



UTILIZAÇÃO DE MODELO DE PREVISÃO DA VELOCIDADE OPERACIONAL SEGUNDO CARACTERÍSTICAS PLANIMÉTRICAS NA CLASSIFICAÇÃO DE RODOVIAS NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

Daniel Sergio Presta García
Lenise Grando Goldner
(LASTRAN / PPGE / UFRGS)

RESUMO

A cada ano, mais de 500.000 pessoas vêm a falecer em acidentes de trânsito no mundo. No Brasil, são cerca de 50.000 mortos no mesmo período. A velocidade elevada é considerada como um dos principais fatores determinantes dos acidentes e da gravidade dos mesmos. Modelos tentam estabelecer relações entre a velocidade operacional e características das vias. Este artigo procura identificar segmentos de curvas com velocidade de projeto significativamente inferior a de operação, que contribuam para o agravamento das condições de segurança nestas rodovias.

ABSTRACT

Each year, more than 500.000 people come to die in traffic accidents in the world. In Brazil, they are about 50,000 died in the same period. High speed is considered as one of the accident main determinative factors and the gravity of them. Models try to establish relations between the operating speed and the ways characteristics. This paper tries to identify curves's segments with significant differences between design and operating speeds, that contribute for the aggravation of the security conditions in these highways.

1 INTRODUÇÃO

O projeto geométrico de rodovias é uma das principais etapas de definição da mesma. No seu estudo e desenvolvimento uma série de fatores devem ser analisados e ponderados quanto aos seus impactos na construção e operação. Diversos trabalhos relacionam o projeto geométrico à condições de segurança, eficiência e conforto de rodovias (Hassan *et al.*, 1997; Gilbreel *et al.*, 1999 e Kanellaidis, 1996).

As condicionantes geométricas de rodovias de pistas simples decorrem da definição por norma de valores limites (mínimos e máximos) a partir da classe da rodovia, do relevo da região, das características do veículo padrão e, conseqüentemente, da definição da velocidade de projeto, também chamada de velocidade diretriz (DNER, 1999 e DAER, 1991).

Na possibilidade de oferecer condições geométricas superiores às definidas por norma, a maioria dos projetistas do projeto geométrico tende a utilizar condicionantes geométricas, principalmente o raio planimétrico, com valores superiores aos do limite da norma. Embora este procedimento indique uma pretensa solução “a favor da segurança” por oferecer características geométricas menos críticas, acaba alterando o padrão de utilização da via.

A análise de projetos viários sob a ótica de seu usuário padrão permite identificar se o projeto está ou não ajustado a sua efetiva utilização. A velocidade operacional é considerada pela maior parte dos pesquisadores como a informação mais representativa do tipo de utilização que os condutores apresentam em determinadas condições geométricas da via. O percentil 85 (V85) da distribuição de velocidades é, geralmente, adotado como velocidade operacional.

Existem diversos estudos que identificam uma relação de dependência entre elementos característicos de curvas horizontais (raio, ângulo, comprimento em espiral, etc.) e a velocidade operacional desenvolvida na mesma.

O objetivo deste trabalho é aplicar um destes modelos de previsão da velocidade operacional em projetos de rodovias de pista simples no estado do Rio Grande do Sul e identificar, conforme diferentes critérios de classificação as condições de segurança das mesmas.



2 JUSTIFICATIVA

A cada ano, mais de 500.000 pessoas vêm a falecer em acidentes de trânsito no mundo (Gilbreel *et al.*, 1999). Estes valores são equivalentes a um óbito por minuto. No Brasil, são cerca de 50.000 mortos por ano (Vieira, 1999). Segundo Lamm (in Gilbreel *et al.*, 1999), mais de 50% das fatalidades em rodovias ocorrem em segmentos de curvas.

A conformação espacial de uma rodovia é definida na etapa de estudo e elaboração do projeto geométrico da mesma. A definição de curvas horizontais no projeto planimétrico é orientado a partir de parâmetros de projeto pré-estabelecidos, dentre estes, a velocidade diretriz. A utilização de vias por motoristas que trafegam com velocidades acima da velocidade de projeto (ou diretriz) ocasiona sérios riscos à segurança dos mesmos e a terceiros.

Diversos modelos, como os propostos por Lamm *et al.* (1990) e Kanellaidis *et al.* (1990) e pela Federal Highway Administration (FHWA, 2000), identificam relações de causa e efeito entre a velocidade operacional e características geométricas das rodovias. A utilização destes modelos na obtenção de velocidades operacionais e o seu confronto com a velocidade diretriz pode auxiliar na identificação de problemas de sub-dimensionamento de dispositivos de segurança, como por exemplo, o cálculo da superelevação e da distância de visibilidade.

Os modelos mencionados acima não foram calibrados para as condicionantes rodovia, veículo e condutor brasileiros. A utilização de um modelo de previsão da velocidade operacional ajustado a realidade brasileira pode fornecer informações que permitam classificar as rodovias de pista simples quanto a sua consistência geométrica, identificando, desta forma, possíveis problemas de segurança.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Modelo de Previsão da Velocidade Operacional

Segundo Gilbreel *et al.* (1999), o raio das curvas horizontais, ou seu ângulo de curvatura, é o elemento geométrico mais significativo na determinação da velocidade operacional da via. Outros estudos, como o de Collins e Krammes (1996), agregam novos elementos - comprimento da intertangente entre curvas - na tentativa de relacionar a velocidade operacional às características geométricas da via.

O modelo expresso pela Equação 1 é resultado dos estudos de García (2002) em quatro rodovias do Estado do Rio Grande do Sul no período de 2001 a 2002.

$$V_{85} = 90,785 - \frac{1975,105}{R} \quad R^2 = 0,59 \quad (1)$$

Onde:

V_{85} = velocidade operacional [km/h]

R = raio da curva [m]

R^2 = coeficiente de determinação

Seus estudos estão baseados nos dados referentes a 60 segmentos de curvas de rodovias de pista simples. As condições de contorno, definidas para a análise, estão abaixo relacionadas:

1. inexistência de interseções próximas aos segmentos estudados;
2. inexistência de objetos adjacentes à via que ocasionem restrição à utilização da mesma;
3. greides (rampas ascendentes ou descendentes) entre -9% e 9%;
4. nenhuma alteração nas larguras da pista e do acostamento;
5. boas condições de pavimento.



3.2 Classificação dos Projetos Através da Análise de Sua Consistência Geométrica

3.2.1 Critério I: Diferença entre a Velocidade Operacional de Curvas Sucessivas

Um projeto viário deve apresentar um padrão de fluidez. Segundo DAER (1991), “curvas sucessivas, por considerações operacionais e de aparência, deverão desejavelmente manter um inter-relacionamento, de modo a evitar variações abruptas de curvaturas, situação antinatural que surpreende e confunde o motorista”.

A utilização de modelo de estimativa da velocidade operacional permite a identificação da mesma para um conjunto de raios planimétricos. A análise da variação desta velocidade ao longo de uma rodovia possibilita classificar a mesma, quanto à consistência do seu projeto geométrico, em três casos distintos:

- **Caso 1 (Bom Projeto):** é a condição ideal entre projeto e utilização da via, com uma diferença entre velocidade operacional de curvas sucessivas inferior ou igual a 10 quilômetros por hora ($\Delta V_{85} \leq 10$ km/h). Nestes casos, considera-se que o projeto viário apresenta uma consistência no alinhamento horizontal quanto a sua sucessão de curvas, não ocasionando problemas de operação aos veículos;
- **Caso 2 (Projeto Regular):** esta condição ocorre quando a diferença entre a velocidade operacional de curvas sucessivas está entre 10 a 20 quilômetros por hora ($10 \text{ km/h} < \Delta V_{85} \leq 20$ km/h). As curvas que se encontram neste intervalo apresentam pequenos problemas de inconsistência geométrica que poderão ser resolvidos mediante sinalização apropriada, não necessitando um reprojeção;
- **Caso 3 (Projeto Fraco):** diferença de velocidade operacional superior em 20 quilômetros por hora, ou mais, entre curvas sucessivas ($\Delta V_{85} > 20$ km/h) determina uma condição de projeto com problemas sérios de fluidez. Segmentos viários que apresentam diferenças desta ordem devem ser reprojetados, de forma a restabelecer a consistência dos diferentes elementos geométricos sucessivos.

3.2.2 Critério II: Diferença entre a Velocidade Operacional e Velocidade de Projeto

O conhecimento da velocidade diretriz de um projeto viário e a possibilidade de determinar a velocidade operacional através de modelos matemáticos, permite a análise da diferença entre estes valores. Lamm *et al.* (1990) considera a possibilidade de classificação de um projeto em três níveis distintos, conforme a diferença apresentada entre a velocidade de projeto e a velocidade operacional. O mesmo critério é adotado e recomendado na Alemanha e Estados Unidos (Lamm *et al.*, 1995 e FHWA, 2000).

O projeto geométrico pode então ser analisado quanto a sua efetiva utilização, podendo apresentar três condições distintas:

- **Caso 1 (Bom Projeto):** é a condição ideal entre projeto e utilização da via. Neste caso, a diferença entre velocidade operacional e a velocidade diretriz não é superior a 10 quilômetros por hora ($V_{85} - V_d \leq 10$ km/h). Segmentos de rodovias que se enquadrem neste caso não necessitam de adaptações ou correções em seu traçado;
- **Caso 2 (Projeto Regular):** esta condição ocorre quando a diferença entre a velocidade operacional e a velocidade de projeto está entre 10 a 20 quilômetros por hora ($10 \text{ km/h} < V_{85} - V_d \leq 20$ km/h). As curvas que se encontrarem neste intervalo deverão sofrer adaptações, a fim de restabelecer as condições de segurança estabelecidas em projeto; contudo, utilizando-se como referência a velocidade efetivamente empregada pelos motoristas (velocidade operacional), e não mais a velocidade diretriz. Geralmente, a correção da superelevação reequilibra a curva;



- **Caso 3 (Projeto Fraco):** velocidade operacional superior em 20 quilômetros por hora, ou mais, à velocidade de projeto ($V_{85} - V_d > 20 \text{ km/h}$) determina uma condição de projeto com problemas de dimensionamento. Normalmente, curvas que apresentam diferenças desta ordem devem ser reprojetadas, de forma a restabelecer condições mínimas de segurança.

4 APLICAÇÃO DOS MODELOS EM RODOVIAS DO RIO GRANDE DO SUL

As rodovias, para esta etapa do estudo, foram selecionadas entre as propostas no estudo realizado por García (2002). Todas as rodovias são de pista simples, pavimentadas, com velocidades de projeto entre 30 e 80 quilômetros por hora, projetadas nos últimos 15 anos por empresas de consultoria para o Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem do Estado do Rio Grande do Sul. O Quadro 1 identifica as rodovias utilizadas neste estudo, apresentando também seu trecho, sua velocidade diretriz e extensão.

QUADRO 1 – Rodovias Utilizadas para Análise de Consistência do Projeto Geométrico

Rodovia	Trecho	Velocidade Diretriz [km/h]	Extensão [km]
RST/470	27 da Boa Vista – RTS/453	30	2,313
RS/355	Fagundes Varela – RST/470	30	15,624
RS/ *	Coronel Pilar – RST/453 (Rota do Sol)	30	11,408
RS/332	Arvorezinha – Soledade	40	33,280
RS/512	Pejuçara - BR/285	60	8,887
RS/324	Natalino - Ronda Alta	60	16,023
RS/713	Acesso a Sertão Santana	60	14,664
RS/475	Getúlio Vargas – Sananduva (Lote I)	60	20,120
RS/332	Contorno de Soledade	70	8,009
RST/153	Barros Cassal – Soledade	70	10,767
RST/158	Palmeira das Missões - Esquina Jaboticaba	80	21,968
RS/330	São Bento Tesouras	80	23,949
RS/508	Santa Barbara do Sul – BR/158	80	51,660

* Sem denominação.

Das informações contidas nos relatórios de Planilha de Coordenadas das rodovias selecionadas, duas foram utilizadas para análise: o raio planimétrico e a intertangente. O primeiro permite, a partir da Equação 1, estimar a velocidade operacional. O segundo foi utilizado para descarte de curvas com intertangente inferior a intertangente mínima.

A intertangente mínima foi adotada como o comprimento, em metros, equivalente a 4 vezes o valor da velocidade de projeto (dada em quilômetros por hora). Este critério permitiu considerar como sendo insignificante a influência de uma curva anterior na velocidade operacional prevista para a curva analisada.

Das 515 curvas analisadas, dos 13 trechos distintos, apenas 305 apresentaram, pelo menos, uma das duas intertangentes superior à intertangente mínima. Desta forma, a classificação das rodovias segundo os critérios I e II foi desenvolvida, inicialmente, sobre esta base de dados.

4.1 Critério I: Diferença entre Velocidade Operacional de Curvas Sucessivas

A classificação de curvas segundo o Critério I, permite identificar se o projeto geométrico apresenta, ou não, fluidez no seu traçado. A metodologia que permitiu a classificação das curvas, segundo a diferença entre a velocidade operacional de curvas sucessivas, pode ser apresentada em quatro etapas distintas:



1. **Descarte das curvas de início do intervalo:** a classificação pelo Critério I prevê o cálculo da diferença entre as velocidades operacionais de curvas sucessivas. Desta forma, utilizando-se a base de dados de 305 curvas previamente selecionadas, tendo-se um intervalo com 5 curvas consecutivas válidas (que não apresentem intertangentes inferiores a mínima), por exemplo, é possível desenvolver a análise para classificação pela diferença de velocidades de 4 destas;
2. **Aplicação do modelo de previsão da V85:** a partir dos raios planimétricos das curvas que satisfazem a condição anterior, é estimada a velocidade operacional, conforme Equação 1;
3. **Cálculo da diferença entre V85 de curvas sucessivas:** subtração dos valores estimados para a velocidade operacional de curvas sucessivas;
4. **Classificação segundo o Critério I:** a diferença entre as velocidades operacionais sucessivas permite a classificação da curva em Caso 1 ($\Delta V85 \leq 10\text{km/h}$), Caso 2 ($10\text{km/h} < \Delta V85 \leq 20\text{km/h}$) e Caso 3 ($\Delta V85 > 20\text{km/h}$).

O Quadro 2 mostra, do total de curvas analisadas por trecho, as aprovadas pela condição de intertangente mínima e, destas, as aprovadas pela condição de curvas sucessivas (237 curvas). Além disso, oferece a classificação das curvas pelo Critério I.

QUADRO 2 – Classificação das Curvas por Rodovia Segundo o Critério I

Rodovia	Número de Curvas			Classificação segundo Critério I		
	Total	Satisfazem condição de intertangente mínima	Satisfazem condição de curvas sucessivas	Caso 1	Caso 2	Caso 3
RST/470	17	3	1	1	0	0
RS/355	61	36	28	21	4	3
RS/ *	62	22	14	5	4	5
RS/332	91	61	48	45	3	0
RS/512	15	13	10	10	0	0
RS/324	12	9	6	6	0	0
RS/713	55	17	13	11	2	0
RS/475	44	19	15	15	0	0
RS/332	13	9	5	4	1	0
RST/153	15	14	12	12	0	0
RST/158	20	18	16	16	0	0
RS/330	37	28	22	21	1	0
RS/508	73	56	47	47	0	0

* Sem denominação.

O Quadro 3 apresenta o resumo da análise feita nas rodovias em estudo, tomando como base a diferença entre velocidade operacional de curvas sucessivas. Nesta, os dados de diferentes rodovias são agrupados segundo a velocidade de projeto.

QUADRO 3 – Classificação das Curvas pela Velocidade Diretriz Segundo o Critério I

Velocidade Diretriz [km/h]	Número de Curvas		Classificação Segundo Critério I					
			Número de Curvas			Valores Percentuais		
	Total	Utilizadas	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 1	Caso 2	Caso 3
30	140	43	27	8	8	62,8%	18,6%	18,6%
40	91	48	45	3	0	93,8%	6,2%	0,0%
60	126	44	42	2	0	95,5%	4,5%	0,0%
70	28	17	16	1	0	94,1%	5,9%	0,0%
80	130	85	84	1	0	98,8%	1,2%	0,0%



4.2 Critério II: Diferença entre Velocidade Operacional e Velocidade de Projeto

Pela análise proposta por Lamm *et al.* (1990), existem três casos distintos de classificação da diferença entre a velocidade operacional e a velocidade de projeto: projeto bom, com diferenças inferiores a 10 km/h (Caso 1), projeto regular, entre 10 e 20 km/h (Caso 2) e projeto fraco, com diferenças superiores a 20 km/h (Caso 3).

O Quadro 4 fornece raios de curvatura limite em função da classificação proposta por Lamm, para o modelo adotado. O quadro foi construído através da Equação 1, identificando para cada um dos valores da velocidade diretriz, o raio de curvatura limite que produzisse uma velocidade operacional superior em 10 e 20 quilômetros por hora.

QUADRO 4 – Raios de Curvatura Limite Segundo Classificação pelo Critério II

Velocidade Diretriz [km/h]	Raios de Curvatura Limite [m]		
	Caso 1 $V_{85}-V_d \leq 10$ km/h	Caso 2 $10 \text{ km/h} < V_{85}-V_d \leq 20$ km/h	Caso 3 $V_{85}-V_d > 20$ km/h
30	$\leq 38,89$	de 38,89 a 48,43	$> 48,43$
40	$\leq 48,43$	de 48,43 a 64,15	$> 64,15$
50	$\leq 64,15$	de 64,15 a 95,01	$> 95,01$
60	$\leq 95,01$	de 95,01 a 183,05	$> 183,05$
70	$\leq 183,05$	de 183,05 a 2500,15	$> 2500,15$
80	$\leq 2500,15$	$> 2500,15$	-

A classificação de uma curva em um dos três distintos casos é bastante singela. Para tanto, basta identificar em qual dos casos uma determinada curva se enquadra, dados o seu raio e sua velocidade de projeto. Desta forma, uma curva com raio equivalente a 100 metros, projetada em uma rodovia de velocidade diretriz igual a 60 km/h, seria enquadrada em uma classificação de Caso 2 (raios de 95,01 a 183,05 metros).

A classificação das curvas, pelo Critério II, decorre do enquadramento simples do raio das 305 curvas válidas, em função da velocidade de projeto. O Quadro 5 apresenta a classificação das curvas para as rodovias analisadas.

QUADRO 5 – Classificação das Curvas por Rodovia Segundo o Critério II

Rodovia	Número de Curvas		Classificação segundo Critério II		
	Total	Satisfazem condição de intertangente mínima	Caso 1	Caso 2	Caso 3
RST/470	17	3	0	0	3
RS/355	61	36	0	0	36
RS/ *	62	22	1	0	21
RS/332	91	61	0	0	61
RS/512	15	13	0	0	13
RS/324	12	9	0	0	9
RS/713	55	17	0	10	7
RS/475	44	19	0	0	19
RS/332	13	9	1	8	0
RST/153	15	14	0	14	0
RST/158	20	18	17	0	1
RS/330	37	28	27	1	0
RS/508	73	56	54	2	0

* Sem denominação.



O Quadro 6 apresenta o resumo da análise feita nas rodovias em estudo, tomando como base a diferença entre velocidade operacional e velocidade de projeto. Nesta, os dados de diferentes rodovias são agrupados segundo a velocidade de projeto.

QUADRO 6 – Classificação das Curvas pela Velocidade Diretriz Segundo o Critério II

Velocidade Diretriz [km/h]	Número de Curvas		Classificação Segundo Critério II					
			Número de Curvas			Valores Percentuais		
	Total	Utilizadas	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 1	Caso 2	Caso 3
30	140	61	1	0	60	1,6%	0,0%	98,4%
40	91	61	0	0	61	0,0%	0,0%	100,0%
60	126	58	0	10	48	0,0%	17,2%	82,8%
70	28	23	1	22	0	4,3%	95,7%	0,0%
80	130	102	98	3	1	96,1%	2,9%	1,0%

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

5.1 Análise Segundo o Critério I

O Critério I estabelece a possibilidade de classificação de projetos viários segundo o critério da diferença entre a velocidade operacional de curvas sucessivas.

A análise resultante da observação dos dados do Quadro 3 indica que, com exceção dos valores obtidos para a velocidade de projeto de 30 km/h, a condição de fluidez dos projetos é satisfatória. Em todas as demais velocidades a classificação das curvas atingiu índices superiores a 90% de Caso 1 (bom projeto).

É importante salientar que a aplicação da classificação pelo Critério I, no presente trabalho, ficou restrita às curvas sucessivas que apresentavam, entre si, intertangentes superiores à intertangente mínima. Esta condição básica foi decorrente da impossibilidade, no estudo, de desenvolver modelos de aceleração e desaceleração entre curvas com intertangentes inferiores a mínima. De qualquer forma, a análise sobre as curvas consideradas válidas para a aplicação do modelo, resultou em uma classificação positiva das mesmas perante o Critério I.

5.2 Análise Segundo o Critério II

O Critério II permite a classificação de projetos viários segundo o critério da diferença entre a velocidade operacional e a velocidade de projeto. As informações resultantes da classificação por este critério permitem desenvolver uma análise sobre as estruturas de segurança viária, como superelevação, superlargura e distâncias de visibilidade.

O Quadro 6 apresenta a classificação das 305 curvas consideradas válidas segundo o Critério II. É possível perceber, por exemplo, que as rodovias com velocidade de projeto de 80 km/h apresentaram 96,1% das curvas enquadradas no Caso 1 (bom projeto). É possível, também, identificar um comportamento padrão de redução do nível de classificação na medida que ocorre a redução da velocidade de projeto.

A avaliação das rodovias pelo Critério II identificou sérios problemas de dimensionamento dos dispositivos de segurança associados à velocidade de projeto (superelevação, superlargura e distância de visibilidade).

6 CONCLUSÕES

A utilização do modelo de previsão da velocidade operacional em rodovias do Estado do Rio Grande do Sul permitiu a classificação das mesmas, quanto à sua consistência geométrica, segundo os critérios I e II. As principais conclusões obtidas deste processo foram:



6.1 Aprovação das Rodovias Segundo Classificação pelo Critério I

Conforme visto no Quadro 3, para velocidades de projeto superiores a 30 km/h, a consistência do projeto geométrico, segundo o critério da diferença entre velocidade operacional de curvas sucessivas, apresentou índices superiores a 90% na classificação das curvas no Caso 1 (bom projeto). Este índice comprova o respeito dos projetistas às recomendações de órgãos como o DNER (1999) e DAER (1991) quanto a critérios desejáveis para orientar a escolha dos raios de curvas sucessivas;

6.2 Reprovação Parcial das Rodovias Segundo Classificação pelo Critério II

A classificação pelo critério da diferença entre velocidade operacional e velocidade de projeto indicou sérios problemas de dimensionamento para as velocidades de projeto de 30, 40 e 60 km/h, problemas contornáveis para a velocidade de 70 km/h e situação favorável apenas nas rodovias com velocidade de projeto de 80 km/h. Quase a totalidade das curvas analisadas apresentaram condições de raio geométrico que “induz” o condutor a desenvolver velocidades superiores à velocidade de projeto.

A análise das rodovias pelo Critério II permite concluir que a elaboração de projetos geométricos com velocidades operacionais baixas e, conseqüente dimensionamento dos elementos geométricos a partir deste parâmetro, é fator de sério risco à segurança viária, visto que, ao tentar oferecer uma condição de maior fluidez na via (através de raios mais amplos), o projetista acaba alterando o padrão de utilização da mesma (aumento da velocidade operacional) sem redimensionar os demais elementos geométricos.

Por fim, conclui-se que é necessário desenvolver a consistência de um projeto geométrico não apenas balizado em limites mínimos, mas sim na inter-relação de todos seus dispositivos de segurança entre si e destes com a efetiva utilização da via pelo condutor e seu veículo.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- 1 Collins, K.M.; R.A. Krammes (1996) Preliminary Validation of a Speed-Profile Model for Design Consistency Evaluation. *Transportation Research Record*, 1523(11):11-21.
- 2 DAER (1991) Normas de Projetos Rodoviários. *Secretaria dos Transportes – Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem*.
- 3 DNER (1999) Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais. *Ministério dos Transportes – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico*.
- 4 FHWA (2000) Evaluation of Design Consistency Methods for Two-Lane Rural Highways, Executive Summary. *Federal Highway Administration*, FHWA-RD-99-173(25):1-25.
- 5 García, D. S. P (2002) Modelos de Regressão Linear nas Rodovias do Estado do Rio Grande do Sul - Segundo Características Planimétricas. *Revista Estradas*, Número 2, Abril 2002 (8)31-38.
- 6 Gilbreel, G.M.; S.M. Easa; Y. Hassan e I.A. El-Dimeery (1999) State of the Art of Highway Geometric Design Consistency. *Journal of Transportation Engineering*, 125(9):305-313.
- 7 Hassan, Y.; S.M. Easa e A.O. Abd El Halim (1997) Design Considerations for Combined Highway Alignments. *Journal of Transportation Engineering*, 123(9):60-68.
- 8 Kanellaidis, G.; J. Golias e S. Efstathiadis (1990) Drivers' Speed Behaviour on Rural Road Curves. *Traffic Engineering + Control*, Jul/Aug(2):414-415.
- 9 Kanellaidis, G. (1996) Human Factors in Highway Geometric Design. *Journal of Transportation Engineering*, 122(8):59-66.
- 10 Lamm, R.; E.M. Choueiri e T. Mailaender (1990) Comparison of Operating Speed of Dry and Wet Pavement of Two Lane Rural Highways. *Transportation Research Record*, 1280(8):199-207.
- 11 Lamm, R.; A.K. Guenther e E.M. Choueiri (1995) Safety Module for Highway Geometric Design. *Transportation Research Record*, 1512(9):7-15.
- 12 Vieira, H. (1999) Avaliação de Medidas de Contenção de Acidentes: Uma Abordagem Multidisciplinar. *Tese de Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC*, (23):78-100.