

## ANÁLISE DE ASSOCIAÇÃO PARA HORÁRIOS DE ATROPELAMENTOS

**Denise M Chagas**  
**Christine Tessele Nodari**  
**Luis Antonio Lindau**

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção/PPEGP  
Laboratório de Sistemas de Transportes/LASTRAN  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul/UFRGS

### RESUMO

Este trabalho apresenta uma análise de dados de atropelamentos ocorridos no Município de Porto Alegre, Brasil. Os atropelamentos foram analisados com a perspectiva de verificar a existência de independência entre o horário da ocorrência dos atropelamentos em relação a três variáveis. Ele foi realizado utilizando tabelas de contingência e o teste chi-quadrado de independência para analisar a relação do horário dos atropelamentos e as variáveis: dia da semana, tipo de veículo envolvido e a gravidade dos acidentes. Entre as principais conclusões constatou-se existir associação entre as variáveis e a hora dos acidentes. A distribuição dos acidentes nas horas do dia depende dos dias da semana, do tipo de veículo envolvido e da gravidade dos acidentes. Além disto, a tabulação dos resíduos padronizados permitiu observar os horários em os acidentes encontram-se fora do desvio padrão dos valores esperados, alertando para aspectos que podem ser estudados em maior profundidade.

### ABSTRACT

This paper presents an analysis of data from pedestrian accidents in Porto Alegre, Brazil. Pedestrian accidents were analysed to verify the independence between the times of the day in occurrence of accidents in relation to three variables. Contingency tables and the Chi-square test of independence were used to examine the relationship of time of the day in pedestrian accidents and the variables: weekday, type of vehicle involved and the severity of accidents. Among the main conclusions an association between the variables and time of accidents was verified. The distribution of accidents in daylight hours depends on the days of the week, the type of vehicle involved and the severity of accidents. In addition, the standardized residuals table found pedestrian accidents in times of the day outside the standard deviation of the expected values, warning for aspects that may be studied in greater depth.

### 1. INTRODUÇÃO

Uma das maiores preocupações dos órgãos responsáveis pelo planejamento do trânsito e também da comunidade científica é encontrar soluções que possam reduzir o número de fatalidades e de feridos nos acidentes de trânsito. Nesse sentido, os dados de acidentes constituem a base de muitas atividades de segurança viária e são essenciais para o diagnóstico e encaminhamento de soluções para os problemas motivadores dos acidentes. Entre os dados disponíveis é importante a identificação das categorias de usuários que estão envolvidas nos acidentes, as manobras e padrões de comportamento que levam a falhas, e sob que condições ocorrem os acidentes. A identificação desses elementos permite otimizar esforços no aprimoramento da segurança (World Bank, s.d.).

Os pedestres são os usuários mais vulneráveis do sistema e estão entre os grupos com o maior percentual de fatalidade nos acidentes viários. Os pedestres apresentam ferimentos aproximadamente 4 a 5 vezes mais frequentes por quilometro viajado do que os ocupantes de carros (Elvik, 2010). Mundialmente a taxa de mortalidade em acidentes por atropelamento é considerada alta e tende a subir. Uma atividade chave para contribuir na solução deste problema é a investigação de acidentes desta natureza (Badea e Furones, 2010).

A identificação dos locais de alto risco da rede viária, em geral, utiliza as bases de dados de acidentes mantidas pela polícia. Apoiado nessas bases, outras investigações e análises de acidentes em profundidade podem ajudar a identificar prováveis fatores de risco específicos do local, assim como medidas apropriadas de engenharia ou de gestão de tráfego buscando obter a redução dos acidentes neste local específico. Este tipo de identificação, em larga escala, só é possível com o apoio de bases de dados, informatizadas, que possuam o registro

preciso da localização de cada acidente, associados a um Sistema de Informação Geográfica (SIG) (WHO, 2010).

Além dos dados de identificação do local dos acidentes, o reconhecimento de padrões e a relação entre as variáveis disponíveis nas bases de dados de acidentes de trânsito são importantes no reconhecimento de pontos vulneráveis para que possam ser tratados de modo eficiente. Para a obtenção de um perfil da situação, é necessário agrupar os acidentes de acordo com a natureza de suas causas, considerando os tipos de ocorrência, sua frequência, localização no tempo e no espaço, assim como as características de sua localização. Inúmeras informações podem ser obtidas nos registros de acidentes, dependendo da maneira como os dados são tabulados, agrupados ou cruzados (Panitz, 1999).

Diversos fatores afetam o risco e a gravidade de uma colisão entre pedestre e veículo. Esses fatores podem estar relacionados ao comportamento do pedestre, ao comportamento dos condutores, aos veículos, a via, além de uma gama de fatores sociais e demográficos (Zegeer e Bushell, 2012).

Segundo o *Department for Transport* (DfT) de Londres, o aumento da segurança dos ocupantes de veículos com as melhorias na segurança do veículo não foi acompanhado pela melhoria das condições de circulação oferecidas aos pedestres e outros usuários vulneráveis da via. Os governos e os fabricantes de veículos reconhecem que todos os usuários da via devem ser protegidos. O foco não deve estar somente voltado às consequências dos acidentes, mas também nas suas causas relativas ao comportamento dos usuários da via pública e aos efeitos da infraestrutura viária. Dados precisos e atuais do mundo real são necessários e as pesquisas demonstram que métodos totalmente retrospectivos não são suficientes para investigar com profundidade as causas de acidentes e ferimentos aos usuários vulneráveis das vias (Hill e Cuerden, 2005).

As ações de prevenção aos acidentes necessitam de informações que possam orientar a sua melhor aplicação. Pesquisas utilizando dados de onde, quando e como o acidente ocorreu, não permitem uma análise direta das causas dos acidentes. Estes dados permitem reconhecer diversas informações importantes como os locais com maior incidência de acidentes, tipos de veículos e usuários envolvidos, entretanto os fatores que contribuem para estes acidentes ainda não são reconhecidos de forma satisfatória (Lima et al., 2008).

Segundo o Programa PARE do Ministério dos Transportes (Brasil, 2002), a experiência brasileira no tratamento de acidentes de trânsito, com raras exceções, segue um modelo imediatista. Frequentemente, a solução do problema está associada à execução de práticas tradicionais como o uso da sinalização, associada a correções na geometria viária. Porém, o foco tende a ser maior na melhoria da fluidez do que na promoção da segurança propriamente dita. Ainda segundo o Ministério dos Transportes, na maioria das vezes, isso é feito sem um estudo mais apurado dos fatores que, efetivamente, contribuíram para aquelas ocorrências de trânsito, sem a devida avaliação do momento apropriado, dos custos envolvidos e sem o compromisso de verificar posteriormente a eficácia das medidas implantadas.

Este artigo utiliza dados provenientes da base de dados de acidentes de trânsito do Município de Porto Alegre, Brasil. Os dados de acidentes selecionados para este estudo são do período de 2008 a 2010 totalizando 4.011 atropelamentos. Os atropelamentos são somente 5,5% de todos os acidentes registrados no Município. No entanto, eles, representam 48,1% dos acidentes fatais e 21% dos acidentes com feridos.

Hora do dia desempenha um papel importante na avaliação de acidentes. A presença dos fatores de risco pode estar associada ao horário do dia influenciando sua ocorrência e concentração em determinados horários. Este trabalho apresenta uma metodologia de análise de dados de acidentes que permite identificar e visualizar a relação entre as variáveis. As tabelas de frequência observada, frequência esperada e resíduo padronizado, gráfico da distribuição condicional e o teste de Chi-quadrado apresentam informações relevantes ao estudo dos acidentes de trânsito.

Este artigo está organizado em 5 seções. Após esta introdução que esclarece os objetivos e a importância do trabalho, a seção 2 destaca a importância dos estudos com acidentes relacionados a pedestres apresentando aspectos relevantes relacionados às variáveis escolhidas para análise. A seção 3 apresenta os procedimentos metodológicos utilizados na análise dos dados. E a seção 4 apresenta os resultados e discussão e por fim a seção 5 apresenta as conclusões do trabalho.

## **2. ACIDENTES COM PEDESTRES**

Os pedestres são o grupo de maior risco nas áreas urbanas, devido ao grande volume de atividade de pedestres e veículos nestas áreas. Não importando se o principal modo de transporte é o automóvel, bicicleta ou transporte público, as pessoas devem caminhar em alguma parte do seu trajeto (Zegeer e Bushell, 2012). Acidentes com pedestres e automóveis são significativos no Reino Unido, República Tcheca, França e Grécia visto que contribuem para aproximadamente 15% dos acidentes com feridos no trânsito em cada um desses países (Molinero et al., 2008).

No Brasil, a taxa de mortalidade por atropelamento, segundo as informações do Ministério da Saúde, atingiu em 2003, 5,6 óbitos por 100 mil habitantes, nível quase três vezes maior que o de países como Estados Unidos, Inglaterra e Canadá (Maia, 2006). Segundo o Ministério da Saúde do Brasil a taxa média observada cresceu para 20,1 em 2009, variando entre 12,6 e 36,0 óbitos por 100 mil habitantes nos estados da federação (Brasil, 2010).

Diversos estudos destacam a vulnerabilidade dos pedestres em relação aos outros usuários de transporte viário. Entre as características observadas nestas pesquisas está a comparação entre os tipos de acidentes e a gravidade dos ferimentos, além das condições sociais e econômicas que influenciam a ocorrência e o alto percentual de atropelamentos. Quando comparados a outros grupos de usuários os pedestres são as maiores vítimas do trânsito, diversas investigações buscam reconhecer as principais causas dos acidentes visando à proposição de medidas mais eficiente para a redução do problema (Noland e Quddus, 2004; NYSDOT, 2010a; Molinero et al., 2008; Vasconcellos, 1995; Bhatia e Wier, 2011).

### **2.1 Dia e hora de acidentes**

Acidentes são eventos raros, apesar de parecerem frequentes do ponto de vista social. Em uma interseção típica ocorre menos de um acidente por milhão de veículos que passam pela interseção. Além de não ocorrerem com frequência os acidentes tendem a ser imprevisíveis (CET-SP, 1994). Quando os acidentes tornam-se mais prováveis de ocorrer em algum ponto da rede viária ou horário específico deixam de ser aleatórios podendo apresentar uma causa específica para a sua ocorrência.

Hora do dia desempenha um papel importante na avaliação de acidentes, em grande parte porque fatores de risco estão presentes em maior frequência em determinados horários. A presença de condutores alcoolizados dirigindo e o excesso de velocidade aumentam

significativamente durante a noite e contribuem diretamente para aumentar as taxas de fatalidade, constituindo-se em causas específicas para a ocorrência destes acidentes (Elliott, 2009).

Segundo Diógenes e Lindau (2010) para a cidade de Porto Alegre, entre 1998 e 2006, as análises dos atropelamentos indicam maior incidência de acidentes na faixa horária das 18 às 19 horas, seguida por alta incidência também das 17 às 18 horas e das 19 às 20 horas. Não foi observada uma relação linear entre os picos de número de viagens a pé com o número de atropelamentos. A presença de outros fatores que influenciam na ocorrência dos atropelamentos, entre eles as características das vítimas, podem estar associadas a não linearidade entre os horários de picos de pedestres e os atropelamentos.

A presença dos fatores de risco pode estar associada ao horário do dia, assim como ao dia da semana, ao mês e à estação do ano. Para compreender a variação dos acidentes nestes períodos, Griswold et al.(2011) realizaram um estudo que aplica uma abordagem visual com tabulações cruzadas explorando a relação entre variáveis de atropelamentos.

## **2.2 Veículos oponentes – características e gravidade dos ferimentos**

O oponente é considerado o veículo que colide com o pedestre. Levando em consideração os dados coletados de seis países e analisados pelo *Traffic Accident Causation in Europe* (Molinero et al., 2008), pode-se concluir que os automóveis são, destacadamente, o principal rival para os pedestres. Em relação à agressividade do veículo, os caminhões produzem a mais alta taxa de fatalidades e ferimentos graves, enquanto que os ferimentos leves causados por automóveis, motocicletas, ônibus, motonetas e outros atingem uma taxa similar. O relatório destaca que em todos os casos a vulnerabilidade do pedestre é marcante.

Segundo Elvil (2004), dentre os fatores de risco de acidentes de trânsito, que devem ser considerados quando medidas preventivas de segurança são analisadas, estão a energia cinética e a compatibilidade. Movimento de pessoas e veículos produz energia cinética, isto identifica a velocidade e a massa dos veículos como fatores relevantes para os acidentes. Quando diferentes veículos ou usuários colidem, a compatibilidade em termo de massa e velocidade influencia de forma decisiva na gravidade do acidente. A compatibilidade refere-se à diferença entre categorias de usuários em termos de energia cinética produzida por seu movimento. Uma das maneiras de reduzir a incompatibilidade é separar no tempo e no espaço os diferentes grupos de usuários que sejam altamente incompatíveis.

## **2.3 Gravidade dos atropelamentos**

Uma das maiores preocupações dos gestores de transportes para a prevenção de acidentes com pedestres é a regulamentação da velocidade dos veículos. O excesso de velocidade é talvez a maior causa de acidentes com pedestres, visto que os condutores não conseguem evitar quando um pedestre surge de modo repentino, assim como as vítimas não conseguem sair da trajetória do carro antes do impacto. Segundo o *National Highway Traffic Safety Administration* (NHTSA) a redução da velocidade dos veículos pode ter influência significativa na gravidade dos acidentes com pedestres. Pedestres sofrem lesões muito mais graves quando atingido por veículos de alta velocidade do que quando atingido por veículos mais lentos. Além disso, muitos atropelamentos de pedestres poderiam ser evitados se os veículos estivessem em baixa velocidade, motorista e pedestre teriam mais tempo para perceber e reagir aos riscos, evitando o acidente por completo (Leaf e Preusser, 1999).

### 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este artigo utiliza dados provenientes da base de dados de acidentes de trânsito da Empresa Pública de Transporte e Circulação (EPTC) do Município de Porto Alegre. Os dados são registrados pelos órgãos competentes, e reunidos pela EPTC em uma única base de dados. As fontes de informação para a base de dados de acidentes de trânsito são: o Departamento de Trânsito (DETRAN), a Polícia Militar, a Delegacia de Trânsito, os CORREIOS e registros da própria EPTC.

Os dados de acidentes selecionados para este estudo compreendem o período de 2008 a 2010 totalizando 4.011 atropelamentos. Os atropelamentos representaram 48% dos acidentes fatais e 21% dos acidentes com feridos neste período. Esta base de dados computa entre os acidentes fatais aqueles onde há a ocorrência de morte em um prazo de até 30 dias após o evento.

Os fatores que contribuem para os acidentes variam em função de horário e ao longo da semana e meses do ano. Estas variações dos fatores tornam a relação da hora de ocorrência com a frequência dos acidentes uma informação relevante para análises mais aprofundadas.

Inicialmente será realizada uma comparação gráfica da frequência de acidentes em função dos diferentes horários do dia considerando três cidades distintas: (i) Porto Alegre, Brasil; (ii) Miami-Dade e (ii) New York, nos Estados Unidos, apresentada na Figura 1.

Os dados agregados de acidentes de trânsito apresentam uma distribuição diferenciada conforme as horas do dia, sendo que a presença de horários com maior incidência de atropelamentos em diferentes cidades permite observar picos em horários reconhecidos por possuir maior volume de tráfego e de pedestres (Figura 1). Os dados da Figura 1 referentes a *Miami-Dade* compreendem o período de 1996 a 2004 (Zegeer et al., 2008), já os dados de *New York* compreendem o período de 2002 a 2006 (NYSDOT, 2010b).

Na sequência o artigo apresenta a análise de associação entre a frequência do acidente observada hora a hora em função do dia da semana (1), de tipo de veículo envolvido (2) e de gravidade dos acidentes (3). Essas três variáveis foram analisadas buscando verificar se estão associadas às diferentes horas do dia.

Os dados dos acidentes por atropelamento (dados observados) foram inicialmente organizados em tabelas de contingência, que permitiram uma análise visual inicial através de escalas de cores. A seguir, os dados foram organizados em uma tabela com distribuição condicional e tabela de frequência esperadas supondo a hipótese nula (independência entre as variáveis).

Segundo Barbetta, Reis e Bornia (2004) “dois ou mais eventos são independentes quando a ocorrência de um dos eventos não influencia a probabilidade de ocorrência dos outros”. Conforme sugerido por Agresti (2002), o teste do Chi-quadrado foi utilizado para identificar se há a independência entre as variáveis pesquisadas e a hora do atropelamento.

O cálculo das frequências esperadas e Chi-quadrado foram feitos utilizando as fórmulas tradicionais empregadas em tabelas de contingência e testes de independência, conforme Equações 1 e 2:

$$\hat{\mu}_{ij} = \frac{T_{i+}}{T_{++}} \times T_{+j} \quad (1)$$

Em que  $\hat{\mu}_{ij}$  : Frequência esperada  
 $T_{i+}$  : total observado na linha i

$T_{+j}$  : total observado na coluna  $j$

$T_{++}$  : total observado geral

E o Chi-quadrado calculado resultou de

$$\chi^2 = \sum \frac{(n_{ij} - \hat{\mu}_{ij})^2}{\hat{\mu}_{ij}} \quad (2)$$

Em que  $n_{ij}$  : Frequência observada

O Chi-quadrado calculado foi comparado ao valor tabelado considerando um nível de significância 0,05 e graus de liberdade  $(r - 1) \times (c - 1)$ , onde  $r$  é o número de linhas e  $c$  é o número de colunas da respectiva tabela de contingência .

Por fim foi gerada uma tabela com os resíduos padronizados que permitiu verificar em que horários a relação entre as variáveis apresentava valores significativamente acima ou abaixo do esperado. Os valores de resíduos padronizados foram calculados utilizando a Equação 3, conforme indicado por Agresti (2002).

$$H_0 = \frac{n_{ij} - \hat{\mu}_{ij}}{[\hat{\mu}_{ij}(1 - p_{i+})(1 - p_{+j})]^{1/2}} \quad (3)$$

Em que  $H_0$  : Resíduo padronizado

$p_{i+}$  : percentual da linha em relação ao total

$p_{+j}$  : percentual da coluna em relação ao total

O teste de Chi-quadrado pressupõe que as frequências observadas sejam iguais ou superiores a cinco observações. Devido ao reduzido número de acidentes entre 1 a 5 horas, como pode ser visto na Figura 1, a análise foi realizada agrupando os acidentes nesta faixa horária. Este arranjo assegurou maior precisão às estimativas de significância realizadas utilizando a distribuição Chi-quadrado.

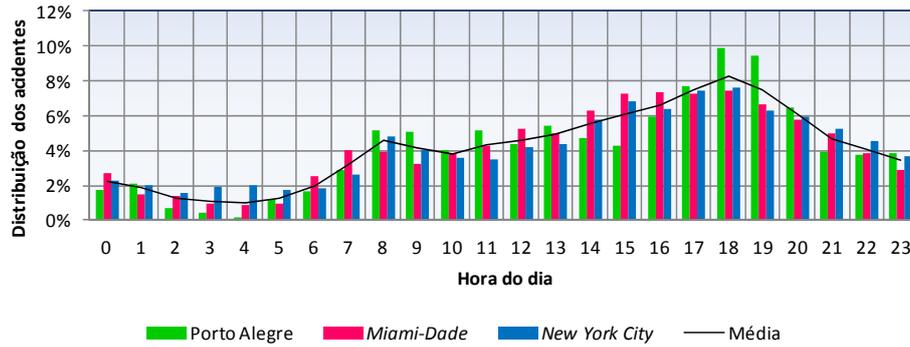
#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 pode ser observado que as cidades apresentam picos de acidentes nas horas relativas aos deslocamentos residência/trabalho/residência, no período do início da manhã e final da tarde. Diferenças entre as cidades podem ser percebidas visto que possuem características peculiares de deslocamento assim como nos hábitos e atividades no decorrer do dia.

A média de acidentes por faixa horária apresentada na Figura 1 permite visualizar as diferenças entre as cidades. A curva que representa a média de acidentes apresenta vales e picos que representam os horários de maior fluxo de veículos.

Em particular, pode ser observado que Porto Alegre, em relação à Miami-Dade e New York City, apresenta:

- Menor percentagem de acidentes entre as 2 e as 5 horas, possivelmente associada ao fato das metrópoles americanas trabalhar com maior intensidade em um ritmo de 24 horas.
- Maior percentagem de acidentes nos deslocamentos entre 11 e 13 horas, provavelmente relacionada aos deslocamentos no horário de almoço, que não são tão intensos nas metrópoles americanas; e,
- Maior percentagem de acidentes entre 8, 9, 18 e 19 horas, reflexo possível, da maior concentração no deslocamento dos trabalhadores nessas faixas horárias (enquanto o fluxo parece ser mais homogêneo nas metrópoles americanas).



**Figura 1:** Percentagem de atropelamentos por hora do dia para o Município de Porto Alegre, o Condado de *Miami-Dade* e *New York City*.

Assim a cidade de *New York*, reconhecida como metrópole com atividades 24 por dia, não apresenta uma queda tão acentuada no período entre às 2h e às 5h da manhã e possui uma maior distribuição nos acidentes no decorrer do dia. *Miami-Dade* apresenta os picos de acidentes da manhã e tarde anterior aos picos de *New York* e do Brasil, estendendo-se por um período de três horas ou mais, ocorrendo das 6 às 8 horas e das 15 às 18 horas.

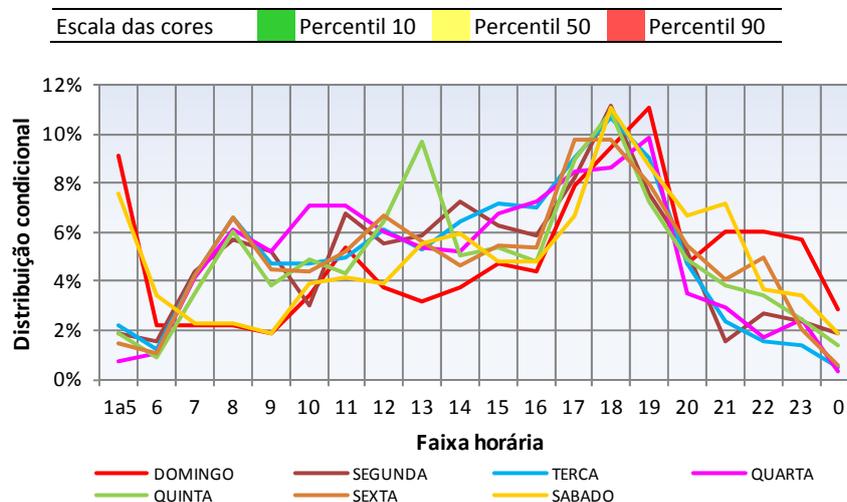
A seguir são apresentadas as análise realizadas para os acidentes por atropelamento no Município de Porto Alegre, Brasil.

#### 4.1 Associação entre Faixa horária e Dias da semana

A análise da relação entre as variáveis permite verificar que a distribuição dos atropelamentos ao longo do dia depende do dia da semana, verificando que cada dia tem seu próprio perfil de distribuição.

**Tabela 1:** Frequências observadas para Faixa horária e Dia da semana

Dia semana	1a5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	00	Total
DOMINGO	29	7	7	7	6	11	17	12	10	12	15	14	25	30	35	15	19	19	18	9	317
SEGUNDA	11	9	26	34	31	18	40	33	35	43	37	35	49	66	45	31	9	16	14	11	593
TERÇA	14	8	27	42	30	30	32	39	34	41	46	45	58	68	58	30	15	10	9	3	639
QUARTA	5	7	27	40	34	46	46	39	35	34	44	47	55	56	64	23	19	11	16	2	650
QUINTA	12	6	23	39	25	32	28	42	63	33	35	31	58	71	47	32	25	22	16	9	649
SEXTA	11	8	31	48	33	32	38	49	41	34	40	39	71	71	58	40	30	36	15	4	729
SÁBADO	33	15	10	10	8	17	18	17	24	26	21	21	29	48	38	29	31	16	15	8	434
<b>Total</b>	<b>115</b>	<b>60</b>	<b>151</b>	<b>220</b>	<b>167</b>	<b>186</b>	<b>219</b>	<b>231</b>	<b>242</b>	<b>223</b>	<b>238</b>	<b>232</b>	<b>345</b>	<b>410</b>	<b>345</b>	<b>200</b>	<b>148</b>	<b>130</b>	<b>103</b>	<b>46</b>	<b>4011</b>



**Figura 2:** Distribuição condicional dos atropelamentos Dia da semana X Faixa horária

**Quadro 1:** Resultados do teste de Chi-quadrado para Dia da semana X Faixa horária

Chi-quadrado calculado	332,3
Chi-quadrado tabelado (máximo esperado se a hipótese nula fosse verdadeira)	90,4
valor-p (probabilidade associada)	3,31E-23
Logo rejeita-se a hipótese nula, existe associação entre as variáveis; a distribuição de acidentes ao longo do dia depende do dia da semana.	valor-p < 0,05

A tabela dos resíduos padronizados (Tabela 2) permite observar que em determinados horários a incidência de atropelamentos destaca-se por apresentar número de acidentes relativamente elevado, comparado aos demais dias da semana. Nessa tabela foram destacados os horários com 3 desvios padrão acima ou abaixo do valor esperado (considerando a hipótese nula, que prevê independência entre as variáveis). Observa-se uma diferença entre número de atropelamentos nos finais de semana a noite e madrugada nos finais de semana quando relacionados aos outros dias da semana. A presença de atropelamentos neste horário possivelmente está relacionada a acidentes por ingestão de álcool e excesso de velocidade. Na Tabela 2 pode-se observar que, nas sextas-feiras e sábados, os acidentes das 22 e 21 horas respectivamente podem estar relacionados ao deslocamento de pessoas para as atividades de lazer (festas ou restaurantes) depois deste horário há uma redução no número relativo de acidentes que voltam a aumentar na madrugada do dia seguinte, possivelmente associados ao deslocamento (retorno) para casa. Os atropelamentos que ocorrem nas quintas-feiras às 13 horas ou nas quartas-feiras às 10 horas poderiam ser foco de maiores investigações, pois não estão diretamente associados a nenhum padrão especial.

**Tabela 2:** Resíduos padronizados para Faixa horária e Dia da semana

Dia Semana	1a5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	0
DOMINGO	7,9	1,1	-1,7	-3,2	-2,4	-1,2	-0,1	-1,9	-2,8	-1,8	-1,2	-1,4	-0,7	-0,8	2,5	-0,3	2,6	3,3	4,0	3,1
SEGUNDA	-1,8	0,1	1,0	0,3	1,6	-2,4	1,8	-0,3	-0,2	2,4	0,4	0,2	-0,5	1,4	-1,5	0,4	-3,5	-0,9	-0,4	1,8
TERÇA	-1,3	-0,6	0,8	1,6	0,8	0,1	-0,7	0,5	-1,0	1,3	1,9	1,9	0,7	0,7	-0,4	-2,3	-2,9	-2,2	-1,8	
QUARTA	-4,0	-1,0	0,6	1,0	1,7	3,8	2,4	0,4	-1,0	-0,5	1,2	2,2	-0,2	-2,6	1,9	-2,2	-1,3	-2,7	-0,2	-2,3
QUINTA	-1,9	-1,4	-0,4	0,8	-0,5	0,5	-1,7	1,1	5,4	-0,7	-0,8	-1,5	0,5	1,2	-2,1	-0,1	0,3	0,3	-0,2	0,7
SEXTA	-2,8	-1,0	0,9	1,7	0,6	-0,4	-0,4	1,5	-0,6	-1,4	-0,7	-0,7	1,8	-0,8	-1,1	0,8	0,8	3,2	-1,1	-1,8
SÁBADO	7,1	3,8	-1,9	-3,7	-2,9	-0,9	-1,6	-2,2	-0,6	0,5	-1,3	-1,1	-2,3	1,1	0,2	2,1	4,7	0,6	1,4	1,5

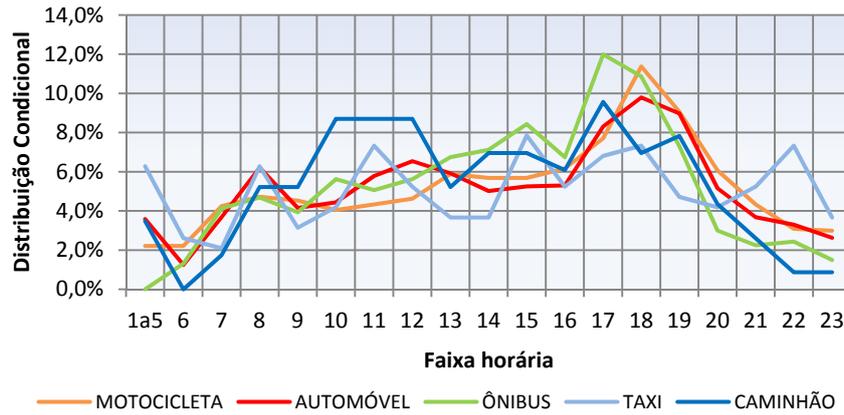
#### 4.2 Associação entre Faixa horária e Tipo de Veículo

A análise da relação entre a faixa horária e o tipo de veículo, apresentados nas Tabela 3 e 4, Figura 3 e Quadro 2, permitem verificar que a distribuição dos atropelamentos ao longo do dia depende do tipo de veículo. O estudo concentrou-se nos tipos de veículos que apresentavam maior envolvimento em atropelamentos e em acidentes fatais: motocicletas, automóveis, ônibus, taxi e caminhão.

**Tabela 3:** Frequências observadas para Faixa horária e Tipo de Veículo

Veículo	1a5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	0	Total
MOTOCICLETA	23	23	44	49	47	42	45	48	61	59	59	64	80	118	94	63	45	32	31	11	1038
AUTOMOVEL	75	26	77	130	87	93	121	137	124	105	110	111	174	205	188	108	77	69	55	22	2094
ONIBUS	0	7	22	25	21	30	27	30	36	38	45	36	64	58	39	16	12	13	8	7	534
TAXI	12	5	4	12	6	8	14	10	7	7	15	10	13	14	9	8	10	14	7	6	191
CAMINHAO	4	0	2	6	6	10	10	10	6	8	8	7	11	8	9	5	3	1	1	0	115
Total	114	61	149	222	167	183	217	235	234	217	237	228	342	403	339	200	147	129	102	46	3972

Escala das cores aplicada por tipo de veículo: ■ Percentil 10 ■ Percentil 50 ■ Percentil 90



**Figura 3:** Distribuição condicional dos atropelamentos Faixa horária e Tipo de veículo

**Quadro 2:** Resultados do teste de Chi-quadrado para Faixa horária e Tipo de veículo

Chi-quadrado calculado	139,8
Chi-quadrado tabelado (máximo esperado se a hipótese nula fosse verdadeira)	56,9
valor-p (probabilidade associada)	0,000011
Logo rejeita-se a hipótese nula, existe associação entre as variáveis; a distribuição de acidentes ao longo do dia depende do tipo de veículo.	valor-p < 0,05

A tabela dos resíduos padronizados para a relação de faixa horária e tipo de veículo (Tabela 4) permite observar que em determinados horários a incidência de atropelamentos para cada tipo de veículo estudado é discrepante do esperado para o conjunto de veículos. Nessa tabela foram destacados os horários com 3 desvios padrão acima ou abaixo do valor esperado. A relação entre os veículos e o horário dos acidentes destaca a ocorrência de um maior volume de acidentes envolvendo ônibus às 15 e 17 horas e envolvendo taxi no horário das 22 horas e entre 1 e 5 horas. Os acidentes com taxi podem estar relacionados à demanda por serviço nestes horários e a busca dos profissionais em realizar um maior número de viagens possível no período de alta demanda. Os horários em destaque podem ser foco de maiores investigações. Os acidentes com carros durante a madrugada podem estar relacionados ao uso de bebidas alcoólicas assim como a condição de cansaço do condutor ao volante.

**Tabela 4:** Resíduos padronizados para Faixa horária e Tipo de veículo

Veículo	1a5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	0
MOTOCICLETA	-1,6	2,1	1,0	-1,6	0,7	-1,1	-2,2	-2,4	0,0	0,4	-0,5	0,8	-1,5	2,0	0,8	2,0	1,4	-0,4	1,0	-0,4
AUTOMÓVEL	3,0	-1,6	-0,3	2,0	-0,2	-0,6	1,1	2,1	0,1	-1,5	-2,4	-1,5	-0,9	-1,0	1,3	0,4	-0,1	0,2	0,3	-0,7
ÔNIBUS	-4,6	-0,5	0,5	-1,1	-0,4	1,4	-0,5	-0,4	1,0	2,1	3,1	1,2	3,8	0,8	-1,3	-2,6	-2,1	-1,2	-1,8	0,4
TAXI	3,1	1,3	-1,3	0,5	-0,8	-0,3	1,4	-0,5	-1,5	-1,3	1,3	-0,4	-1,2	-1,7	-2,4	-0,6	1,2	3,5	1,0	2,7
CAMINHÃO	0,4	-1,4	-1,2	-0,2	0,6	2,4	1,8	1,5	-0,4	0,8	0,5	0,2	0,5	-1,5	-0,3	-0,4	-0,7	-1,6	-1,2	-1,2

### 4.3 Associação entre Faixa horária e Gravidade de atropelamentos

A análise da relação entre a faixa horária e a gravidade do atropelamento permite verificar que a distribuição dos atropelamentos ao longo do dia está associada à gravidade dos acidentes. Os dados disponíveis permitiram verificar a diferença entre os acidentes com morte e os acidentes com feridos.

**Tabela 5:** Frequências observadas para Faixa horária e Tipo de Veículo

Gravidade	1a5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	0	Total
FERIDOS	101	56	147	210	154	179	209	225	232	215	233	219	331	390	323	183	139	121	92	41	3800
FATAIS	14	4	4	10	13	7	10	6	10	8	5	13	14	20	22	17	9	9	11	5	211
Total	115	60	151	220	167	186	219	231	242	223	238	232	345	410	345	200	148	130	103	46	4011

Escala das cores aplicada por gravidade:   Percentil 10   Percentil 50   Percentil 90



**Figura 4:** Distribuição condicional dos atropelamentos Gravidade X Faixa horária

A Figura 4 permite perceber picos de acidentes com feridos nos horários de 8 e 18 horas, enquanto que os picos de acidentes com mortes apontam os horários de 9 e 19 horas. Observa-se que a maior frequência de acidentes fatais ocorre na faixa horária de maior fluxo de veículos. No caso do pico principal, confrontando os períodos de 18 e 19 horas, pode-se inferir que a redução da luz do dia pode influenciar a ocorrência de acidentes fatais às 19 horas pela menor visibilidade tanto do condutor quanto do pedestre.

**Quadro 3:** Resultados do teste de Chi-quadrado para Gravidade X Faixa horária

Chi-quadrado calculado	42,8
Chi-quadrado tabelado (máximo esperado se a hipótese nula fosse verdadeira)	10,1
valor-p (probabilidade associada)	0,0014
Logo rejeita-se a hipótese nula, existe associação entre as variáveis; a distribuição de acidentes ao longo do dia é diferente para os acidentes com feridos e com morte.	valor-p < 0,05

A tabela dos resíduos padronizados (tabela 6) permite observar que em determinados horários a incidência de atropelamentos afasta-se dos valores esperados. Nesta tabela foram destacados os horários com 3 desvios padrão acima ou abaixo do valor esperado. A relação entre a hora dos atropelamentos e a gravidade do acidente destaca os acidentes que ocorrem entre 1 e às 5 horas, ou seja, as chances de um atropelamento neste horário ser fatal são muito mais altas que em todas as demais horas do dia.

**Tabela 6:** Resíduos padronizados para Gravidade X Faixa horária

Gravidade	1a5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	0
Feridos	-3,5	-0,5	1,5	0,5	-1,5	1,0	0,5	1,9	0,8	1,2	2,3	-0,2	1,1	0,4	-1,0	-2,2	-0,5	-0,9	-2,6	-1,7
Fatais	3,5	0,5	-1,5	-0,5	1,5	-1,0	-0,5	-1,9	-0,8	-1,2	-2,3	0,2	-1,1	-0,4	1,0	2,2	0,5	0,9	2,6	1,7

## 5. CONCLUSÕES

Os pedestres são os usuários mais vulneráveis do sistema viário e estão entre os grupos com o maior percentual de fatalidade nos acidentes viários. Para encontrar soluções que possam reduzir o número de fatalidades e de feridos nos acidentes de trânsito, a análise dos dados de acidentes de trânsito é essencial.

Diversos fatores afetam o risco e a gravidade de atropelamentos, fatores que podem estar associados ao comportamento dos usuários, aos veículos, a via, além de uma gama de fatores sociais e demográficos (Zegeer e Bushell, 2012). Hora do dia desempenha um papel importante na avaliação de acidentes, em grande parte porque fatores de risco estão presentes em maior frequência em determinados horários. A associação entre a frequência do acidente observada hora a hora e: dia da semana (1), tipo de veículo envolvido (2) e gravidade dos acidentes (3) permitiu verificar que existe associação entre as variáveis estudadas.

A comparação entre a frequência dos acidentes por hora em três cidades permite visualizar a variação na incidência dos atropelamentos durante as 24 horas do dia. A curva com a média de acidentes apresenta vales e picos que representam os horários de maior fluxo de veículos, além de permitir inferir os fatores sociais relacionados a variação dos acidentes. Os atropelamentos que ocorrem nas quintas-feiras às 13 horas ou nas quartas-feiras às 10 horas poderiam ser alvo de maior investigação buscando identificar quais as características que fazem com que apresentem um número maior de atropelamento que o esperado.

A associação entre a faixa horária e os dias da semana permite observar que em determinados horários a incidência de atropelamentos destaca-se por apresentar número de acidentes relativamente elevado, comparado aos demais dias da semana. Os dados analisados apresentam diferença para os atropelamentos a noite e madrugada nos finais de semana quando relacionados aos outros dias da semana.

A análise da relação entre a faixa horária e o tipo de veículo permite verificar a distribuição dos atropelamentos ao longo do dia. A análise destacou que acidentes envolvendo taxi podem estar relacionados à demanda por serviço à noite e na madrugada, e a busca dos profissionais em realizar um maior número de viagens possível neste pico de demanda. Outro ponto de destaque e que merece maiores investigações são os acidentes com ônibus que ocorrem às 17 horas.

A análise entre a faixa horária e a gravidade do atropelamento permite verificar que a distribuição dos atropelamentos ao longo do dia está associada à gravidade dos acidentes. Esta análise permite perceber que os atropelamentos com maior gravidade ocorrem em horário defasado e relação aos acidentes com feridos. Os acidentes fatais no horário das 19 horas, além de representar o horário de maior fluxo de veículos e pedestre podem estar associados a luminosidade do dia e a redução da visibilidade para os usuários da via.

A análise de pontos críticos permite que os acidentes possam ser mapeados e que estes locais possam ser tratados. No entanto a combinação de outras técnicas pode fornecer novas informações e apontar para aspectos ainda ocultos nos dados de acidentes. Este estudo permitiu explorar uma parcela destas informações com o objetivo de auxiliar em pesquisas futuras tanto como base para a definição de horários em que estudos observacionais podem ser planejados como na busca pelo entendimento do comportamento dos acidentes relacionados aos hábitos da população nas áreas estudadas.

Neste contexto analisar a relação do horário dos atropelamentos com os dias da semana, os veículos envolvidos e a gravidade dos acidentes permitiu verificar estatisticamente estas relações que fornecem informações relevantes e apontam para uma nova perspectiva de análise.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao CNPq, pela bolsa de estudos, e à Empresa Pública de Transporte e Circulação, pelo apoio na realização deste estudo.

## **REFERÊNCIAS**

BADEA, A.; FURONES, A. Multivariate modeling of pedestrian fatality risk through on the spot accident investigation. *International Journal of Automotive Technology*, v. 11, n. 5, p. 711-720, 2010. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/index/A164471V8LKL2070.pdf>>. Acesso em: 25/4/2012.

- BHATIA, R.; WIER, M. "Safety in Numbers" re-examined: Can we make valid or practical inferences from available evidence? *Accident; analysis and prevention*, v. 43, n. 1, p. 235-40, 2011. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21094319>>. Acesso em: 28/11/2010.
- DIOGENES, M. C.; LINDAU, L. A. Perfil dos atropelamentos em capitais brasileiras: o caso de Porto Alegre. XVI Congresso Latinoamericano de Transporte Publico y Urbano. Anais... p.1-11, 2010. México.
- ELLIOTT, H. Most Dangerous Times To Drive.pdf. FORBES.com, p. 2, 2009. Disponível em: <[www.forbes.com/2009/01/21/car-accident-times-forbeslife-ex\\_he\\_0121driving\\_print.html](http://www.forbes.com/2009/01/21/car-accident-times-forbeslife-ex_he_0121driving_print.html)>.
- ELVIK, R. To what extent can theory account for the findings of road safety evaluation studies? *Accident; analysis and prevention*, v. 36, n. 5, p. 841-9, 2004. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15203361>>. Acesso em: 17/7/2011.
- ELVIK, R. Why some road safety problems are more difficult to solve than others. *Accident Analysis & Prevention*, v. 42, n. 4, p. 1089-1096, 2010. Elsevier. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0001457509003340>>. Acesso em: 11/4/2011.
- FRIDSTRØM, L.; IFVER, J.; INGEBRIGTSEN, S.; KULMALA, R.; THOMSEN, L. K. Measuring the contribution of randomness, exposure, weather, and daylight to the variation in road accident counts. *Accident; analysis and prevention*, v. 27, n. 1, p. 1-20, 1995. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7718070>>.
- GRISWOLD, J.; FISHBAIN, B.; WASHINGTON, S.; RAGLAND, D. R. Visual assessment of pedestrian crashes. *Accident; analysis and prevention*, v. 43, n. 1, p. 301-6, 2011. Elsevier Ltd. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21094328>>. Acesso em: 26/4/2012.
- HILL, J.; CUERDEN, R. Development and implementation of the UK on the spot accident data collection study-phase I. London, 2005.
- LEAF, W. A.; PREUSSER, D. F. Literature review on vehicle travel speeds and pedestrian injuries. Washington, D.C., 1999.
- LIMA, I. M. DE O.; FIGUEIREDO, J. C.; MORITA, P. A.; GOLD, P. Learning-based Departure Time and Path Choice Modelling for Transit Assignment under Information Provision: A Theoretical Framework. IPEA/DENATRAN, 2008. Brasil. Disponível em: <<http://www.ipea.gov.br>>.
- MAIA, P. B. Mortalidade por Atropelamento. São Paulo, 2006.
- MOLINERO, A.; PERANDONES, J. M.; HERMITTE, T.; GWEHENGERBER, J. et al. Deliverable 1.1. Road users and accident causation . Part 1: Overview and general statistics. 2008.
- MOLINERO, A.; PERANDONES, J. M.; HERMITTE, T.; GRIMALDI, A. et al. Road users and accident causation . Part 2: In-depth accident causation analysis. 2008.
- NOLAND, R. B.; QUDDUS, M. A. An Analyses of Pedestrian and Bicycle Casualties Using Regional Panel Data. , v. 44, n. 0, 2004.
- NYS DOT. The New York City Pedestrian Safety Study & Action Plan. New York, 2010a.
- NYS DOT. The New York City Pedestrian Safety Study & Action Plan : Technical Supplement. New York, 2010b.
- PANITZ, M. A. A SEGURANÇA VIÁRIA E O FATOR HUMANO Verificação da presença de Álcool - Direção No Sistema de Transporte Rodoviário do RGS Verificação da presença de Álcool - Direção No Sistema de Transporte Rodoviário do RGS. ,1999.
- VASCONCELLOS, E. Reassessing traffic accidents in developing countries. *Transport Policy*, v. 2, n. 4, p. 263-269, 1995. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0967070X9500019M>>.
- ZEGEER, C. V.; BLOMBERG, R.; HENDERSON, D. Evaluation of Miami-Dade pedestrian safety demonstration project. Miami: NHTSA, 2008.
- ZEGEER, C. V.; BUSHELL, M. Pedestrian crash trends and potential countermeasures from around the world. *Accident; analysis and prevention*, v. 44, n. 1, p. 3-11, 2012. Elsevier Ltd. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22062330>>. Acesso em: 15/3/2012.
- World Bank. (s.d.). Road Safety. Disponível em: <<http://www.worldbank.org/transport/roads/safety.htm#datasystems>>. Acesso em: 15 de junho de 2010.