fax: (16) 3373-9602  
e-mail: [widmer@sc.usp.br](mailto:widmer@sc.usp.br)  
[wapn@det.ufc.br](mailto:wapn@det.ufc.br)