

## **Correlação entre as características físicas das vias rurais e o número de multas aplicadas.**

Tiago Lourenço de Lima Torquato<sup>1</sup>; Ana Paula Camargo Larocca<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos – Departamento de Engenharia de Transportes – Avenida Trabalhador São-carlense, nº 400, Parque Arnold Schmidt – CEP: 13566-590 – São Carlos/SP – Fone: (16) 3373-9601 - <http://www.stt.eesc.usp.br/> - [tiagotorquato@usp.br](mailto:tiagotorquato@usp.br);

<sup>2</sup>Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos – Departamento de Engenharia de Transportes – Avenida Trabalhador São-carlense, nº 400, Parque Arnold Schmidt – CEP: 13566-590 – São Carlos/SP – Fone: (16) 3373-9601 - <http://www.stt.eesc.usp.br/> - [larocca.ana@usp.br](mailto:larocca.ana@usp.br).

### **RESENHA**

Este trabalho teve como objetivo avaliar como as qualidades das vias rurais têm correlação com as multas aplicadas nas mesmas. O estudo se baseou em dois bancos de dados de 2012 sobre rodovias federais brasileiras. Conclui-se que as vias com melhores condições tiveram maior número de penalizações.

### **PALAVRAS-CHAVES**

Correlação, Multas, Vias rurais.

### **INTRODUÇÃO**

Em 2010 estimou-se que morreram 1,2 milhões de pessoas no mundo em decorrência dos acidentes de trânsito. O Brasil representou 3,58% deste total, com 43.869 fatalidades registradas no período. Esse dado classifica-o como o quarto país mais calamitoso entre os 181 estudados (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2013). Esses números não têm melhorado, no ano de 2013 foram pagas 54.767 indenizações por morte no país (BOLETIM ESTATÍSTICO SEGURADORA LÍDER).

A fatalidade está diretamente relacionada com a diferença entre as energias cinéticas dos veículos antes e depois dos acidentes. No cálculo dessa energia, a velocidade entra com seu valor elevado ao quadrado, ou seja, quanto mais rápido, maior a energia cinética inicial e maior o risco dos acidentes resultarem, por exemplo, em mortes (NATIONAL ASSOCIATION OF EMERGENCY MEDICAL TECHNICIANS, 1997).

O Código de Trânsito Brasileiro prevê que a segurança do trânsito é um direito de todos, e os órgãos e entidades do Sistema Nacional de Trânsito devem tomar medidas para garantir esse direito (BRASIL, 1997).

Para mitigar a gravidade dos acidentes são previstas nessa lei penalidades, como: multas, sanções e processos criminais. O método adotado para reduzir a fatalidade dos acidentes, visa inibir escolhas inadequadas dos motoristas. Quanto maior a punição, maior a eficácia desse (BOTTESINI, 2010).

O emprego da fiscalização eletrônica é um método eficiente para diminuir as velocidades adotadas e países que adotaram esses sistemas tiveram reduções de 30 a 90% no número de acidentes (LOPES, 2007).

Os estudos relacionados ao tema, entretanto, indicam como etapa anterior a aplicação de qualquer tipo de penalidade, os estudos sobre a existência de características das vias que podem propiciar uma condução mais segura pelos motoristas, como por exemplo, uma sinalização adequada. Por outro lado, outras características físicas da pista, como a geometria e a pavimentação, podem fomentar o emprego de maiores velocidades pelos condutores.

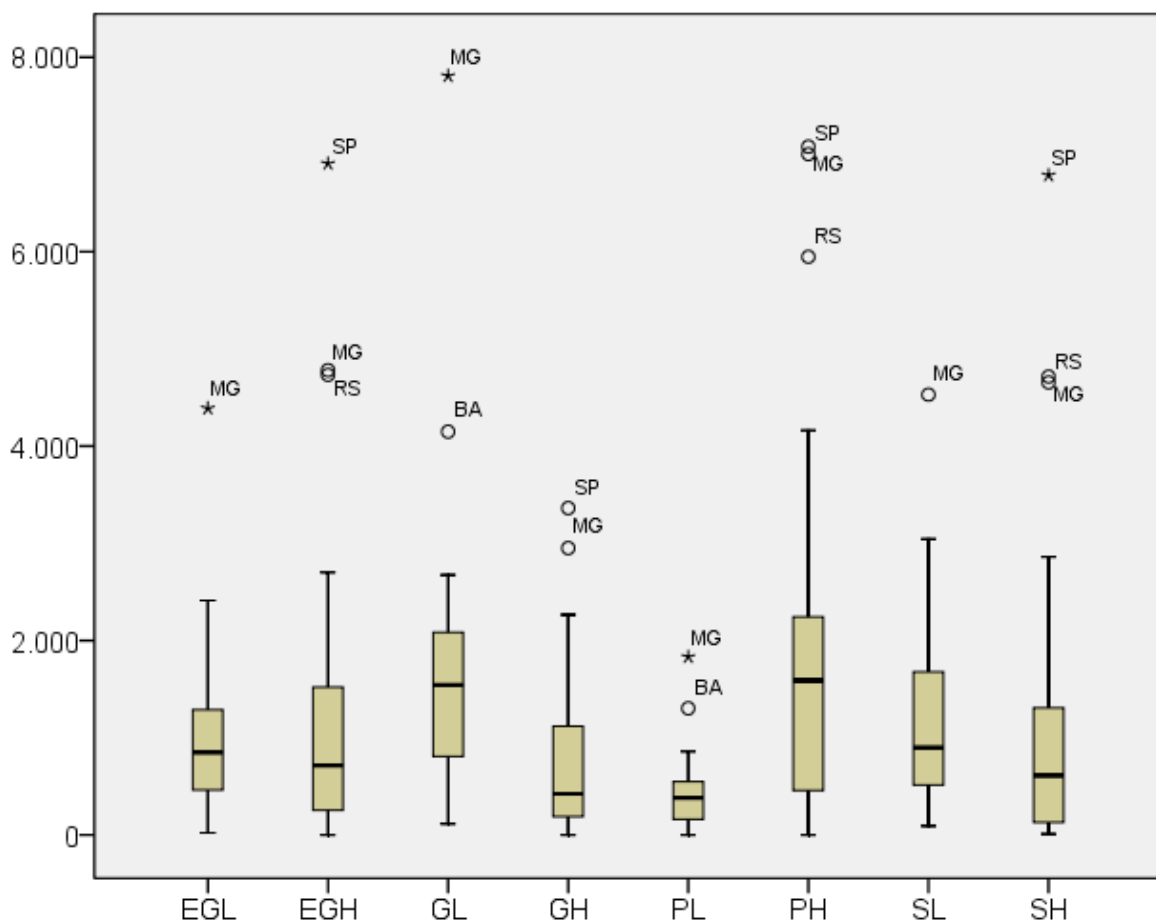
O objetivo deste estudo é avaliar se as características das vias rurais têm correlação com o número de multas aplicadas na mesma. Para avaliar essa hipótese, análises estatísticas foram realizadas com o intuito de ratificar ou refutar a mesma.

Os bancos estudados referem-se aos dados sobre as rodovias federais para o ano de 2012, registrados pelo CNT, sobre a qualidade das vias (BOLETIM ESTATÍSTICO CNT, 2013), e pelo Departamento de Polícia Rodoviária Federal, sobre as multas (SISTEMA MULTA, 2014).

## DIAGNÓSTICO, PROPOSIÇÕES E RESULTADOS

Os dados utilizados foram extraídos dos resultados da análise visual, feita por profissionais de engenharia, sobre a qualidade dos quilômetros percorridos em rodovias federais, pela CNT. A qualidade foi avaliada em função do estado geral (EG), da geometria das vias (G), da pavimentação (P) e da sinalização (S). Atribuíram-se, então, notas de acordo a escala *Likert*, de 1 a 5, sendo: 1 – Trecho Péssimo, 2 – Trecho Ruim, 3 – Trecho Regular, 4 – Trecho Bom e 5 – Trecho Ótimo. Para as análises, as variáveis foram divididas em dois grupos de qualidades, as mais altas (H), Ótimo e Bom, e as mais baixas (L), Péssimo e Ruim. A Figura 01 apresenta um diagrama de caixas das variáveis.

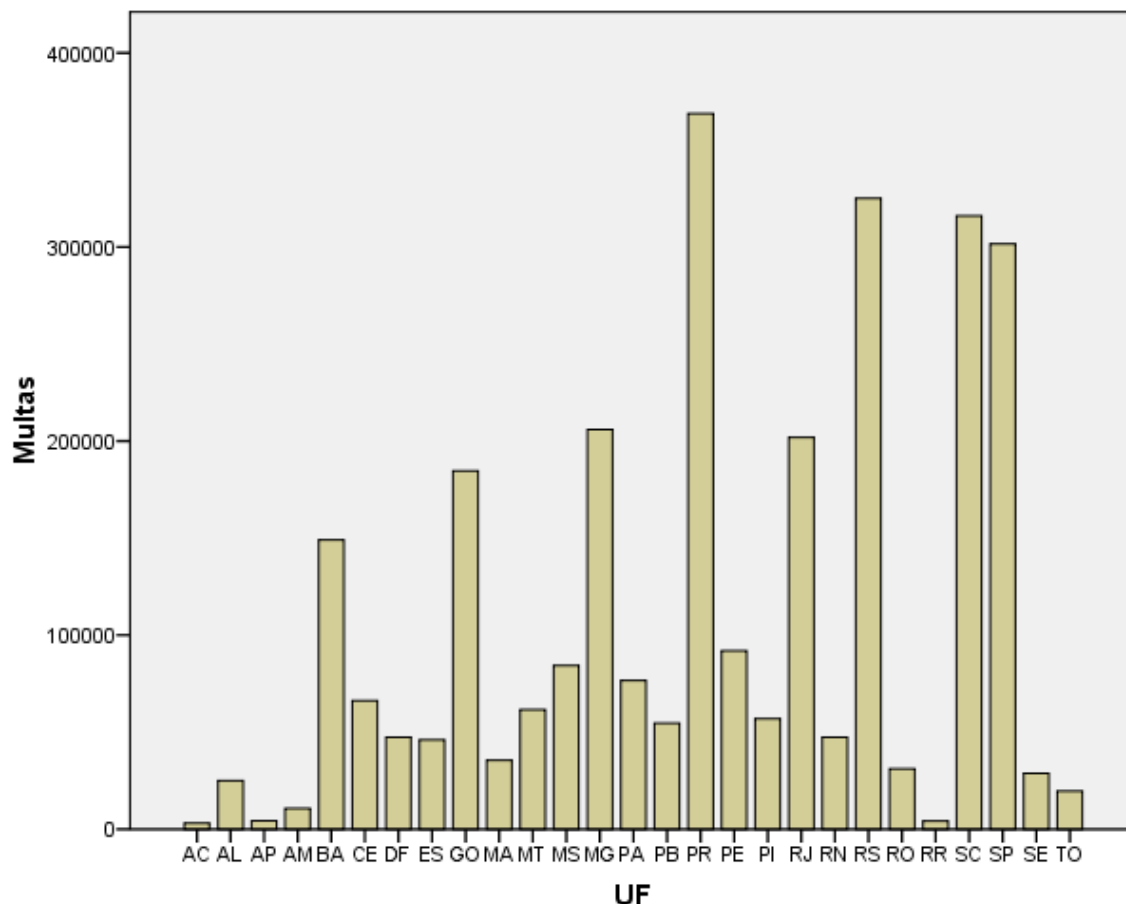
A primeira caixa da esquerda, traz os dados sobre a variável “EGL”, a qual traz as quilometragens de rodovias federais dos estados que tem estado geral péssimo ou ruim. Observa-se dessa que a média está próxima de 1.000 quilômetros por estado. O primeiro e terceiro quartil ficaram próximos da média, o que indica que não houve muita variância nos trechos, o estado que aparece como *outlier* nesse caso foi Minas Gerais, com mais de 4.000 quilômetros de vias com estado geral inferior.



**Figura 01** – Diagrama de caixas das variáveis explicativas e seus respectivos quilômetros

Do gráfico observa-se que o estado de Minas Gerais é um *outlier* em todas as variáveis, tanto nas maiores qualidades quanto nas menores, este fato foi gerado em função da grande extensão de rodovias federais que o estado tem, 14.377 quilômetros. Somente na pavimentação existiu média maior de quilômetros com qualidades maiores do que menores.

O outro banco de dados utilizado neste trabalho vem dos registros de penalizações aplicadas pelo Departamento de Polícia Rodoviária Federal no ano de 2012. Esses foram extraídos do Sistema Multa (2014), disponibilizados no portal *dados.gov.br*. A Figura 02 apresenta os mesmos em função do estado da ocorrência.



**Figura 02** – Número de multas aplicadas em rodovias federais no ano de 2012

Para este estudo, as características da via foram adotadas como variáveis explicativas e o número de multas como variável dependente. Para avaliar a influência das qualidades no número de multas utilizaram-se três técnicas da estatística: correlação, análise fatorial e regressão múltipla.

Para o primeiro método montou-se uma matriz de contingência das variáveis, apresentada pela Tabela 01. A primeira coluna apresenta a variável explicativa, a segunda traz o coeficiente de correlação entre essa variável e a dependente, a terceira mostra a significância da correlação. Como exemplo, para o primeiro caso, a variável “EGL”, que representa os quilômetros cujo estado geral da via é bom ou ótimo, tem correlação igual a 0,280 com o número de multas e significância de 0,079, ou seja, tem fraca correlação e significância muito alta, inaceitável para um limite de 5%.

**Tabela 01** – Matriz de contingência entre as variáveis explicativas e a dependente

Variável Explicativa	Correlação com a Variável Dependente	Significância
EGL	0,280	0,079
EGH	<b>0,624</b>	<b>0,000</b>
GL	0,405	0,018
GH	<b>0,699</b>	<b>0,000</b>
PL	0,306	0,061
PH	<b>0,758</b>	<b>0,000</b>
SL	0,285	0,075
SH	<b>0,777</b>	<b>0,000</b>

Após a análise dessa matriz, observa-se que as variáveis relacionadas com as melhores qualidades da via, terminadas em H, têm maior correlação com o número de multas. A significância dessas correlações é baixa, próxima de zero, o que demonstra qualidade nas relações.

Como era de se esperar, os trechos que tiveram melhor geometria e pavimento tiveram grande correlação. Já a sinalização melhor deveria surtir efeito contrário no número de multas, era de se esperar que sinalizações piores tivessem maior efeito no número de multas aplicadas.

Outro método utilizado foi a análise fatorial dos dados. Essa técnica é utilizada quando se deseja diminuir o número de variáveis explicativas de um fato, para se ter uma melhor compreensão dos fenômenos. Um dos produtos da análise fatorial é descobrir a influência da variável dependente em um grupo de variáveis explicativas (HAIR et al., 2006).

Fez-se uma análise fatorial, cuja parada na determinação do número de componentes se baseava nos autovalores menores que um, com rotação de componentes VARIMAX. Os dados dessa análise encontram-se na Tabela 02. As duas componentes resultantes representavam 92,2% da variância explicada.

**Tabela 02** – Resultados da análise fatorial com a variável dependente

Variáveis	Componentes Matriz Original		Componentes Matriz Rotacionada		Comunalidades
	1	2	1	2	
	EGL	0,855	-0,506	<b>0,972</b>	
EGH	0,957	0,039	<b>0,679</b>	<b>0,675</b>	0,918
GL	0,915	-0,354	<b>0,914</b>	0,358	0,963
GH	0,878	0,371	0,396	<b>0,867</b>	0,909
PL	0,840	-0,421	<b>0,904</b>	0,258	0,883
PH	0,924	0,353	0,442	<b>0,885</b>	0,978
SL	0,834	-0,492	<b>0,947</b>	0,201	0,937
SH	0,797	0,558	0,210	<b>0,950</b>	0,946
Multas	0,652	0,593	0,080	<b>0,878</b>	0,777

Dessa análise observa-se que os componentes da matriz rotacionada dividem-se claramente em um fator com as melhores qualidades (fator 1) e outro com as menores (fator 2), somente a variável que continha os estados gerais melhores das vias (EGH) que teve suas cargas divididas nos dois (fator 1 e fator 2).

A análise mostra ainda que a variável dependente, multas, tem maior correlação com as variáveis das melhores condições das vias (fator 2), pois sua carga foi quase inteiramente para a segunda componente e pouco para a primeira. Esta análise teve resultado muito próximo da anterior, mais uma vez as melhores qualidades de sinalização tiveram grande relação com o número de multas, maior que a análise anterior.

A terceira análise feita foi a regressão múltipla, primeiramente fez-se a regressão com os fatores resultantes da análise fatorial e depois com as variáveis explicativas originais. Os dados da análise fatorial para a primeira regressão são apresentados na Tabela 03. Os dois componentes dessa análise explicaram 95,0% da variância da amostra.

**Tabela 03** – Resultados da análise fatorial sem a variável dependente

Variáveis	Componentes Matriz Original		Componentes Matriz Rotacionada		Comunalidades
	1	2	1	2	
	EGL	0,888	-0,447	<b>0,962</b>	
EGH	0,953	0,110	<b>0,643</b>	<b>0,711</b>	0,919
GL	0,937	-0,294	<b>0,898</b>	0,398	0,965
GH	0,855	0,463	0,337	<b>0,913</b>	0,946
PL	0,869	-0,358	<b>0,889</b>	0,305	0,882
PH	0,898	0,429	0,391	<b>0,915</b>	0,990
SL	0,865	-0,439	<b>0,940</b>	0,241	0,942
SH	0,758	0,629	0,154	<b>0,973</b>	0,970

Os componentes mostram, mais uma vez, a clara divisão entre as variáveis com piores qualidades no fator 1 e maiores qualidades no fator 2. Desta vez, sem a variável explicativa, a carga da variável EGH em maior parte para o fator 2, seguindo o padrão das maiores qualidades.

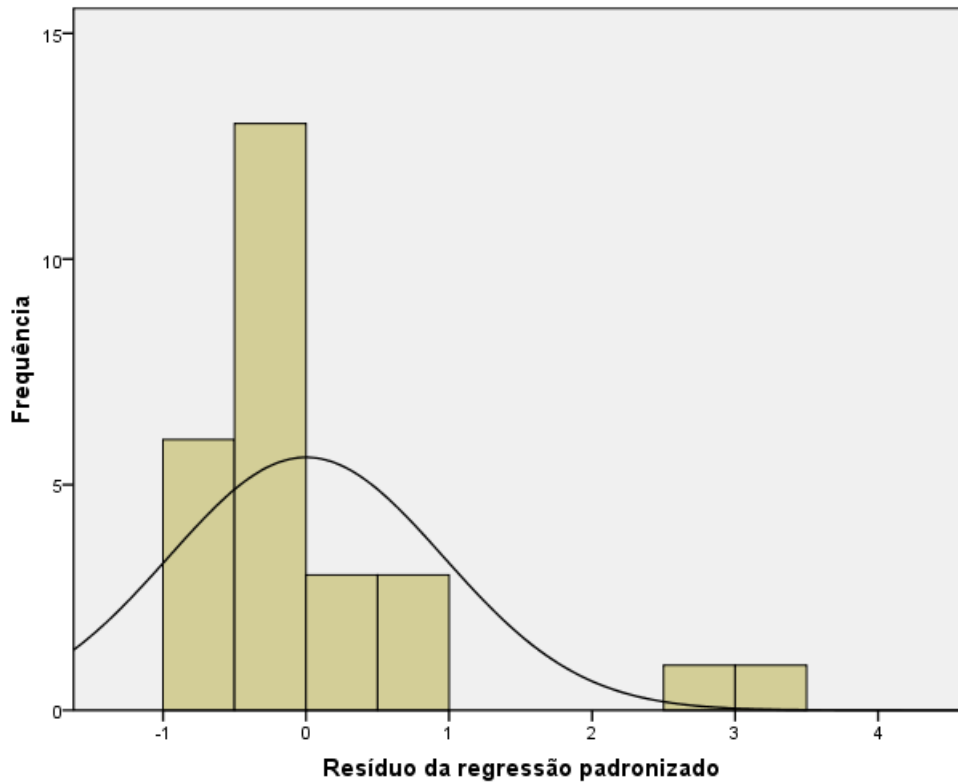
As altas comunalidades mostram que nenhuma variável precisa ser retirada da análise. Então fez-se a regressão com os dois fatores gerados como variáveis explicativas e a variável “Multas” como dependente.

O modelo resultante teve o coeficiente de correlação igual a 0,777, de determinação igual a 0,604, de determinação ajustado igual a 0,571, teste F igual a 18,276 e significância igual a 0,000. A Tabela 04 apresenta os resultados do modelo.

**Tabela 04** - Dados do modelo com as componentes da análise fatorial

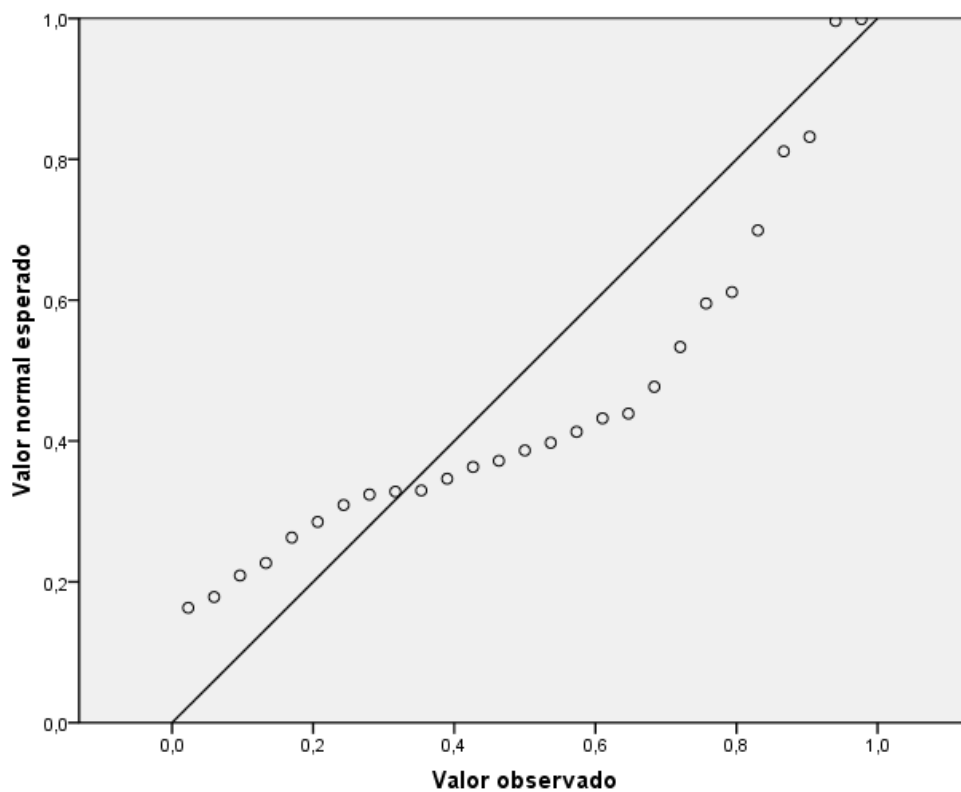
Variável Explicativa	Coeficientes		t	Significância
	Originais	Padronizados		
Constante	105.508,630	-	7,564	0,000
Fator 1	10.756,297	0,097	0,757	0,457
Fator 2	85.262,961	0,771	5,998	0,000

Os coeficientes do modelo mostram que o fator 2 tem maior representatividade na previsão do número de multas aplicadas, o teste *Student t* também ratifica esta hipótese. O fator 1 teve coeficientes menores e grande valor da significância, o que mostra sua menor contribuição para o modelo. Os resíduos dessa regressão foram analisados. A Figura 03 apresenta a distribuição dos termos de erro.



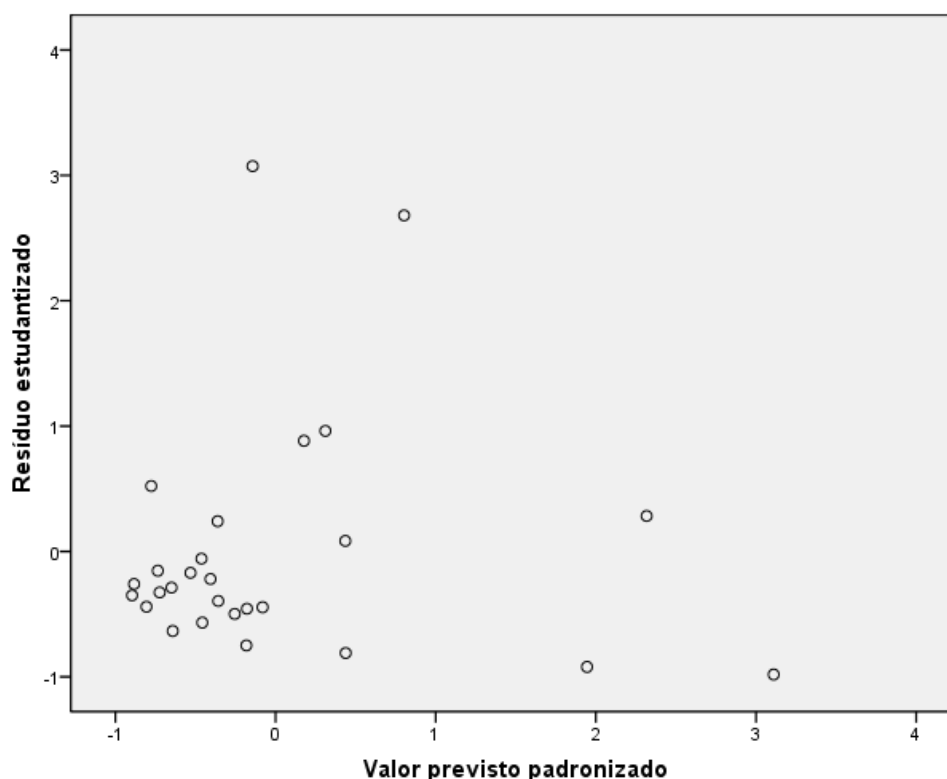
**Figura 03** –Distribuição dos termos de erro

O gráfico da distribuição dos termos de erro mostrou que os picos se situam próximos da média da distribuição normal e os extremos têm frequências menores, o que não fere a distribuição. A Figura 04 traz a distribuição normal dos resíduos padronizados.



**Figura 04** – Distribuição normal dos resíduos padronizados

Da análise do gráfico observa-se que a distribuição normal dos resíduos padronizados mostrou um pequeno afastamento da reta de 45°, porém o distanciamento não é suficientemente grande para ferir a suposição de normalidade. A Figura 05 mostra os resultados do teste da homocedasticidade.



**Figura 05** –Teste da Homocedasticidade

Já a análise da homocedasticidade apresenta um padrão ligeiramente próximo do cônico, mas não é evidente e não parece ter uma tendência, se excluídos os valores mais elevados. Portanto, os resíduos não parecem comprometer o modelo.

Fez-se então uma regressão com as variáveis explicativas originais para a previsão da variável explicativa “Multas”. Esse modelo teve coeficiente de correlação igual a 0,825, de determinação igual a 0,680, de determinação ajustado igual a 0,538, teste F igual a 4,785 e significância igual a 0,003. A Tabela 05 apresenta os coeficientes do modelo.

**Tabela 05** - Coeficientes do modelo com as variáveis explicativas originais

Variável Explicativa	Coeficientes		t	Significância
	Originais	Padronizados		
Constante	43.064,782	-	1,819	<b>0,086</b>
EGL	-67,672	-0,552	-0,331	<b>0,745</b>
EGH	-52,058	-0,987	-0,765	<b>0,454</b>
GL	62,348	0,866	0,539	<b>0,596</b>
GH	-104,867	-0,836	-1,244	<b>0,230</b>
PL	-153,892	-0,561	-0,999	<b>0,331</b>
PH	80,700	1,473	1,066	<b>0,301</b>
SL	64,051	0,614	0,723	<b>0,479</b>
SH	47,511	0,724	0,787	<b>0,442</b>

Observa-se que o modelo teve o valor da significância muito alta em todas as variáveis e um valor muito baixo do teste *Student t*, ou seja, não é um modelo satisfatório. Assim sendo, esta análise fica comprometida para fazer análises.

## CONCLUSÕES

De acordo com o objetivo inicial deste trabalho que era avaliar a influência da qualidade das vias no número de multas aplicadas nessa, conclui-se que, para as vias federais estudadas, as variáveis que expressam as maiores qualidades das rodovias apresentam maior correlação com o número de multas aplicadas. Ou seja, quanto melhor o estado geral, a pavimentação, geometria e sinalização da estrada, maior o número de infrações registradas.

Este estudo teve como base os dados de rodovias federais brasileiras para o ano de 2012. Com um banco de dados maior, as conclusões teriam maior potencialidade, porém este estudo já apresenta indícios que em vias melhores, os motoristas têm sensação maior de segurança e acabam por desrespeitar menos a lei e, portanto, podem se envolver em acidentes com maiores danos.

O gargalo encontrado na elaboração deste trabalho encontra-se no acesso aos dados. Os bancos de dados existentes, e disponíveis, têm pouca regularidade, o que dificulta o monitoramento dos mesmos e a comparação. Fomenta-se o cadastro de bancos com alimentação periódica e maior transparência dos mesmos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOLETIM ESTATÍSTICO CNT. Brasília: CNT, Setembro de 2013. Anual.

BOLETIM ESTATÍSTICO SEGURADORA LÍDER. Boletim Estatístico: *Ano 03, Volume 04, 2014*. Disponível em: <[www.seguradoralider.com.br/SitePages/boletim-estatistico.aspx](http://www.seguradoralider.com.br/SitePages/boletim-estatistico.aspx)> Acesso em: ago. 2014. Trimestral.

BOTTESINI, G. **Influência de medidas de segurança de trânsito no comportamento dos motoristas**. Porto Alegre, RS: UFRGS, 2010. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010.

BRASIL. **Código de Trânsito Brasileiro**. Lei Nº 9.503, de 23 de setembro de 1997. Brasília, DF. 1997.

HAIR, J. F. et al. **Multivariate Data Analysis**. Upper Saddle River, NJ: Pearson/Prentice Hall, 2006.

LOPES, M. M. B.; PORTO JR., W. Fiscalização Eletrônica da Velocidade de Veículos No Trânsito: Caso De Niterói. In: Congresso Latino-americano Transporte Público e Urbano, 14., 2007, Rio de Janeiro. **Anais...** – Rio de Janeiro/RJ: 2007.

NATIONAL ASSOCIATION OF EMERGENCY MEDICAL TECHNICIANS. Kinematics of Trauma. In: \_\_\_\_\_. **Prehospital Trauma Life Support**. 7. ed. Burlington, EUA: Jones & Bartlett Learning, 2010. cap 4, p. 43-85.

SISTEMA MULTA. Autuações de Trânsito em Rodovias Federais. Disponível em: <<http://dados.gov.br/dataset/multas-rodovias-federais>>. Acesso em: ago. 2014.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Global status report on road safety 2013**. Genebra, CH, 2013. Disponível em: <[www.who.int/violence\\_injury\\_prevention/road\\_safety\\_status/](http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/)>. Acesso em: ago. 2014.