

MODELAGEM DOS ACIDENTES ENVOLVENDO MOTOCICLISTAS EM PORTO ALEGRE

Raquel da Fonseca Holz
André Korzenowski
Christine Tessele Nodari
Carla Schwengber ten Caten
Luis Antonio Lindau

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – PPGE
Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS

RESUMO

Este estudo apresenta o desenvolvimento de um modelo causal de acidentes de trânsito com motociclistas a partir de dados de interseções de avenidas urbanas da cidade de Porto Alegre (RS). Foram utilizadas duas técnicas de análise: Regressão Logística, para identificação das variáveis influentes; e Regressão Linear Múltipla, para caracterização do efeito das variáveis significativas na taxa de acidentalidade. Os resultados indicam que: (i) os riscos de ocorrência de acidentes com motociclistas aumentam com o volume de veículos nas interseções; (ii) a presença de semáforos aumenta significativamente o risco dos motociclistas; e (iii) a condição de tempo nublado e chuvoso contribui para a redução da taxa de acidentes de motociclistas.

ABSTRACT

This study presents the development of a causal model of crashes with motorcyclists obtained with data from urban intersections of Porto Alegre (RS). Two analysis techniques were used: logistic regression, for identifying significant variables; and multiple linear regression, to characterize the effect of significant variables in crash rates. The results indicate that: (i) the risks of accidents with motorcyclists increase with the volume of vehicles at intersections, (ii) the presence of traffic lights significantly increases the risk for motorcyclists, and (iii) cloudy and rainy conditions contribute to reducing accident rates of motorcyclists.

1. INTRODUÇÃO

A cada ano, cerca de 1,3 milhões de pessoas morrem no mundo em decorrência de acidentes de trânsito (mais de 3000 mortes por dia), sendo que mais da metade das vítimas nem em um automóvel se encontra. Entre as três causas principais de mortes de pessoas entre 5 e 44 anos figuram os traumatismos causados pelo trânsito. Segundo as previsões, se não forem adotadas medidas imediatas e eficazes, os acidentes de trânsito se converterão na quinta causa mundial de mortes, totalizando aproximadamente 2,4 milhões de mortes anuais (WHO, 2010).

Em março de 2010, a Assembleia Geral das Organizações Nacionais Unidas - ONU proclamou o período 2011-2020 como a “Década de Ações para a Segurança Viária”. O objetivo é o de estabilizar e, em seguida, reduzir a projeção do total de mortos em acidentes de trânsito em todo o mundo através da promoção de ações em nível nacional, regional e global. A resolução convida os Estados-Membros para realizar ações em conformidade com cinco pilares: (i) gestão da segurança viária, (ii) infraestrutura viária (vias de trânsito e mobilidade mais seguras), (iii) segurança veicular (veículos mais seguros), (iv) educação (usuários de vias de trânsito mais seguros), e (v) assistência às vítimas (WHO, 2010).

Um dos grandes responsáveis para o aumento das estatísticas de acidentalidade e mortalidade no trânsito, principalmente em países emergentes, é a motocicleta. Em muitas cidades da Ásia e do Sul da Europa, e em um número crescente de municípios das Américas, elas já representam uma importante parcela do tráfego motorizado (Hsu *et al.*, 2003; Palouzzi, 2005; Savolainen e Mannering, 2007; Musso *et al.*, 2007, 2009; MIC, 2009; WBCSD, 2009). No caso brasileiro, é crescente a participação relativa das motocicletas no contexto do tráfego

urbano motorizado.

Não se pode negar que a motocicleta apresenta uma solução bastante atraente para a mobilidade urbana, mas é preciso que haja uma conscientização dos riscos gerados pela sua utilização. Entre 2000 e 2005, enquanto a frota de motocicletas cresceu 67% no país, o número de fatalidades com motociclistas aumentou 95%, passando de 2465 para 5935 (Holz; Lindau e Nodari, 2010). Já ao longo dos últimos 5 anos, os números foram ainda mais impressionantes; enquanto a frota total de veículos aumentou 54,3%, a quantidade de motocicletas circulando no país cresceu 104,9% e as fatalidades com usuários de motos cresceram 80%. A tabela 1 sumariza esses dados.

Tabela 1: Evolução da frota e acidentes com motociclistas no Brasil

Ano	Frota total (milhões unidades)			Acidentes com vítimas fatais envolvendo motocicleta (milhares unidade)
	Veículos	Automóveis	Motocicletas e motonetas	
2005	41,1	32,9	8,2	5,9
2010	63,4 (54,3%)	46,6 (47,7%)	16,8 (104,9%)	10,7 (81,4%)

Fonte: adaptado de dados da Abraciclo (2010) e DENATRAN (2010)

Este artigo tem por objetivo identificar fatores que contribuem para a ocorrência de acidentes envolvendo motocicletas em avenidas urbanas. Com essa finalidade foram estimados modelos causais de acidentes baseados em duas técnicas de regressão. O artigo está estruturado em 5 seções. Na presente seção é introduzido o tema do artigo. Na seção 2 apresenta-se uma revisão sobre conceitos e práticas ligadas a modelagem da ocorrência de acidentes. A seção 3 descreve o método de trabalho adotado, relata o contexto de desenvolvimento do estudo, e ainda, discute as decisões tomadas durante a sua realização. Na seção 4 desenvolve-se a análise dos dados e apresenta-se os resultados. A seção 5 traz as conclusões do trabalho.

2. REVISÃO

A redução dos acidentes de trânsito pode ser considerada de duas maneiras: (i) em um nível macro, enfocando ações extensivas e de grande porte, como os programas de educação e fiscalização, e (ii) em um nível micro, relacionado a ações mais específicas, em situações localizadas e até pontuais (DENATRAN, 1987; Mesquita, 2003). A abordagem deste trabalho situa-se no nível micro, voltada para as análises específicas de interseções de sete avenidas da cidade de Porto Alegre.

Acidentes são eventos raros, multifatoriais e que se distribuem aleatoriamente ao longo do tempo e do espaço. Para que ocorra um acidente, é preciso que haja falha na interação de um ou mais elementos do sistema: (i) veículo; (ii) via; e (iii) usuário (Tamayo e Sinay, 2005; Cardoso, 2006). Estimativas de ocorrências de acidentes de trânsito são geralmente feitas através de modelos de previsão de acidentes. Estes modelos normalmente objetivam a determinação de um valor esperado de acidentes (ou taxa de acidentes), com determinadas características, em uma unidade de tempo, para um local analisado (Nodari, 2003; Tamayo e Sinay, 2005; Cardoso, 2006).

Segue uma descrição de alguns trabalhos que utilizaram modelos de previsão de acidentes no contexto do desenvolvimento do presente estudo. Brüde e Larson (1993) desenvolveram um

modelo para previsão de acidentes em interseções, com envolvimento de pedestres e ciclistas. Utilizaram dados de interseções de 30 municípios da Suécia, todas elas pertencentes ao sistema viário principal dessas cidades. Elas variavam, quanto ao tipo, em interseções prioritárias, semaforizadas e rotatórias. Os modelos de previsão desenvolvidos determinaram o número esperado de acidentes com pedestres ou ciclistas, por milhões de passagens.

Greibe (2003) descreve algumas das principais conclusões de dois estudos que utilizaram modelos de previsão de acidentes, um para cruzamentos e outro para segmentos viários, ambos no âmbito urbano. O principal objetivo dos estudos foi o de estabelecer modelos, o mais simples possíveis, para prever o número esperado de acidentes. Os modelos foram utilizados para determinar os fatores que afetam a segurança viária, identificar *black spots* e analisar as ações de segurança da rede viária realizadas pelas autoridades locais. Os modelos foram baseados em dados de 1036 cruzamentos e 142 km de vias urbanas. O modelo linear generalizado relacionou a ocorrência de acidentes às variáveis explicativas. As variáveis explicativas que descrevem o projeto viário e a geometria revelaram-se como as mais importantes para os modelos de previsão de acidentes para segmentos viários, e como menos importantes para os cruzamentos. A variável mais significativa para os modelos foi o fluxo de tráfego de veículos.

Cardoso e Goldner (2007) desenvolveram e aplicaram modelos para previsão de acidentes em vias arteriais urbanas da cidade de Porto Alegre. O trabalho teve como objetivo gerar modelos de previsão de acidentes a partir de variáveis relacionadas à exposição e fatores de risco. Foram determinados modelos para dois tipos de acidentes de trânsito: colisão e atropelamento. Foi utilizada a técnica de modelagem linear generalizada com distribuição de probabilidade de Poisson para relacionar a ocorrência de acidentes às variáveis explicativas. Os modelos elaborados explicaram mais de 60% da variabilidade dos dados, comprovando a relação entre os acidentes de trânsito e as variáveis estudadas.

Mânica (2007) apresenta um modelo de previsão de acidentes em rodovias do Estado do Rio Grande do Sul envolvendo motocicletas utilizando o método da análise de regressão. Teve como objetivo gerar uma ferramenta que possibilitasse prever o número de acidentes a partir da combinação do nível de exposição veicular associada com os prováveis fatores de risco do ambiente. Os resultados indicaram que a frota de motocicletas do Estado apresenta um risco de envolvimento em acidentes duas vezes maior que o incorrido pela frota dos Estados Unidos e três vezes maior que aquele apresentado pela frota do Reino Unido.

Muitos trabalhos objetivam estimar o valor esperado de uma taxa de acidentes em função de variáveis que possuem influência significativa sobre os acidentes. Diferentemente de outros trabalhos onde os fatores de risco são propostos a partir dos modelos de previsão, neste utilizou-se um procedimento para identificar estes fatores. Entende-se, como fatores de risco, as variáveis estatisticamente significativas para a ocorrência dos acidentes envolvendo motociclistas nas interseções do estudo.

3. MÉTODO DE TRABALHO

Nessa seção são descritas as etapas do estudo e os procedimentos metodológicos adotados no seu desenvolvimento. É também apresentado o contexto de desenvolvimento do estudo e suas delimitações. Tanto as etapas quanto os procedimentos metodológicos adotados estão

baseados nos estudos revisados, constantes da literatura nacional e internacional.

3.1. Contexto do estudo

O estudo foi desenvolvido com base nos dados de acidentes ocorridos em todas as interseções localizadas ao longo de 7 das principais avenidas de Porto Alegre. São elas: (i) Av. Assis Brasil com 88 interseções, (ii) Av. Baltazar de Oliveira Garcia com 51 interseções, (iii) Av. Farrapos com 47 interseções, (iv) Av. João Pessoa com 23 interseções, (v) Av. Osvaldo Aranha com 14 interseções, (vi) Av. Protásio Alves com 121 interseções e, (vii) Av. Sertório com 61 interseções.

Os dados de acidentes e contagens utilizados foram obtidos do Sistema de Cadastro de Acidentes de Trânsito, mantido pela Empresa Pública de Transporte e Circulação - EPTC. A figura 1 apresenta um mapa esquemático com as avenidas estudadas.

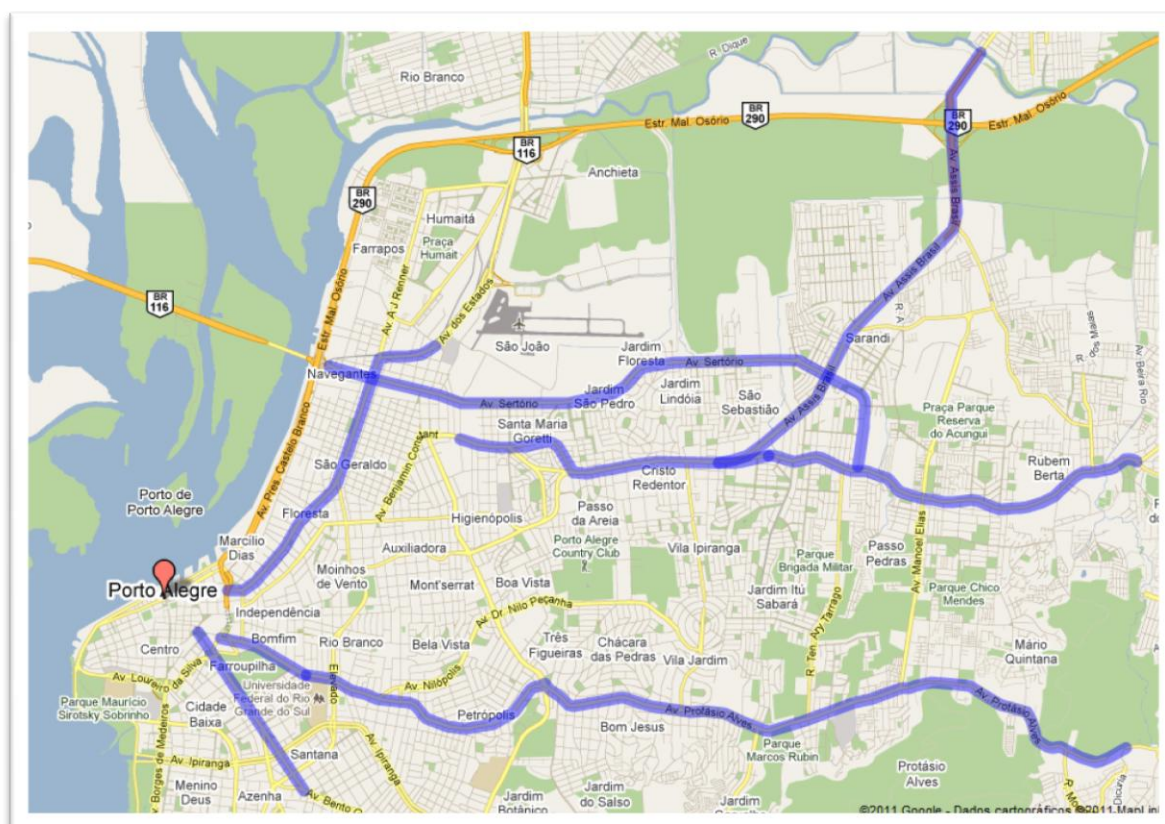


Figura 1: Localização das avenidas analisadas

3.2. Procedimentos metodológicos e etapas do estudo

Este trabalho iniciou com uma revisão teórica sobre modelos de previsão de acidentes. O levantamento subsidiou a definição dos dados a serem coletados e dos procedimentos de modelagem adotados. O estudo foi desenvolvido em 4 macro etapas: (i) definição da técnica de modelagem e do contexto de estudo; (ii) definição, obtenção e organização dos dados, (iii) estimativa dos modelos e (iv) análise dos resultados da modelagem.

A definição da técnica tomou em conta o estado da arte em modelagem e os dados disponíveis. A modelagem contemplou o ajuste de um modelo de regressão logística, tendo como variável dependente a ocorrência de acidentes (variável dicotômica) em interseções.

Neste modelo foram incluídas todas as interseções, com ou sem acidentes, com o objetivo de identificar, dentre as variáveis físicas e operacionais disponíveis, quais as que se mostravam significativas para a ocorrência de acidentes.

A seguir ajustou-se um modelo de regressão linear múltipla tendo como variáveis explicativas apenas as que se revelaram significativas na regressão logística, e, como variável dependente, a taxa de acidentes envolvendo motociclistas. Nesta etapa da modelagem foram consideradas somente as interseções que registraram acidentes envolvendo motocicletas nos anos 2007, 2008 e 2009 e foram acrescentadas variáveis explicativas descritivas das condições ambientais no momento da ocorrência dos acidentes, e, portanto, não disponíveis durante a análise inicial.

3.3 Delimitações do estudo

Várias decisões foram tomadas para a formulação do modelo causal de acidentes. As mais importantes e relevantes são apresentadas a seguir.

3.3.1. Definição do período de estudo

Como o acidente é um evento aperiódico, é comum usar períodos de tempos suficientemente longos para minimizar o efeito do acaso. Porém, mudanças significativas em elementos que influenciam a ocorrência dos acidentes devem ser evitadas dentro do período de análise. Nodari (2003) recomenda a utilização de dados de acidentes com períodos não inferiores a 1 ano e não superiores a 3 anos. No presente trabalho foi definido o período de 3 anos e utilizados dados de acidentes ocorridos entre os anos de 2007 a 2009.

3.3.2. Locais de análise

A partir de análises preliminares no banco de dados identificou-se uma concentração maior na zona central e norte da cidade, ficando a zona sul com a menor concentração de acidentes. Nenhuma das avenidas selecionadas para o estudo encontra-se na zona sul da cidade. Ainda, na escolha das avenidas buscou-se um conjunto de artérias com características viárias semelhantes para possibilitar comparações. As sete avenidas selecionadas contém faixas centrais caracterizadas como corredores segregados para ônibus.

3.3.3 Mapeamento dos acidentes

No estudo foram analisados somente os acidentes ocorridos em interseções. Esta escolha resultou da realização de um Grupo Focado com usuários de motocicleta em Porto Alegre. Dele participaram tanto aqueles que utilizam a motocicleta como forma de trabalho (*motoboys*), quanto os que utilizam este veículo como meio de transporte. Os participantes reportaram que os acidentes envolvendo motociclistas em interseções eram, normalmente, os mais perigosos e com maior gravidade.

O banco de dados fornecido pela EPTC (2010) contempla acidentes envolvendo motocicletas na cidade de Porto Alegre nos últimos dez anos. Eles foram separados e classificados: (i) por avenidas, considerando somente as sete foram escolhidas; (ii) pelo período selecionado para análise (2007, 2008 e 2009); e (iii) pelo local do acidente.

3.3.4 Definição do local do acidente e suas características

Como o banco de dados identifica apenas o endereço da via onde ocorre o acidente, para caracterizá-lo ou não como um acidente ocorrido em uma interseção, foi necessário definir,

para cada interseção, as vias e os endereços que dizem respeito a elas. Em muitos casos, as vias mudam de nome após o cruzamento. Um exemplo é apresentado na figura 2. Esta caracterização foi realizada com a ajuda de mapas e percorrendo as avenidas *in loco*.



Figura 2: Exemplo de um cruzamento onde o logradouro troca de nome

Optou-se por trabalhar com características físicas das interseções, para verificar se estas influenciam ou não no incremento da taxa de acidentes. Dentre as características físicas das interseções, foram escolhidas três: (i) número de faixas da avenida em estudo, limitada em simples ou múltiplas; (ii) controle de tráfego (semaforizado ou prioritário); e (iii) perfil longitudinal (nível ou rampa).

3.3.5 Definição dos volumes de tráfego

Porto Alegre não conta com séries históricas de volume de tráfego que proporcionem trabalhar com volumes diários médios anuais. Assim, trabalhou-se com volumes diários fornecidos pela EPTC e coletados em distintos períodos de tempo. Para interseções sem contagens foram utilizados volumes estimados através de extrapolação linear entre duas interseções com contagens. Como não existem contagens na Av. Baltazar de Oliveira Garcia, utilizou-se valores obtidos na Av. Sertório que possui características físicas semelhantes. Para a determinação do volume de tráfego de cada interseção, utilizou-se o volume total diário da avenida adicionado ao volume de todas aproximações da interseção.

Para a totalização dos Milhões de Veículos Entrantes, MVE, de cada interseção foi utilizada a Equação 1.

$$MVE = \frac{V * t * 365}{10^6} \quad (1)$$

em que V : volume de tráfego;
 t : período de tempo do estudo para o qual se referem os registros de acidentes [anos].

3.3.6 Taxa de acidentes

As taxas de acidentes conduzem a análises mais realísticas, na medida em que incorporam à análise o nível de exposição a que estão submetidos os pontos ou trechos da malha viária

(Nodari, 2003). Ao se determinar uma taxa para a qual será modelada a ocorrência de acidentes, está sendo utilizada uma medida de exposição ao risco (Cardoso, 2006).

Cada local em análise possui a sua própria Taxa de Acidentes, TA, calculada pela Equação 2.

$$TA = \frac{UPS}{MVE} \quad (2)$$

em que UPS: unidade padrão de severidade do acidente;
MVE: milhões de veículos entrantes em cada interseção [uni].

A UPS é calculado através da Equação 3, com base no custo dos acidentes de cada categoria:

$$UPS = A + p \times B + q \times C \quad (3)$$

em que A: número de acidentes apenas com danos materiais [uni];
B: número de acidentes com feridos [uni];
C: número de acidentes com vítima fatais [uni];
p e q: representam os ponderadores utilizados para acidentes com feridos e fatais, respectivamente.

Na determinação da taxa de acidentes utilizou-se os ponderadores recomendados para o Brasil, ou seja, 1, 5 e 13, respectivamente, para acidentes com danos materiais, com feridos e com vítimas fatais (Mânica, 2007).

4. ANÁLISES E RESULTADOS DOS DADOS

As variáveis explicativas utilizadas nos modelos foram do tipo viário-ambientais e estão divididas em duas categorias: (i) características físicas e operacionais da via, e (ii) variáveis ambientais. Inicialmente é apresentado o modelo de regressão logística e na sequência o modelo de regressão linear múltipla.

4.1. Regressão Logística

Nessa etapa procedeu-se a identificação de quais variáveis mostram-se significativas na ocorrência dos acidentes. Como neste modelo foram utilizadas todas as interseções, com e sem incidência de acidentes, foram empregadas somente as variáveis que continham informações para todas as interseções, ou seja, as características físicas e operacionais da via. Não sendo possível incluir, nesse momento, variáveis ambientais, como tempo e período do dia de ocorrência de acidentes, uma vez que essas informações não estão disponíveis para as interseções onde não ocorreram acidentes.

As variáveis consideradas no modelo de regressão logística são: (i) número de faixas (simples ou múltiplas); (ii) controle de tráfego (prioritária ou semafórico), (iii) perfil longitudinal (nível ou rampa); e (iv) volume de tráfego (milhões de veículos entrantes na interseção). Por serem variáveis de grandezas diferentes, elas foram padronizadas a fim de facilitar a interpretação dos parâmetros estimados quanto ao seu impacto na variável dependente ocorrência de acidentes.

A tabela 2 apresenta os coeficientes do modelo de regressão logística estimado para a avaliação do efeito das variáveis explicativas na ocorrência de acidentes em interseções com a participação da motocicleta. Entre as variáveis contempladas no modelo, apenas o perfil longitudinal não apresentou resultados significativos a um nível de significância de 5%

($t=3,407$; $p\text{-valor}=0,065$).

Tabela 2: Coeficientes do modelo de regressão logística (B), erro padrão (E.P), estatística de Wald e significância do teste

Variáveis	B	E.P.	Wald	p-valor
MVE	0,016	0,007	5,621	0,018
NumFx	0,476	0,402	1,403	0,236
TrfControl	2,024	0,273	54,802	0,000
Constante	-3,273	0,575	32,466	0,000

-2 Log Likelihood = 777,48 (Razão de verossimilhança)

O modelo *logit* estimado é dado pela Equação 4:

$$\hat{g}(x) = -3,273 + 0,016 \times \text{MVE} + 0,476 \times \text{NumFx} + 2,024 \times \text{TrfControl} \quad (4)$$

em que MVE: milhões de veículos entrantes na interseção;

NumFx: número de faixas;

TrfControl: tipo de controle de tráfego.

A interpretação destes coeficientes apresentados na tabela 2, em termos de razão de chances, se dá através da transformação inversa do modelo *logit*. Estes resultados são apresentados na tabela 3. Observa-se que um aumento no volume de veículos entrantes na interseção (MVE), bem como a mudança de nível no sistema de controle de tráfego são fatores de risco para a ocorrência de acidentes de trânsito com motociclistas ($\text{Exp. (B)} > 1$). O número de faixas (NumFx) não configura-se em fator de risco tendo em vista que o intervalo estimado para a razão de chances contém o valor 1, com 95% de confiança.

Tabela 3: Razão de chances Exp. (B) e Intervalo com 95% de confiança para a razão de chances

Variáveis explicativas	Exp (B)	I.C. 95% para Exp. (B)	
		Limite inferior	Limite superior
MVE	1,016	1,003	1,029
NumFx	1,609	0,732	3,537
TrfControl	7,571	4,430	12,939
Constante	0,038		

No caso do volume de veículos entrantes na interseção (MVE), para cada unidade a mais (expresso em milhões de veículos entrantes), o risco de ocorrer acidentes aumenta 1,6%. Considerando o controle de tráfego, o risco em um cruzamento semaforizado é 7,571 vezes maior do que em um cruzamento prioritário de acordo com os dados observados, que equivale a dizer que o risco de ocorrência de acidentes com motociclistas em interseções semaforizadas é 657,1% maior do que em interseções prioritárias. O número de faixas não apresenta resultados significativos no modelo, sendo a variação de faixa simples para faixa múltipla não considerada como fator de risco ou segurança. Esta variável foi mantida no modelo pois apresentou $p\text{-valor} < 0,25$, sendo sua permanência recomendada conforme Hosmer e Lemeshow (2000).

Destaca-se que esses resultados contrariam os encontrados em estudos que consideram

acidentes envolvendo todos tipos de veículos onde a presença de semáforo tende a reduzir o número total de acidentes. No entanto, conforme apresentado por Elvik e Vaa (2004) a introdução de semáforo pode aumentar a ocorrência de acidente com pedestre. Destaca-se que, assim como os pedestres, os motociclistas também se caracterizam por serem usuários vulneráveis, podendo ocorrer resultado similar ao observado no estudo citado.

4.2. Modelo de Regressão Linear Múltipla

Este modelo contempla apenas intersecções que apresentaram acidentes. As variáveis explicativas utilizadas neste modelo foram, tanto as referentes às características físicas e operacionais da via (já citadas no modelo anterior), quanto às variáveis ambientais: (i) tempo (bom, chuvoso e nublado) e (ii) período (dia e noite). Foram utilizadas variáveis *dummy* para as variáveis explicativas por serem qualitativas.

O teste F da análise de variância da análise de regressão considerou o modelo significativo ao nível de significância de 5%. A tabela 4 apresenta os coeficientes e respectivos testes do modelo de regressão múltiplo ajustados onde Y é a taxa de acidentes. Como trata-se de uma variável do tipo taxa, calculado como uma razão entre um número discreto sobre um número contínuo, os dados comportam-se como um modelo de Poisson. Para atender as suposições do modelo de regressão geral, que supõe normalidade, os dados foram previamente transformados. Esta variável foi transformada através da aplicação do logaritmo natural a fim de atender as suposições do modelo (normalidade e homogeneidade de variâncias). Com isso a previsão da taxa de acidentes em função das variáveis controladas deve receber a transformação inversa conforme apresentada na equação 5. A variável indicativa do período do dia não foi significativa ao nível de 5%, sendo excluída do modelo, assim como, o número de faixas.

Tabela 4: Coeficientes, erro padrão (E.P.) e testes de significância do modelo de Regressão Linear Múltiplo

Variáveis	B	E.P.	t	p-valor
MVE	-0,021	0,004	-5,111	0,000
Tb	-1,940	0,250	-7,768	0,000
Tn	-2,644	0,298	-8,874	0,000
Tc	-2,740	0,270	-10,146	0,000
TrfControl	0,301	0,120	2,515	0,013

Diagnóstico do modelo: R-múltiplo = 0,967; R² = 0,936

O modelo estimado é dado pela Equação 5:

$$Ta = e^{(-0,021 \times MVE - 1,940 \times Tb - 2,644 \times Tn - 2,740 \times Tc + 0,301 \times TrfControl)} \quad (5)$$

em que MVE: milhões de veículos entrantes na intersecção;
Tb: tempo bom;
Tn: tempo nublado;
Tc: tempo chuvoso;
TrfControl: tipo de controle de tráfego.

Observa-se que, após a transformação exponencial, a variável controle de tráfego (TrfControl) contribui para o aumento da taxa de acidentes, uma vez que para valores positivos dos coeficientes da função, o valor da exponencial tende a aumentar (conforme figura 3). Por outro lado as variáveis volume de veículos entrantes na intersecção (MVE), tempo bom (Tb), tempo nublado (Tn) e tempo chuvoso (Tc), cujos coeficientes são negativos, também

contribuem no sentido de aumento da taxa de acidentes, mas de uma forma menos significativa. O comportamento da função exponencial pode ser observada na figura 3.

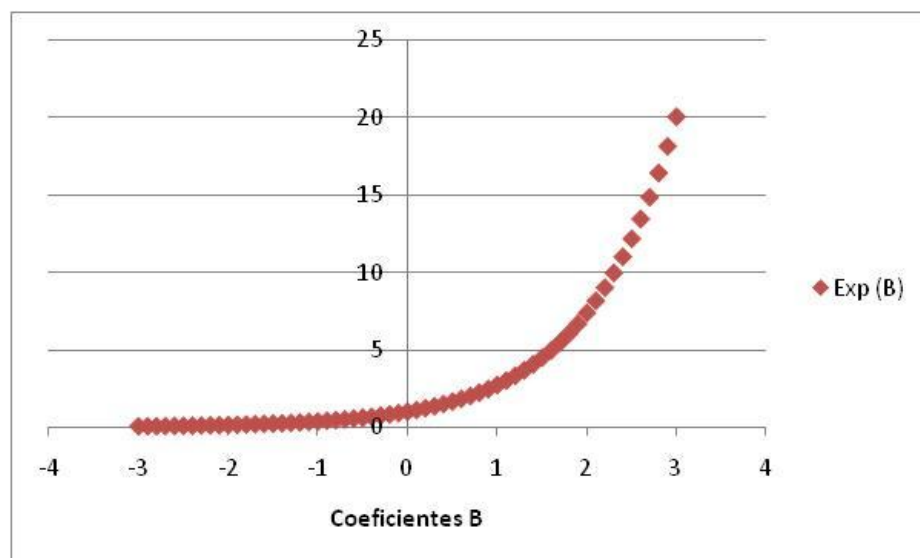


Figura 3: Comportamento da função exponencial

Destaca-se que as variáveis referentes ao tempo (T_b , T_n e T_c) são colineares com o intercepto excluído do modelo. Verifica-se que o tempo nublado e o tempo chuvoso contribuem para a redução da taxa de acidentalidade com mais peso do que o tempo bom conforme pode ser observado através dos seus coeficientes pela comparação da magnitude de cada um. Isso ocorre, possivelmente em função da alteração da conduta dos pilotos que, com tempo desfavorável, tendem a ser mais cuidadosos para compensar o risco incorrido.

Os resultados observados tanto quanto ao volume de veículos (MVE) quanto ao controle de tráfego (TrfControl) confirmam aqueles encontrados no modelo logístico. No caso do aumento no volume de veículos e a presença de semáforo na interseção aumentam a taxa de acidentes com motociclistas configurando fatores de risco.

5. CONCLUSÕES

O presente artigo objetivou identificar quais variáveis contribuem para a ocorrência de acidentes envolvendo motocicletas nas interseções das principais avenidas da cidade de Porto Alegre e quantificar o quanto estas variáveis influenciam a taxa de acidentes. Com essa finalidade foram estimados dois modelos de regressão. Um modelo de Regressão Logística, para identificação das variáveis explicativas influentes e um modelo de Regressão Linear Múltipla, para caracterização do efeito das variáveis significativas na taxa de acidentalidade.

Foram estudadas 6 variáveis são elas: (i) número de faixas (simples ou múltiplas); (ii) controle de tráfego (prioritária ou semafórico), (iii) perfil longitudinal (nível ou rampa); (iv) volume de tráfego (milhões de veículos entrantes na interseção); (v) condição do tempo (bom, chuvoso e nublado) e (vi) período do dia (dia e noite). As variáveis perfil longitudinal e período do dia não se mostraram significativas na alteração do valor da taxa de acidentes. Portanto não foram incluídas na modelagem final.

Com base nos modelos estimados, a presença de semáforo na interseção, bem como,

incrementos na variável volume de tráfego, apresentam contribuição para a elevação da taxa de acidentes com motociclistas. Em relação a variável condições do tempo, o modelo permite uma conclusão comparativa entre as três alternativas estudadas (tempo bom, tempo nublado e tempo chuvoso). Para as condições de tempo nublado e chuvoso o modelo indica um risco menor de ocorrência de acidentes com motociclistas do que a condição de tempo bom.

Esses resultados mostram-se contrários aos normalmente observados em estudos que incluem acidentes envolvendo todos tipos de veículos e não apenas acidentes com motociclistas. Importante lembrar que o crescimento da frota de motocicletas é um fenômeno recente e que deve perdurar nas grandes metrópoles. O impacto da presença intensa deste tipo de veículo na frota urbana pode trazer consequências diferentes das tradicionalmente conhecidas. Sendo assim os resultados obtidos nesse estudo não devem ser desprezados, mas sim considerados com parcimônia. Neste contexto, destaca-se a necessidade de novos estudos mais aprofundados sobre a acidentalidade envolvendo motociclistas.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pelo auxílio financeiro. Agradecimentos também a Empresa Pública de Transporte e Circulação - EPTC de Porto Alegre pela disponibilização dos dados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRACICLO (2010). *Dados do setor de motocicletas no ano de 2010*. Associação Brasileira dos Fabricantes de Motocicletas, Ciclomotores, Motonetas, Bicicletas e Similares, São Paulo, SP.
- Brüde, U. e Larsson, J. (1993) Models for predicting accidents at junctions where pedestrians and cyclists are involved. How well do they fit? *Accident Analysis & Prevention*, v. 25, n. 5, p. 499-509.
- Cardoso, G. (2006) Modelos para Previsão de Acidentes de Trânsito em Vias Arteriais Urbanas. *Tese (Doutorado)*, 289p., Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Transportes – UFRGS, Porto Alegre.
- Cardoso, G. e Goldner, L. G. (2007) Desenvolvimento e aplicação de modelos para previsão de acidentes de trânsito. *Revista Transportes*, v. XV, n. 2, p. 43-51.
- DENATRAN (1987) *Manual de Identificação, Análise e Tratamento de Pontos Negros*. Departamento Nacional de Trânsito, 2ª Edição, Brasília, DF.
- DENATRAN (2010) *Anuário da frota veicular*. Departamento Nacional de Trânsito. Dados disponíveis em <http://www.denatran.gov.br/frota.htm>. Acesso em 05.04.2010.
- EPTC (2010) Dados de acidentes. Empresa Pública de Transporte e Circulação, Porto Alegre, RS.
- Elvik, R. e Vaa, T. (2004) *The Handbook of Road Safety Measures*. Ed. Elsevier Ltda. Amsterdam.
- Greibe, P. (2003) Accident prediction models for urban roads. *Accident Analysis & Prevention*, v. 35, n. 2, p. 273-285.
- Hosmer, D. W. e Lemeshow, S. (2000) *Applied Logistic Regression*. 2nd ed., NY: John Wiley & Sons, Inc.
- Holz, R. da F.; Lindau, L. A. e Nodari, C. T. (2010) Desafios impostos por motociclistas em áreas urbanas: o caso Brasileiro. In: *XVI Pan-American Conference of Traffic and Transportation Engineering and Logistics - PANAM 2010*, v. 1; p. 1-11, Lisboa.
- Hsu, T. P., Sadhullah, A. F. M. e Nyugen, X. D. (2003) A Comparison Study on Motorcycle Traffic Development of Taiwan, Malaysian and Vietnam. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, v. 5, p. 179-193.
- Mânica, A. G. (2007) Modelo de Previsão de Acidentes Rodoviários Envolvendo Motociclistas. *Dissertação (Mestrado)*, 177p., Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Transportes – UFRGS, Porto Alegre.
- Mesquita, L. M. de C. (2003) Característica de locais como fator contribuinte para acidentes de trânsito um caso de Brasília – DF. *Dissertação (Mestrado)*, 201p., Mestrado em Transportes Urbanos, UnB, Brasília.
- MIC (2009) *Motorcycling in America Goes Mainstream*. Motorcycle Industry Council, Irvine, Califórnia.
- Musso, A. e Corazza, M. V. (2007) Improving Urban Mobility Management: Case Study of Rome. *Journal of the Transportation Research Board*, v. 1956, p. 52-59.
- Musso, A.; Vuchic, V. R.; Bruun, E. e Corazza, M. V. (2009) A research agenda for public policy towards motorized two-wheelers in urban transport. Final report. *Transportation Research Board*.

- Nodari, C. T. (2003) Método de avaliação da segurança potencial de segmentos rodoviários rurais de pista simples. *Tese (Doutorado)*, 221p., Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Transportes – UFRGS, Porto Alegre.
- Paulozzi, L. J. (2005) The role of sales of new motorcycles in a recent increase in motorcycle mortality rates. *Journal of Safety Research*, v. 36, p. 361-364.
- Savolainen, P. e Mannering, F. (2007). Effectiveness of Motorcycle Training and Motorcyclists' Risk-Taking Behavior. *Journal of the Transportation Research Board*, n. 2031, p. 52–58.
- Tamayo, A. S. e Sinay, M. C. F. (2005) Segurança Viária: Uma Visão Sistemica. In: *Rio de Transportes III*, 2005, Rio de Janeiro. Rio de Transportes III.
- WBCSD (2009). Mobility in the São Paulo Metropolitan Region. Final Report. *World Business Council for Sustainable Development*.
- WHO (2010) *Global Plan for the Decade of Action for Road Safety 2011-2020*. World Health Organization. New York: United Nations.

Raquel da Fonseca Holz (raqfh@producao.ufrgs.br)
André Korzenowski (andre@korzenowski.com)
Christine Tessele Nodari (piti@producao.ufrgs.br)
Carla Schwengber ten Caten (tencaten@producao.ufrgs.br)
Luis Antonio Lindau (lindau@producao.ufrgs.br)
Engenharia de Produção e Transportes, Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Av. Osvaldo Aranha, 99 – 5º andar. Porto Alegre, RS, Brasil. CEP 90035-190
Número telefone: +55 513308 3596 / Fax: +55 51 3308 4007