



## AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO DA SEGURANÇA VIÁRIA NO ENTORNO DE ESCOLAS MEDIANTE UMA ANÁLISE ESTATÍSTICA FUZZY

Letícia Oestreich<sup>1</sup>

Jean Augusto Lemes<sup>1</sup>

Richard Ortiz Menna<sup>2</sup>

Tânia Batistela Torres<sup>1</sup>

Alejandro Ruiz-Padillo<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Santa Maria-Campus Cachoeira do Sul

Laboratório de Mobilidade e Logística (LAMOT)

<sup>2</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Laboratório de Sistemas de Transportes (LASTRAN)

### RESUMO

A promoção da segurança viária nos entornos escolares cria condições para o desenvolvimento de locais mais seguros, incentivando diretamente na mobilidade independente dos jovens. O presente artigo objetivou analisar a percepção de segurança viária dos alunos de escolas públicas e privadas mediante a aplicação de uma modelagem fuzzy para avaliação estatística com o método Qui-Quadrado. Os dados analisados foram obtidos a partir de questionários qualitativos aplicados a alunos de ensino médio e das características de áreas definidas no entorno das escolas de forma a levar em consideração o ambiente representativo desses locais. Os resultados alcançados mostram que a percepção dos alunos sofre influência de aspectos, tais como tipo de escola, série cursada, turno e gênero, sendo que escolas situadas em áreas mais movimentadas são as que apresentam maior risco na visão dos alunos sobre os elementos do tráfego.

### ABSTRACT

The promotion of road safety in school areas creates conditions for the development of safer places, encouraging directly independent mobility of young people. The present article aims to analyze the perception of road safety of public and private school students by applying a fuzzy model for statistical evaluation using Chi-square method. Input data were obtained from qualitative questionnaires applied to high school students and from the characteristics of surrounding areas in order to take into account the representative environment of the schools. The results achieved show that aspects such as type of school, degree of schooling, studied shift and gender influence the students' perception, so that the schools located in the busiest areas present the highest risk from the students' point of view of the traffic elements.

### 1. INTRODUÇÃO

A segurança viária tornou-se, nas últimas décadas, um elemento chave no desenvolvimento de projetos e no gerenciamento da operação de transporte rodoviário devido ao aumento da ocorrência de acidentes de trânsito. Anualmente, são perdidas cerca de 1,25 milhão de vidas por acidentes de trânsito em todo o mundo, sendo esta a primeira causa de morte entre jovens de 15 a 19 anos e a segunda causa para jovens entre 5 a 14 anos. Nesse contexto, o Brasil se encontra no 5º lugar entre os países com mais mortes no trânsito (WHO, 2015).

O trânsito no Rio Grande do Sul também é afetado, chegando a fazer 1680 vítimas fatais em 2016 (DETRAN, 2016). Se nada fosse feito, as previsões se tornam perturbadoras para 2030: as mortes no trânsito chegariam a ser a principal causa de morte e a sétima principal causa de invalidez entre as pessoas do mundo todo (Peden, 2008). Os esforços para salvar vidas no trânsito são globais, dentre os quais destacam-se as ações orientadas pela década de Ação para a Segurança Viária, que objetiva reduzir até 2020 em 50% as mortes e lesões decorrentes da accidentalidade. Dessa forma, os países signatários, como o Brasil, passam a buscar o desenvolvimento sustentável comprometido com a melhoria da segurança viária (ANTP *et al.*, 2011; De Campos *et al.*, 2013; United Nations, 2016).

Entretanto, a alta taxa de motorização decorrida da expansão urbana ainda é um problema, e está diretamente relacionada com as mortes de trânsito, principalmente à morte de pedestres (Ewing, 2003). Nos entornos escolares, o alto risco de exposição a acidentes é um dos fatores que leva os pais a optarem por levarem seus filhos às escolas por modo motorizado (Romero, 2011), tendo como consequência uma alta geração de tráfego nos entornos escolares (Clifton e



Kramer-Filts, 2007), tornando a ambiente urbano próximo menos atrativo e seguro para os alunos realizarem viagens a pé (Andreou, 2010).

Contudo, em estudos realizados em países onde há um grande incentivo da mobilidade independente de crianças, as taxas de accidentalidade são pequenas (Jensen, 2008). Outros estudos que analisam a implantação de projetos de Rotas Seguras, como na Califórnia (EUA), os resultados mostram que houve um aumento na utilização de modos de mobilidade independente de crianças na ida à escola (Boarnet, 2005). Entende-se que esses projetos de rotas seguras incluem uma série de medidas a serem tomadas para tornar o entorno escolar mais seguro. Porém, à medida que a análise da percepção de segurança viária entre as crianças é obtida, pode-se definir quais são os fatores que afetam a sua mobilidade, de forma a tomar decisões possíveis para a mudança no seu trajeto, tornando-o mais seguro e atrativo.

Dessa forma, o objetivo principal deste trabalho é analisar a percepção de segurança viária em torno de escolas da cidade de Cachoeira do Sul-RS em relação aos componentes de tráfego. Para isso, foi realizada uma análise estatística com o método Qui-Quadrado baseado na modelagem *fuzzy*, a partir dos resultados de questionários aplicados a amostras de alunos de ensino médio. Também foram analisadas as características socioeconômicas, viárias e de accidentalidade das diferentes escolas selecionadas para o estudo como forma de obter um perfil dessas.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Diariamente, crianças e jovens se deslocam para poder chegar à sua escola e, devido ao grande fluxo de veículos, esses locais acabam se tornando suscetíveis ao envolvimento de jovens e crianças em acidentes. A mobilidade independente das crianças é fortemente afetada pela permissão dos pais (McDonald *et al.*, 2013), entretanto, crianças de mais idade tendem a tomar decisões mais seguras que as mais jovens (Abdel-Aty, 2007). Além disso, crianças com capacidade cognitiva em desenvolvimento tendem a ser mais vulneráveis e, por isso, são expostas a acidentes com mais facilidade (Jensen, 2008). Do mesmo modo, as crianças são fortemente influenciadas pelo modo de viagem adotado pelos pais, mesmo que para curtas distâncias, devido ao fato de que os pais tendem a levar seus filhos à escola antes da ida ao trabalho, por exemplo (Merom, 2006). Dentre os fatores que estão constantemente associados ao receio dos pais em permitir que seus filhos realizem as viagens à escola a pé estão o elevado volume de veículos e a alta velocidade desempenhada por eles, pois afetam tanto o número quanto a severidade dos acidentes (Elvik *et al.*, 2004; Orenstein *et al.*, 2007; Romero, 2011).

Sendo assim, a segurança no trânsito está relacionada com a interação das pessoas com o ambiente, as vias e os veículos que juntos criam a qualidade de vida nas cidades (Welle *et al.*, 2015). Portanto, um acidente pode ser entendido não como resultado de apenas um fator responsável, mas como um evento resultante dos fatores contribuintes (Treat *et al.*, 1979) que atuam como componentes do sistema de trânsito. Dentre os fatores que atuam como componentes de tráfego, podemos citar os principais: o homem, a via, o veículo, o ambiente e fatores socioeconômicos (Raia Jr. *et al.*, 2006). O componente homem se estuda no posto de pedestre ou motorista; o elemento via refere-se àquelas destinadas para pedestres, como calçadas, ou para veículos, como faixas de rolamento, ciclovias, ciclofaixas ou faixas de ônibus; o elemento veículo pode ser motorizado (carros, caminhões, ônibus e motocicletas), ou não motorizado (bicicletas); finalmente, quanto ao elemento ambiente e fatores socioeconômicos, leva-se em consideração aqueles aspectos relacionados às características da região estudada.

Desta forma, em relação ao componente de tráfego homem, é importante destacar que, sendo pedestre ou ciclista, sua presença em um acidente converte-os nos usuários mais vulneráveis do tráfego (Welle *et al.*, 2015). Entretanto, casos como na Noruega, onde as crianças utilizam muito a bicicleta em seus trajetos de ida a escola, mostram que não é frequente o número de



mortes envolvendo crianças no país (Jensen, 2008), fenômeno conhecido como “*Safety in Numbers*” e que sugere que os comportamentos dos motoristas no trânsito são mais controlados à medida que as pessoas andam a pé ou utilizam a bicicleta (Jacobsen, 2003). Além disso, os jovens são os que mais podem apresentar comportamentos arriscados, resultando em acidentes com maior severidade ou fatalidade envolvido (Faria e Braga, 1999).

Ainda a respeito do componente homem, na visão desse como motorista, um estudo realizado nos Estados Unidos identificou a variável nível alcoólico como um dos fatores que está diretamente relacionado a maiores taxas de acidentes fatais (Zlatoper, 1991). Por outro lado, para Abdel-Aty (2003), a ocorrência de acidentes de trânsito com maior grau de severidade de lesões está associada ao perfil de condutor que tem idade mais avançada, que é do sexo masculino e que não estava usando cinto de segurança.

Em relação ao componente de tráfego veículo, os altos valores de volume e de velocidades de operação dos veículos desempenhados em vias de áreas comerciais estão vinculados ao aumento de acidentes e ferimentos devidos ao trânsito (Dumbaugh e Rae, 2009), sendo que, analisado isoladamente, o excesso de velocidade é o fator que apresenta maior efeito no número de acidentes e na severidade desses (Elvik *et al.*, 2004). A severidade do acidente também está relacionada ao grande número de motocicletas trafegando nas vias, devido ao fato de que as motocicletas são os veículos mais sensíveis entre os veículos motorizados (Vasconcellos, 2013). Por sua parte, o envolvimento de veículos pesados em acidentes com crianças, em países de baixa e média renda, está associado àqueles acidentes ocasionados por veículos de transporte público, normalmente precários (Peden, 2008).

Além do volume veicular, em relação ao componente de tráfego via, é importante ressaltar a influência dos conflitos viários. Como forma de diminuir as ocorrências de acidentes em torno das escolas, Clifton e Kreamer-Filts (2007) sugerem que a presença de calçada é um fator favorável a segurança, uma vez que mesmo que a maioria dos alunos sejam levados à escola por veículos motorizados, ao descerem dos veículos todos tornam-se pedestres. Sendo assim, a separação dos pedestres e veículos nas entradas das escolas pode tornar o ambiente mais seguro para as crianças. Outra questão relevante sobre o assunto é a de que muitos pais tendem a relacionar os riscos de envolvimento das crianças em acidentes com a existência de descontinuidades de passeios e quantidade de travessias que precisam ser realizadas, fatores que estão intimamente relacionados com a severidade de acidentes (Ahlport *et al.*, 2006).

Em relação ao ambiente viário, também é necessário considerar a sinergia entre os elementos via e homem. A forma como as cidades são estruturadas e os costumes que nelas se encontram são fatores de grande influência na segurança viária: cidades mais seguras são aquelas que apresentam boas condições de ciclismo e caminhada, e para aqueles trajetos de curtas distâncias possuem menos carros nas vias (Welle *et al.*, 2015). A diminuição da velocidade média em torno das escolas é um fator que reduz significativamente a severidade dos acidentes envolvendo pedestres e ciclistas (Boarnet, 2005). Nesse sentido, o desenho urbano tem influência na accidentalidade, mais especificamente na severidade de acidentes, uma vez que as áreas mais conectadas têm sido associadas a uma menor velocidade e severidade de acidentes com pedestres (Zahabi *et al.*, 2011). Por outro lado, as interseções com quatro ou mais vias que tornam as áreas mais conectadas, causam mais conflitos entre usuários, e têm sido associadas ao aumento da frequência não ponderada de atropelamentos (Ukkusuri *et al.*, 2012; Dumbaugh e Rae, 2009; Elvik *et al.*, 2004).

Em uma análise da relação entre a estrutura urbana e a accidentalidade no Texas, EUA, foi constatado que as vias arteriais, por possuírem um alto desenvolvimento comercial, estavam associadas ao aumento da incidência de acidentes de tráfego, enquanto que regiões que possuíam alta densidade populacional, mas, com baixo desenvolvimento de comércio, foram



associadas a menos acidentes (Dumbaugh e Rae, 2009). Entretanto, em um estudo nacional, realizado na cidade de São Carlos – SP, foi identificado que as escolas localizadas próximas ao centro e em vias com hierarquia superior possuíam índices de insegurança reduzidos, ao passo que escolas que se localizavam nas periferias possuíam índice de insegurança maior (Raia Jr *et al.*, 2006). Isso pode ser explicado pelo fato de que no entorno das escolas situadas em regiões periféricas os veículos desenvolvem uma velocidade maior devido ao baixo volume de tráfego, ocasionando maior número de acidentes nesses locais.

Para Abdel-Aty (2007), algumas características, como maior número de faixas e o limite de velocidade elevado em torno das escolas, indicam uma maior probabilidade do envolvimento de jovens do ensino médio do que os do ensino fundamental em acidentes. Essa ocorrência pode estar relacionada ao fato de que a mobilidade independente está mais associada a crianças de mais idade, as quais, nessa situação, são expostas ao tráfego; enquanto que as crianças mais novas tendem a ser levadas à escola pelos pais, reduzindo assim o grau de exposição a riscos.

Em relação ao componente do tráfego ambiente, Vasconcellos (2013) constatou que a maioria dos acidentes de trânsito, envolvendo pedestres, ocorrem no período verificado como dias úteis, justificado com o fato de que a circulação de motocicletas é muito mais intensa neste período devido às atividades comerciais e de negócios. Nascimento e Goldner (2014) conseguiram identificar em um estudo em torno de escolas da Ilha de Santa Catarina (SC) que a maior parte dos acidentes envolvendo pedestres e ciclistas ocorreram em dias úteis e coincidiram com horários de entrada e saída das escolas.

A iluminação também é um fator muito importante, visto que a probabilidade da ocorrência de um acidente de trânsito em uma via urbana é maior à noite, devido à redução da visibilidade juntamente com a elevada velocidade à qual os veículos costumam trafegar nesses horários (Abdel-Aty, 2003). Outro fator, também associado às taxas de acidentes maiores ocorridas à noite, é dado pelo envolvimento de pedestres em acidentes com as saídas de pistas (Elvik *et al.*, 2004).

Em relação aos fatores socioeconômicos, estudos sugerem que países de baixa e média renda são os que possuem números mais elevados de mortes de crianças no trânsito, de forma que os países que apresentam taxas de lesões mais baixas são os que possuem políticas sobre acidentes viários bem definidas com base em abordagens fundamentadas em leis e princípios de segurança (Peden, 2008). Famílias de baixa renda normalmente não têm condições de possuir um carro e, portanto, os filhos tendem a ir a pé para a escola ou até a parada do transporte público, sendo que estas crianças caminham duas vezes mais para chegar à escola do que as crianças que possuem maior renda (Meron, 2006). Esse fato pode estar relacionado ao risco que essas crianças estão expostas ao serem usuários vulneráveis diante do tráfego veicular.

Por fim, a localização das escolas é outro fator que influencia na segurança: escolas situadas em áreas de grande densidade populacional têm sido associadas a atropelamentos mais severos (Clifton e Kreamer-Filts, 2007). No entanto, a generalização das evidências mais atuais sugere o contrário: ambientes urbanos mais compactos, de forma geral, estão relacionados inversamente à taxa de mortes no trânsito – entendida como a alta severidade (Ewing *et al.*, 2016).

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 Cenário de estudo

O presente estudo foi aplicado na cidade de Cachoeira do Sul, na região do Vale do Jacuí, estado do Rio Grande do Sul. Foram selecionados alunos de ensino médio de três escolas da cidade, sendo que duas eram públicas da rede estadual e uma particular. A escola privada (denominada A) está localizada entre uma área central e um bairro da cidade, e das escolas públicas, uma se



localiza na região central (escola B), embora receba alunos procedentes de toda a cidade e das áreas rurais circunvizinhas, e a outra em uma região periférica da cidade (C). A escolha das escolas foi proposital, de forma a tornar possível a análise da diferente realidade dos jovens e da região onde se encontram. A amostra selecionada abrangeu alunos das três séries de ensino médio, entretanto ressalta-se que a escola denominada como A não possuía alunos da série segundo ano, devido a uma reforma escolar.

### **3.2 Obtenção de dados de percepção de segurança viária em torno das escolas**

A percepção de segurança viária em torno das escolas foi analisada através da realização de uma pesquisa qualitativa com a aplicação de questionários aos alunos selecionados. A elaboração do questionário contou, inicialmente, com questões fechadas que caracterizam o tipo de aluno, identificando a escola na qual o jovem está inserido, bem como a sua idade a série. Elaborou-se questões que caracterizavam o tipo de transporte que o aluno utiliza para ir e voltar da escola, bem como por qual meio de transporte o aluno acredita se sentir mais ameaçado em seu trajeto. Finalmente, preparou-se questões baseadas nas variáveis que afetam os componentes do tráfego, para avaliar o entendimento dos alunos sobre a segurança viária no entorno de suas escolas, com questões que investigam a sua sensibilidade em relação às vias e seus componentes, aos veículos e seus tipos e ao ambiente em que elas se encontram.

As respostas possíveis foram baseadas na Escala *Likert* (Likert, 1932), que busca verificar o nível de conformidade do indivíduo, através de graus de concordância que variam entre favorável e desfavorável sobre o assunto (Pasquali, 1996). O presente estudo utilizou uma escala contendo cinco graus de concordância, buscando avaliar o grau de segurança ou de prejuízo à segurança, devido à influência das variáveis definidas.

### **3.3 Caracterização das áreas escolares**

Foi realizada uma delimitação de uma área de entorno escolar definida por 400 metros lineares a partir do acesso principal da escola, sendo interseções as extremidades. Entretanto, devido às irregularidades do traçado, existem eventuais variações das dimensões das ruas.

Os entornos escolares foram caracterizados quanto: (i) a accidentalidade: análise de boletins de ocorrência (B.O.) de acidentes nas áreas de estudo, disponibilizados pela Brigada Militar da cidade; (ii) o desenho urbano e as medidas de engenharia de tráfego: parcela de interseções com quatro aproximações e de interseções com semáforos, respectivamente, ambas por análise em *software* geoespacial – Sistema de Informação geográfica (SIG); (iii) a infraestrutura para pedestre: análise de disponibilidade de travessia mensurada no quarteirão da escola (variável *dummy*, em que 1 indica que há disponibilidade de travessia) a partir da adoção de ferramentas geoespaciais; e (iv) análise geoespacial da renda domiciliar média a partir de bases do último Censo.

A compilação dos dados dos B.O. foi limitada àqueles acidentes ocorridos dentro da área pré-definida nos dias letivos e horários de entrada e saída de alunos das escolas. Nesta análise, foram compilados dados relacionados às diferentes variáveis identificadas na revisão bibliográfica. A aplicação da metodologia proposta para o estudo foi testada sobre os dados um ano completo (2016). Dessa forma, as inferências sobre a frequência de acidentes ficam limitadas pelo viés imposto pela flutuação inerente aos registros de acidentes do período analisado – que afeta, principalmente períodos menores que três anos (AASHTO, 2010).

A análise da frequência de acidentes foi realizada a partir dos pesos atribuídos para a severidade conforme a Unidade Padrão de Severidade (UPS) (CEFTRU, 2002), em que aos acidentes com exclusivamente danos materiais é atribuído peso 1, aos acidentes com vítimas feridas é atribuído

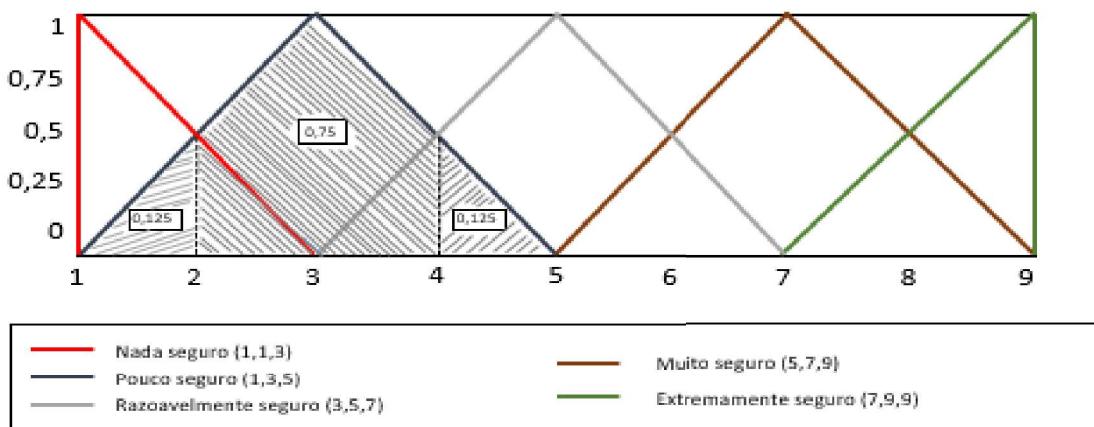


peso 4, aos acidentes com vítima fatal é atribuído peso 6, e aos acidentes com feridos envolvendo pedestres é atribuído peso 13.

### 3.3 A modelagem *fuzzy* e o Método Qui-Quadrado

O estudo da percepção de segurança viária dos jovens se encontra influenciado por diversos fatores em um ambiente caracterizado pelo quanto vagas são as avaliações, de forma que um determinado entorno não pode ser descrito com precisão como nada seguro ou totalmente seguro. Esse fato tem influência na análise sobre o pensar dos tomadores de decisões ou avaliadores sobre o assunto tratado, de forma que se faz necessário medir o grau de incerteza das respostas (Ruiz-Padillo *et al.*, 2016).

Com o objetivo de capturar essas informações vagas, a modelagem difusa (*fuzzy*) busca avaliar as respostas de forma gradativa, caracterizando um perfil de análise matemática de juízos mais humana, comparada à análise convencional de dados que atribui valores exatos de 1 ou 0 (dados *crisp*, em oposição a *fuzzy*), em função da pertinência ou não, respectivamente, a uma determinada categoria (Lin *et al.*, 2012; Chenci *et al.*, 2011). No presente trabalho, foram utilizados números *fuzzy* triangulares aplicados a uma escala *Likert* com os cinco graus de concordância definidos conforme a Figura 1 representados com números ímpares.



**Figura 1:** Representação dos números *fuzzy* aplicados à escala *Likert*.

O método Qui-Quadrado é usado para testar hipóteses entre dados observados e estimados (Callegari-Jacques, 2005). A análise estatística  $\chi^2$  utilizando a modelagem *fuzzy* se assemelha com a estatística Qui-Quadrado convencional, definida conforme a Equação 1 (Grzegorzewski e Jedrej, 2015).

$$T = \sum_{i=1}^k \frac{(\tilde{n}_i - \tilde{n}p_i)^2}{\tilde{n}p_i} \quad (1)$$

em que  $T$  é o valor de Qui-Quadrado calculado, sendo que, para amostras grandes o valor de  $T$  se aproxima a distribuição Qui-Quadrado com  $k-1$  graus de liberdade. O somatório das diferenças das frequências esperadas  $\tilde{n}p_i$  dos  $i$  números da amostra e observadas da amostra  $\tilde{n}_i$  ao quadrado, dividido pelos dados esperados, vai definir se a hipótese assumida para a análise é aceita ou rejeitada. Os dados observados na amostra  $\tilde{n}_i$  são definidas mediante o somatório das integrais da área dos conjuntos modelados conforme a equação 2 (Grzegorzewski e Jedrej, 2015).

$$\tilde{n}_i = \sum_{j=1}^k \frac{\int_{\xi_{i-1}}^{\xi_i} \mu_{A_j}(x) dx}{\int_{\mathbb{R}} \mu_{A_j}(x) dx} \quad (2)$$

em que  $\mu_{A_j}$  é a função de pertinência do dado difuso e  $\xi_i$  são os limites dos intervalos das respostas. Os valores dessas integrais são de fácil resolução quando utilizados números *fuzzy* triangulares, de modo que para cada resposta marcada no questionário, assume-se que a



percepção de risco do participante encontra-se em dentro do intervalo  $(\xi_{i-1}, \xi_i]$  da alternativa marcada (0,75) e um pouco nos intervalos adjacentes (0,125 para cada lado, ou 0,25 no caso dos extremos), conforme ilustra a Figura 1 para o exemplo da avaliação do número fuzzy  $\tilde{3} = (1, 3, 5)$ .

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Variáveis que influenciam nos componentes do tráfego

Com base na revisão bibliográfica apresentada neste estudo, elaborou-se a Tabela 1 em que constam variáveis definidas como atuantes sobre os componentes de tráfego. A definição dessas variáveis serviu como base para a análise e coleta dos dados: mediante os boletins de ocorrência (B.O.) para análise de accidentalidade, para a elaboração do questionário aplicado aos alunos e para caracterização dos locais de estudo. As variáveis estão separadas entre os componentes de tráfego (homem, via, veículo, ambiente e fatores socioeconômicos) às quais as mesmas pertencem, bem como o seu tipo, a unidade de avaliação, fonte do dado, e as referências que serviram como base para a escolha da variável.

### 4.2 Caracterização do perfil dos alunos a partir da análise das respostas aos questionários

A partir da aplicação dos questionários foi possível analisar a percepção de 501 estudantes entre o primeiro e o terceiro ano do ensino médio de três diferentes escolas da cidade de Cachoeira do Sul. A análise do padrão de viagens declarado pelos alunos permitiu identificar que para a ida à escola o modo a pé é o mais utilizado, concentrando aproximadamente 47% dos entrevistados, seguido do transporte coletivo por ônibus, com 28,35%. Para a volta da escola o modo a pé concentra ainda mais usuários: 53,77% dos respondentes. A Tabela 3 descreve a parcela de utilização de cada modo por usuários das diferentes escolas e séries cursadas.

Entretanto, ao analisar esses dados por escola, tem-se que para a escola particular (*A*), o modo mais utilizado é o carro com valores médios de ida e volta das séries cursadas de 64,03%, e para a escola pública periférica (*C*) o mais utilizado é a pé com média para ida e volta de 83,4%. Percebe-se que alunos da escola *C* caminham mais que os alunos da escola *A*, resultado que pode ser entendido conforme o estudo de Merom (2006) onde foi obtido que crianças de baixa renda caminham mais que crianças de renda mais alta. Por outro lado, na escola pública central *B* o modal mais utilizado na ida é o ônibus com uma média de 44,81% e para a volta este valor diminui, sugerindo a chegada dos alunos rurais de transporte coletivo e sua volta por outros modos.

Com relação à série cursada, tem-se para a escola particular *A* uma redução significativa da utilização do carro na ida à escola para alunos do terceiro ano com 56,25% em relação aos alunos do primeiro ano (74,19%), variação que também se mantém para a volta, evidenciando, o aumento da mobilidade independente e, demonstrando que a influência dos pais na escolha do modal utilizado pelos alunos diminui gradativamente conforme a série cursada, semelhante ao que já foi reportado por estudos anteriores (McDonald *et al.*, 2013; Merom, 2006).

Ao analisar o veículo pelo qual alunos se sentem mais ameaçados nas entradas e saídas da escola, conforme a Tabela 4, verifica-se que em média é o carro, com 70,36% da população abrangida, valor que para a escola privada *A* é superior, com 78,57% de média. Esse dado pode ser analisado junto à bibliografia revisada: pelo fato dos pais levarem os alunos para a escola, o que gera um maior volume de tráfego no entorno desses locais, tornando-os mais suscetíveis a falhas (Elvik *et al.*, 2004; Orenstein *et al.*, 2007, Romero, 2011), tendência que acaba por provocar uma percepção do risco maior nos alunos dessa escola.



**Tabela 1:** Resumo das variáveis que atuam sobre os componentes do tráfego.

Comp. do tráfego	Tipo	Fatores estudados	Unidade	Fonte coleta	Referências
Homem	Pedestre	Presença de pedestre	Sim/Não	B.O.	Welle <i>et al.</i> , (2015), Ewing, (2003), Rothman <i>et al.</i> (2014), Jensen (2008)
		Faixa etária	-	B.O.	Jensen (2008), Abdel-Aty, (2007), Zlatoper (1991), Faria e Braga (1999)
		Sexo	Fem. / Masc.	B.O.	Peden (2008)
	Motorista	Equipamentos de proteção	Sim/Não	B.O.	Zlatoper (1991), Vasconcellos (2013), Abdel-Aty (2003)
		Alcoolismo	Sim/Não	B.O.	Abdel-Aty (2007), Zlatoper (1991)
		Faixa etária	-	B.O.	Zlatoper (1991), Abdel-Aty (2003), Abdel-Aty (2007), Vasconcellos (2013)
		Sexo	Fem. / Masc.	B.O.	Zlatoper (1991), Abdel-Aty (2007), Abdel-Aty (2003)
Via	Para pedestres	Calçada	Sim/Não	SIG/ <i>in loco</i>	Elvik <i>et al.</i> (2004), Clifton e Kreamer-Filts (2007)
		Travessia	Sim/Não	SIG/ <i>in loco</i>	Ahlport <i>et al.</i> (2006)
	Para veículos	Intersecção	Sim/Não	SIG	Elvik (2006), Boarnet (2005), Jensen (2008), Vasconcellos (2013)
		Semáforo	Sim/Não	SIG/ <i>in loco</i>	Boarnet, (2005), Vasconcellos (2013)
		Volume elevado	Sim/Não	SIG/ <i>in loco</i>	Romero (2011), Clifton e Kreamer-Filts (2007), Elvik <i>et al.</i> (2004), Abdel-Aty (2007)
Ambiente	-	Dia de semana	Sim/Não	B.O.	Dumbaugh e Era (2009), Vasconcellos (2013), Nascimento e Goldner (2014)
		Horário de pico	Sim/Não	B.O.	Nascimento e Goldner (2014), Clifton e Kreamer-Filts (2007)
		Iluminação	Dia/Noite	B.O.	Elvik <i>et al.</i> (2004), Abdel-Aty (2003)
		Chuva	Sim/Não	B.O.	Elvik <i>et al.</i> (2004)
		Área Comercial	Sim/Não	SIG/ <i>in loco</i>	Dumbaugh e Era (2009), Raia Jr <i>et al.</i> (2006), Clifton e Kreamer-Filts (2007)
Veículo	Motorizado	Leves	Sim/Não	B.O.	Ewing (2003), Zlatoper (1991)
		Pesados	Sim/Não	B.O.	Peden (2008)
		Motocicletas	Sim/Não	B.O.	Vasconcellos (2013)
		Velocidade	Km/h	B.O.	Elvik <i>et al.</i> (2004), Zlatoper (1991), Boarnet (2005), Dumbaugh e Rae (2009), Abdel-Aty (2007)
	Não Motoriz.	Bicicleta	Sim/Não	B.O.	Jensen (2008), Welle <i>et al.</i> (2015)
Socioeconômicos	-	Densidade Populacional	Hab/m <sup>2</sup>	IBGE	Clifton e Kreamer-Filts (2007), Ewing (2003), Dumbaugh e Era (2009), IBGE (2010)
		Renda	R\$	IBGE	Vasconcellos (2013), Peden (2008), Merom (2006), IBGE (2010)

**4.3 Caracterização do entorno escolar a partir da análise espacial e dos dados de acidentes**  
O cálculo da UPS a partir dos dados dos acidentes, conforme a região abrangida das três escolas do estudo, mostra os seguintes resultados: para a escola A, 34; para a B, 115; e para a escola C, apresenta 21. Para a escola pública central B há mais registros de acidentes, já que a região compreendida no entorno escolar possui grande número de atividades comerciais e, portanto, apresenta um maior volume de veículos, e respectivamente, mais conflitos nesses locais, conforme relação já sugerida por estudo prévio (Dumbaugh e Rae, 2009). As características de



entorno das escolas são descritas pela Tabela 2, evidenciando as diferenças entre as áreas analisadas.

**Tabela 2:** Características das áreas escolares

Escola	Área abrangida	Intersecção 4 aproximações	Travessias (dummy)	Interseções c/semáforo	Passeio no quarteirão (%)	Renda média domiciliar (R\$)
<i>A</i>	Centro/residencial	88%	1	0,0%	100	3588,56
<i>B</i>	Centro	43%	1	4,8%	100	2213,20
<i>C</i>	Periférica	45%	0	0,0%	0	1066,53

É possível observar que a escola *B* é a única que apresenta parcela de interseções com semáforos. Nesse sentido, embora essa medida tenha o objetivo de segregar os conflitos de tráfego entre os diferentes usuários, também atua como *proxy* do volume de tráfego.

**Tabela 3:** Modo de transporte utilizado na ida/volta, por série e por escola [%]

Série/Escola	Bicicleta		Pé		Carro		Motocicleta		Ônibus		Outros	
	Ida	Volta	Ida	Volta	Ida	Volta	Ida	Volta	Ida	Volta	Ida	Volta
1º ANO	0,60	13,45	44,91	52,05	22,16	18,71	3,59	2,92	28,74	11,70	0,00	1,16
<i>A</i>	0,00	0,00	16,13	19,35	74,19	74,19	3,23	0,00	6,45	6,45	0,00	0,00
<i>B</i>	1,06	23,96	34,04	43,75	13,83	9,38	3,19	3,13	47,87	17,71	0,00	2,08
<i>C</i>	0,00	0,00	90,48	93,18	2,38	0,00	4,76	4,55	2,38	2,27	0,00	0,00
2º ANO	1,00	0,97	50,00	54,37	14,00	13,59	1,00	2,91	32,00	26,21	2,00	1,94
<i>B</i>	1,33	1,35	41,33	47,30	14,67	13,51	0,00	1,35	41,33	35,14	1,33	1,35
<i>C</i>	0,00	0,00	76,00	72,41	12,00	13,79	4,00	6,90	4,00	3,45	4,00	3,45
3º ANO	0,88	0,81	47,37	55,65	26,32	22,58	0,88	2,42	24,56	18,55	0,00	0,00
<i>A</i>	0,00	0,00	21,88	27,27	56,25	51,52	0,00	0,00	21,88	21,21	0,00	0,00
<i>B</i>	0,00	0,00	30,95	46,51	21,43	18,60	2,38	6,98	45,24	27,91	0,00	0,00
<i>C</i>	2,50	2,08	85,00	83,33	7,50	6,25	0,00	0,00	5,00	8,33	0,00	0,00
TOTAL	0,79	6,28	46,98	53,77	21,26	18,59	2,10	2,76	28,35	17,59	0,52	1,00

**Tabela 4:** Veículo pelo qual os alunos se sentem mais ameaçados, por escola [%]

Escola	Bicicleta	Carro	Motocicleta	Ônibus	Outro
<i>A</i>	5,10	78,57	12,24	4,08	0,00
<i>B</i>	1,20	69,20	13,60	12,40	3,60
<i>C</i>	1,65	66,12	15,70	10,74	5,79
TOTAL	2,13	70,36	13,86	10,23	3,41

Com relação à natureza da ocorrência, todos os acidentes analisados tiveram danos materiais aos veículos envolvidos, de forma que foi discriminado se tiveram lesões corporais ou não. Os resultados, mostrados na Tabela 5, demonstram que 60,3% dos acidentes foram sem lesões corporais. Entretanto, ao analisar separadamente, têm-se que para a escola *C* os acidentes com lesões corporais são superiores à média geral, chegando a 80%. Esse fato pode ser justificado conforme o estudo realizado por Raia Jr *et al.* (2006) em que o autor identificou que em torno de escolas localizadas em regiões periféricas o índice de insegurança é maior, dadas as maiores velocidades propiciadas pelo baixo volume de tráfego, contribuindo com o aumento da severidade dos acidentes.

**Tabela 5:** Acidentes por natureza da ocorrência [%]

Escola	Sem lesões corporais	Com lesões corporais
<i>A</i>	73,7	26,3
<i>B</i>	59,2	40,8
<i>C</i>	20,0	80,0
TOTAL	60,3	39,7

#### 4.3 Análise da percepção dos alunos sobre segurança viária em torno das escolas

Para a aplicação do método Qui-Quadrado *fuzzy*, utilizou-se para a hipótese nula  $H_0$  a seguinte questão: “Não existe a diferença entre o risco percebido devido [parâmetro] entre alunos da mesma [classe]”. Foram utilizadas seis classes segundo o perfil dos alunos: escola, série, gênero, faixa etária, turno em que estuda e envolvimento prévio em acidentes; e doze



parâmetros para teste, segundo as principais variáveis encontradas na literatura: risco percebido, trânsito, presença de chuva, velocidade de operação dos veículos, travessias fora da faixa de pedestre, travessias dentro da faixa de pedestres, presença de semáforos, existência de calçadas, cruzamentos, motoristas jovens, motoristas idosos, motoristas alcoolizados e uso de equipamentos de segurança. Assim, foram realizados um total de 72 testes (ao nível de significância de 0,05), dentre os quais foi possível negar  $H_{0i}$  para 6, ou seja, o valor de Qui-Quadrado com números *fuzzy* foi superior ao valor crítico tabelado. A Tabela 6 mostra as hipóteses rejeitadas, numeradas de 1 a 6 por simplificação.

**Tabela 6:** Resumo dos testes de Qui-Quadrado com números *fuzzy*.

Hipótese	Classe	Parâmetro	X <sup>2</sup> calc	X <sup>2</sup> 0,05, gdl
$H_{01}$	Gênero	Semáforo	16,36	9,49
$H_{02}$	Gênero	Calçadas	13,42	9,49
$H_{03}$	Escola	Calçadas	47,24	15,51
$H_{04}$	Série	Chuva	27,78	15,51
$H_{05}$	Turno	Chuva	24,84	15,51
$H_{06}$	Turno	Faixa de pedestres	20,78	15,51

Analizando os valores observados e esperados das hipóteses rejeitadas, é possível concluir que:

- $H_{01}$ : meninas se sentem mais inseguras em relação a semáforos do que meninos;
- $H_{02}$ : meninas se sentem mais inseguras em relação a calçadas do que meninos;
- $H_{03}$ : alunos de diferentes escolas percebem o risco devido a calçadas de maneira diferente, sendo que alunos da escola *B* se sentem mais inseguros do que os alunos das escolas *A* e *C*;
- $H_{04}$ : alunos de diferentes séries percebem o risco devido à chuva de maneira diferente, sendo que alunos da 3<sup>a</sup> série percebem mais o risco do que alunos da 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> série;
- $H_{05}$ : alunos de diferentes turnos percebem o risco devido à chuva de maneira diferente, sendo que alunos da manhã se sentem mais inseguros do que os alunos de outros turnos, enquanto que alunos da tarde se sentem mais seguros que os demais alunos;
- $H_{06}$ : alunos de diferentes turnos percebem o risco devido à travessia na faixa de pedestre de maneira diferente, sendo que alunos da manhã se sentem mais seguros do que os alunos de outros turnos, e os alunos da tarde se sentem mais inseguros que os demais.

Para a aplicação da hipótese  $H_{03}$  partiu-se do pressuposto da questão aplicada aos alunos de uma possível situação em que não haveria calçadas nos trajetos buscando entender qual seria o nível de segurança afetado nos deslocamentos dos jovens. A maior insegurança percebida pelos alunos da escola pública central (*B*) permite inferir a relação entre a percepção dos alunos e dos componentes de tráfego via, à medida que a atividade comercial e densidade de uso dessa área contribui com o aumento do volume veicular, aumentando a frequência de acidentes (Hernández-Hernández e Haro-de León, 2014).

A hipótese rejeitada  $H_{06}$  pode estar relacionada às diferenças de movimentação dos locais conforme as horas de pico, já que é possível afirmar que a maior insegurança percebida pelos alunos que estudam nos turnos da tarde e da noite pode estar relacionada com a circunstância de o pico de tráfego da tarde ser comumente maior que o pico da manhã ou do meio-dia.

Em geral, todas as hipóteses rejeitadas, levando em conta os fatores analisados, fornecem dados objetivos para as autoridades públicas responsáveis pelo trânsito e a infraestrutura. Portanto, são subsídios na hora de adotar soluções relacionadas com a segurança viária no entorno das escolas, mediante potenciais medidas de engenharia de tráfego ou de educação no trânsito dirigidas aos alunos de ensino médio.



## 5. CONCLUSÕES

A análise estatística das percepções dos alunos sobre a segurança viária nos entornos das escolas a partir de uma modelagem *fuzzy*, relacionada com as características do entorno escolar e ocorrências de acidentes na região, permitiu constatar que a percepção varia conforme o tipo de escola, a série cursada, os turnos em que ocorrem as aulas e também conforme o gênero dos alunos. Dessa forma, os alunos das escolas situadas na área central da cidade se sentem mais inseguros com relação à componente via (infraestrutura destinada ao tráfego) do que aqueles alunos de escolas situadas em locais menos movimentados; em geral, o carro é dito como o veículo mais ameaçador para alunos; e para a escola situada em região periférica, menos movimentada e que possui menor renda média domiciliar, os alunos em sua maioria vão a pé à escola.

Nesse sentido, tornar os entornos escolares mais caminháveis, pela ampliação das áreas de passeio e priorização dos usuários ativos diante do tráfego motorizado, assim como a diminuição da sua velocidade, especialmente em áreas que atraem maior tráfego veicular, pode melhorar a percepção de segurança por parte dos alunos. A melhoria da percepção de segurança, por sua vez, pode contribuir com o incentivo da mobilidade ativa e independente, capaz de proporcionar um ciclo virtuoso de redução da exposição ao risco aos usuários e melhoria da segurança viária.

Como sugestões para trabalhos futuros, sugere-se a utilização de outros métodos estatísticos utilizando a modelagem *fuzzy*, uma vez que método Qui-Quadrado não é válido para valores discrepantes dado pelos poucos resultados nos extremos amostrais, o que pode ter contribuído com não negar algumas hipóteses testadas. Estudos como esses podem, ainda, se beneficiar de dados detalhados de acidentes provenientes de B.O., particularmente se disponíveis em períodos maiores. Sugere-se, ainda, a análise conjunta da segurança viária observada e percebida: a modelagem da frequência e severidade de acidentes, conjuntamente com a análise da percepção por parte dos usuários partir das características dos entornos escolares.

### Agradecimentos

Os autores agradecem a colaboração do professor Alessandro Onofre Rigão, do técnico administrativo Júlio César Modesto da Silva, da Universidade Federal de Santa Maria Campus Cachoeira do Sul (UFSM-CS), da Brigada Militar de Cachoeira do Sul, e das escolas E.E.E.B. Borges de Medeiros, E.E.E.M. Virgilino Jayme Zinn e Colégio Marista Roque. A Letícia Oestreich agradece à Bolsa FIPE Júnior e o Jean Augusto Lemes agradece à bolsa PIVEX, ambas da UFSM-CS.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AASHTO (2010) *Highway Safety Manual*. American Association of State Highway and Transportation Officials. 1 ed., Washington, DC.
- Abdel-Aty, M. (2003) Analysis of driver injury severity levels at multiple locations using ordered probit models. *Journal of Safety Research*. v. 34, n. 5, p. 597–603.
- Abdel-Aty, M. (2007) Geo-spatial and log-linear analysis of pedestrian and bicyclist crashes involving schoolaged children. *Journal of Safety Research*. v. 38, p. 571–579.
- Ahlport, K. N.; L. Linna; A. Vaughn; K. R. Evenson e D. S. Ward (2006) Barriers to and facilitators of walking and bicycling to school: formative results from the non-motorized travel study. *Health Education & Behavior*. v. 35, n. 2, p. 221–244.
- Andreou, M. (2010) *Planning for pedestrian safety around schools*. University of New South Wales.
- ANTP; CEDATT; e IE (2011) *Década de Ação pela Segurança no Trânsito – 2011-2020. Resolução ONU Nº 2, de 2009. Proposta para o Brasil para redução de acidentes e segurança viária*, São Paulo.
- Boarnet, M. G. (2005) Evaluation of the California safe routes to school legislation: urban form changes and children's active transportation to school. *American Journal of Preventive Medicine*. v. 28, n. 2, p. 134–140.
- Callegari-Jacques, S. M. (2005) *Bioestatística princípios e aplicações*. Editora: Artmed, 2º reimpressão, Programa de Pós Graduação em Genética da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.
- CEFTRU (2002) *Procedimentos para o Tratamento de Locais Críticos de Acidentes de Trânsito*. Ministério dos Transportes - Programa PARE. Brasília/DF.
- Chenci, G. P.; D. G. Rignel e C. A. Lucas (2011) Uma introdução a lógica Fuzzy. *Revista Eletrônica de Sistemas de Informação e Gestão Tecnológica*. v.1, n.1.



- Clifton, K. J.; e Kremer-Filts, K. (2007) An examination of the environmental attributes associated with pedestrian-vehicular crashes near public schools. *Accident Analysis and Prevention*. v. 39, n. 4, p. 708–715.
- De Campos, C. I.; Feltrin, T. F.; Da Silva, N. G.; e Raia, A. A., (2013) O panorama do Brasil anterior à Década de Ação pela Segurança Viária 2011-2020. In: *Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito*, vol. 19, p. 1-8. Brasília.
- DETAN (2016) *Apresentação de dados estatísticos: acidentes com vítimas fatias ano de 2016*. Disponível em <<http://www.detran.rs.gov.br/conteudo/39078/diagnostico-de-2016>> Acesso em Jun de 2017.
- Dumbaugh, E.; e Rae, R. (2009) Safe urban form: revisiting the relationship between community design and traffic safety. *Journal of the American Planning Association*. v. 75, n. 3, p. 309–329.
- Elvik, R.; A. Hoye e T. Vaa, (2004) *The handbook of road safety measures*. Oxford: Elsevier.
- Elvik, R. (2006) Laws of accident causation. *Accident Analysis and Prevention*, v. 38, n. 4, p. 742-747.
- Ewing, R. (2003) Urban sprawl as a risk factor in motor vehicle occupant and pedestrian fatalities. *American Journal of Public Health*. v. 93, n. 9, p. 1541–1545.
- Ewing, R.; S. Hamidi e J. B. Grace (2016) Urban sprawl as a risk factor in motor vehicle crashes motor vehicle crashes. *Urban Studies*, 53(2), 247–266.
- Faria, E. D. O. e M. G. D. C. Braga (1999) Propostas para minimizar os riscos de acidentes de trânsito envolvendo crianças e adolescentes. *Ciência e Saúde Coletiva*. v. 4, n. 1, p. 95–107.
- Grzegorzewski, P.; e Jedrej, A. (2015) *Chi-square goodness-of-fit test for vague data*. Faculty of Math. and Inform. Sci, Warsaw Institute of Technology Plac Politechniki, Warsaw, Poland.
- Hernández-Hernández, V.; Haro-De León, L. De. La relación entre la centralidad urbana y los atropellos en ciudad juárez, méxico. *Hacia la promoción de la salud*. v. 19, n. 2, p. 81–94, 2014.
- IBGE (2010) *Rio Grande do Sul: Cachoeira do Sul. 2010*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=431490&search=rio-grande-do-sulporto-alegre&infograficos:-informacoes-completas>> Acesso em 30 abril 2016.
- Jacobsen, P.L. (2003). Safety in numbers: more walkers and bicyclists, safer walking and bicycling. *Injury Prevention*. v. 9, p. 205-209.
- Jensen, S. U. (2008) How to obtain a healthy journey to school. *Transportation Research Part A: policy and practice*. v. 42, n. 3, p. 475–486.
- Likert, R. (1932) A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology* 140, pp. 1-55. Michigan.
- Lin, P.; B. Wu e J. Watada (2011) Goodness-of-fit test for membership functions with Fuzzy data. . *International Journal of Innovative Computing Information and Control*, v. 8, n. 10, p. 7437-7450.
- McDonald, N. C.; Y. Yang; S. M. Abbott; e A. N. Bullock (2013) Impact of the safe routes to school program on walking and biking: Eugene, Oregon Study. *Transport Policy*, v. 29, p. 243–248.
- Merom, D. (2006) Active commuting to school among NSW primary school children: implications for public health. *Health and Place*. v. 12, p. 678–687.
- Nascimento, A. M. e L. G. Goldner (2014) Análise da segurança viária em áreas escolares na ilha de Santa Catarina. In: *XVIII Congresso de Pesquisa de Ensino em Transportes*. ANPET, Curitiba.
- Orenstein, M. R.; N. Gutierrez; T. M. Rice; J. F. Cooper e D. R. Ragland (2007) Safe Routes to School Safety and Mobility Analysis. California: California Department of Transportation.
- Pasquali, L. (1996) *Teoria e métodos de medida em ciências do comportamento*. Brasília: Laboratório de Pesquisa em Avaliação e Medida, Instituto de Psicologia da UnB: INEP. 432p.
- Peden, M. (2008) *World report on child injury prevention*. WHO Press, Geneva.
- Raia JR., A. A.; T. M. Guerreiro e C. M. L. A Barbato (2006) Proposta metodológica para subsidiar o planejamento de segurança de trânsito em áreas escolares. *Anais do II Congresso Luso-Brasileiro para o Planeamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável, PLURIS*. Braga, Portugal.
- Rothman, L. M.; C. Macarthur; T. To; R. Buliung e A. Howard (2014) Motor vehicle-pedestrian collisions and walking to school: the role of the built environment. *Pediatrics*. v. 133, n. 5, p. 776–784.
- Romero, V. (2011) Four dimensions of neighbourhood form related to children's walks to school. In: *State of Australian Cities National Conference*. v. 8, n. 2005.
- Ruiz-Padillo, A.; A. J. Torija; A. Ramos-Ridao e D. P. Ruiz (2016) Application of the fuzzy analytic hierarchy process in multi-criteria decision in noise action plans: Prioritizing road stretches. *Environmental Modelling & Software*, v. 81, p. 45-55.
- Treat. J.; N. S. Tumbas; S. T. McDonald; D. Shinar; R. D. Hume; R. E. Mayer; R. L. Stansifer e N. J. Castellan (1979) Tri-level study of the causes of traffic accidents. Executive summary. *Vision Research*. v. 42, n. 21, p. 2419–2430.
- Ukkusuri, S.; L. F. Miranda-Moreno; G. Ramadurai e J. Isa-Tavarez (2012) The role of built environment on pedestrian crash frequency. *Safety Science*. v. 50, n. 4, p. 1141–1151.
- United Nations (2016) *The Sustainable Development Goals Report*. New York.
- Vasconcellos, E. A. (2013) Risco no trânsito, omissão e calamidade: impactos do incentivo à motocicleta no Brasil. 1a edição. Instituto Movimento. São Paulo.



- Welle, B.; Q. Liu; W. Li; C. Adriazola-Steil; R. King; C. Sarmiento e M. Obelheiro (2015) *Cities safer by design: guidance and examples to promote traffic safety through urban and street design*. World Resources Institute. Washington, D.C, USA.
- WHO (2015). *Relatório global sobre o estado da segurança viária 2015*. World Health Organization. WHO Press. Genebra.
- Zahabi, S.; J. Strauss; K. Manaugh e L. F. Miranda-Moreno (2011). Estimating potential effect of speed limits, built environment, and other factors on severity of pedestrian and cyclist injuries in crashes. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, v. 2247, 81-90.
- Zlatoper, T. J.; (1991) Determinants of motor vehicle deaths in the United States: Across-sectional analysis, *Accident Analysis and Prevention* v. 23, p. 431-436.

---

Letícia Oestreich (leticia.oestreich@hotmail.com)

Jean Augusto Lemes (jean.l.augusto@hotmail.com)

Richard Ortiz Menna (richardomenna@gmail.com)

Tânia Batistela Torres (tania.torres@uol.com.br)

Alejandro Ruiz-Padillo (alejandro.ruiz-padillo@uol.com.br)

Laboratório de Mobilidade e Logística, Universidade Federal de Santa Maria, Campus Cachoeira do Sul  
Rua Ernesto Barros, 1345 – Cachoeira do Sul, RS, Brasil