



**Geocodificação de Acidentes Rodoviários para  
Identificação de Trechos Críticos com Estatística Espacial**  
Geocoding Road Accidents to Identify Critical Segments with Spatial Statistics

Mariana Dias Chaves Batistão<sup>1</sup>; Edilson Ferreira Flores<sup>2</sup> & João Fernando Custódio da Silva<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual Paulista – UNESP, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas, Rua Roberto Simonsen, 305, 19069-900, Presidente Prudente, SP, Brasil.

<sup>2</sup>Universidade Estadual Paulista – UNESP, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Departamento de Estatística, Rua Roberto Simonsen, 305, 19069-900, Presidente Prudente, SP, Brasil.

<sup>3</sup>Universidade Estadual Paulista – UNESP, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Departamento de Cartografia, Rua Roberto Simonsen, 305, 19069-900, Presidente Prudente, SP, Brasil.

E-mails: [mmariana.chaves@gmail.com](mailto:mmariana.chaves@gmail.com); [efflores@fct.unesp.br](mailto:efflores@fct.unesp.br); [jfcsilva@fct.unesp.br](mailto:jfcsilva@fct.unesp.br).

Recebido em: 24/04/2017      Aprovado em: 14/06/2017

DOI: [http://dx.doi.org/10.11137/2017\\_2\\_89\\_97](http://dx.doi.org/10.11137/2017_2_89_97)

## Abstract

Road accidents occur all over the world and end up being a concern to be faced continuously by society and transport safety professionals. The reduction of the number of road accidents is a challenge to society and transportation security managers. State highway accident data from western São Paulo were geocoded so that the Kernel intensity maps were used to identify and locate the critical road segments. The results pointed to a concentration of accidents during the months of school vacations and during nighttime in five municipalities of the region, including Morro do Diabo State Reserve. These outputs will be used to proceed the research on geostatistics techniques and mobile mapping systems to identify the most probable factors that may contribute to the occurrence of accidents.

**Keywords:** geocoding; road accidents; Kernel maps; critical sections.

## Resumo

Os acidentes rodoviários ocorrem em todas as partes do mundo e constituem um problema a ser permanentemente combatido. O número de ocorrências de acidentes preocupa a sociedade e também os gestores de segurança em transportes. Com o propósito de colaborar com os esforços para a identificação de trechos críticos, dados de acidentes de rodovias estaduais do oeste paulista foram geocodificados e trechos críticos foram identificados por mapas de intensidade de Kernel. Nesses trechos, os resultados apontaram para uma concentração de acidentes nos meses de férias escolares e no período da noite em cinco municípios da região incluindo o trecho que atravessa a Reserva Estadual Morro do Diabo. Essas informações serão utilizadas na continuidade da pesquisa e espera-se que futuras análises com uso de técnicas de geoestatística e mapeamento móvel identifiquem possíveis fatores contribuintes físicos em rodovias que contribuam para a ocorrência de acidentes.

**Palavras-chave:** geocodificação; acidentes rodoviários; mapas de Kernel; trechos críticos.

## 1 Introdução

Os acidentes no trânsito constituem um sério e grave problema no mundo contemporâneo. A Organização das Nações Unidas (ONU) lançou, em 2011, a “Década de Ação pelo Trânsito Seguro 2011-2020”, com o compromisso dos governos de todos os países adotarem novas medidas para prevenir os acidentes, responsáveis pela morte de cerca de 1,3 milhões de pessoas por ano, além das sequelas físicas, morais e prejuízos patrimoniais (Onubr, 2013). Os alvos das novas medidas são os sistemas de transporte das áreas urbanas e das rodovias, sejam elas estaduais ou federais.

Grande parte da construção da malha do sistema de transporte rodoviário brasileiro se deu na segunda metade do século XX atingindo sua maior expansão nas décadas de 1960 e 1970. Depois, mais precisamente entre os anos de 1979 e 2003 foi notável a perda na qualidade das rodovias culminando na elevação dos índices de acidentes em até 50% (DNIT, 2005).

Ainda sim, conforme a matriz de transporte brasileira, o modo rodoviário prevalece, efetivando mais da metade (54,4%) do transporte nacional (FIESP, 2013). Não por acaso, o País contabiliza aproximadamente 43 mil morte/ano, sendo que os acidentes rodoviários respondem por cerca de 20% dessas mortes. Essa situação tende a se agravar mais neste contexto de franca expansão da frota de veículos automotores que o país está vivendo desde o final do século passado (IPEA, 2015).

Os órgãos nacionais de saúde consideram isso uma epidemia, aliás, agências internacionais chamam atenção para a situação alarmante comum a muitas outras nações com taxas de desenvolvimento similares à do Brasil (Who, 2009).

Todo esse cenário evidencia a importância no desenvolvimento de pesquisas científicas voltadas para a segurança viária. No caso do fator viário, estudos reativos sobre o método do ponto crítico são os mais tradicionais e difundidos no âmbito nacional (Nodari, 2003). Destacam-se o DNER (1986), a metodologia do Programa PARE, do Ministério dos Transportes (Ministério dos Transportes, 2002), Pien-trantonio (1991), Didoné (2000) e Brandão (2006).

A aplicação de técnicas de análise de estatística espacial em pesquisas de pontos críticos pode auxiliar nos estudos sobre a segurança viária

e ainda é pouco utilizada para esta finalidade (Queiroz, 2003). Dentre os trabalhos sobre o assunto, a literatura estrangeira aponta: Levine *et al.* (1995); Nicholson (1998); Kim *et al.* (2002). No Brasil podem ser citados: Simões *et al.* (1998); Cardoso & Loureiro (2001); Queiroz (2003); Santos (2006); Santos & Raia Jr. (2007); e Gomes & Pitombo (2014). Mais raras ainda são as pesquisas que tratam dos dados de acidentes de rodovias.

Diante dessa realidade, propõe-se neste artigo apresentar e discutir a construção de uma metodologia para identificar trechos críticos de rodovias com técnicas de estatística espacial como contribuição nos avanços científicos sobre a segurança rodoviária do país.

Para tanto, serão apresentados os fundamentos do processo de geocodificação de dados e da técnica de estatística espacial de estimação por Kernel nas seções 2, 3 e 4. Na seção 5 estão a descrição e discussão sobre os resultados alcançados com a metodologia. A última seção apresenta as conclusões deste estudo e prosseguimentos da pesquisa.

## 2 Geocodificação: Conceito e Componentes do Processo

Geocodificação é o processo de conversão da localização de elementos em coordenadas geográficas digitais (Goldberg, 2011). Os cinco componentes envolvidos no processo são: dados de entrada, algoritmo de correspondência, dados de referência, algoritmo de interpolação e dados de saída.

Se realizado através de um SIG (Sistema de Informações Geográficas), os resultados do processo terão melhor análise e compreensão de conjunto de dados, permitindo ainda encontrar correlações entre variáveis no tempo e no espaço (Rodríguez *et al.*, 2013).

De acordo com o IBGE/DGC (Scofano, 2013) o termo geocódigo designa o “código utilizado pelo IBGE para identificar as unidades Políticas Administrativas da Divisão Territorial Brasileira, compondo chave única das unidades de coleta, apuração e disseminação de dados estatísticos e territoriais”.

Ao presente artigo, cabe definir que o geocódigo oferece identificação inequívoca a um

elemento, de maneira a localizá-lo espacialmente em feições de mapa, como coordenadas geográficas por meio do processo de geocodificação.

### 3 Metodologia para Geocodificação dos Acidentes Rodoviários

Quantificar acidentes viários é contabilizar o número de ocorrências registradas. Cada ocorrência é um registro minucioso de todos os dados do acidente. Existem diferentes características dos dados que identificam os acidentes e aquelas que aparecem em maior frequência são chamadas características críticas. A relação entre duas ou mais características intrínsecas, e também extrínsecas aos acidentes, geram os índices e indicadores de informações sobre o ocorrido.

Os índices e indicadores permitem avaliar a dimensão da acidentalidade viária em um determinado espaço geográfico de modo a identificar os locais críticos. O estudo destes locais é imprescindível para definir as ações tomadas no âmbito da engenharia e combater a acidentalidade viária.

Comumente, a documentação dos acidentes é realizada no local da ocorrência quando há vítimas ou veículos oficiais envolvidos, através do Boletim de Ocorrência (BO) (Ferraz *et al.*, 2012).

O BO contém os dados gerais, condições do local do acidente, veículos envolvidos, condutor de cada veículo, passageiros vitimados, croqui, relatório do acidente, providências e identificação do policial. Outros dados também interessantes, que podem fazer parte do BO são: condições do tempo, pista simples ou dupla, presença de condutor embriagado.

Desses elementos, a localização das ocorrências é o principal dado para o processo da geocodificação de acidentes rodoviários. Para as rodovias, é comum identificar o local pelo quilômetro aproximado com precisão de 100 metros (por exemplo, km 501 + 200 m) e representá-lo por um ponto.

A qualidade do registro é sem dúvida um tema crucial e é preciso considerar que, apesar de existirem imperfeições nos BOs (desatualizados e incompletos, por exemplo) elas não prejudiquem a solução da análise proposta, isto é, a metodologia. É evidente que o resultado da análise estará evitada

de erros, mas isso é assunto para outro tipo de modelagem, por exemplo, propagação de erros, a qual não é considerada no momento.

O processo da geocodificação envolve as etapas contidas na Figura 1. Duas tabelas de dados estão envolvidas. A primeira deve conter a localização da ocorrência e os demais atributos. A segunda tabela relaciona as coordenadas das ocorrências (que serão geocodificadas) com os segmentos do trecho da rodovia, que deve ser representada por uma linha em uma base cartográfica.

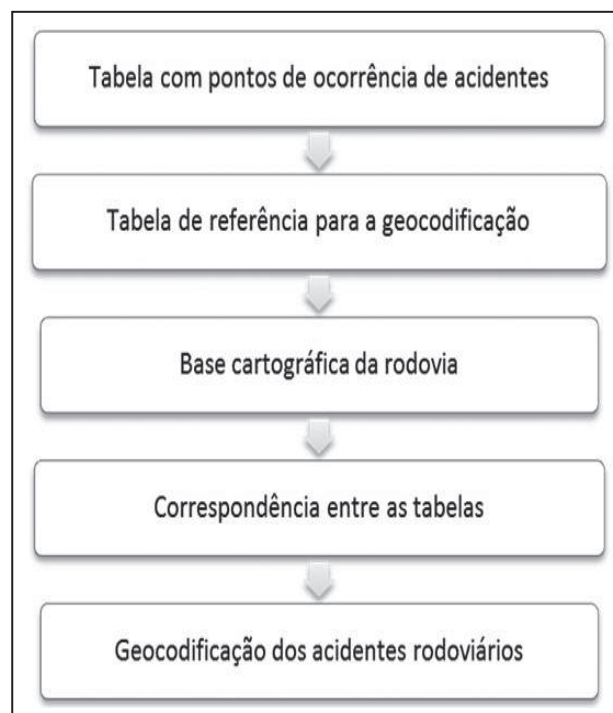


Figura 1 Esquema geral do processo de geocodificação.

O método da geocodificação consiste em localizar o quilômetro da rodovia em que ocorreu o acidente (primeira tabela) a partir do endereço de correspondência (segunda tabela), através de interpolação linear.

É necessário que a primeira tabela contenha uma coluna, aqui denominada *geocod*, e que cada linha contenha o quilômetro da ocorrência do acidente, o código e a identificação da rodovia. A título de exemplo, a Figura 2 ilustra os dados de um acidente ocorrido no quilômetro 561,8 da SP-270. A segunda tabela deve conter quatro colunas: *ObjectID* como a primeira coluna correspondendo à segmentação do trecho da rodovia em quilômetros, as colunas

seguintes, denominadas *FL* e *TL*, respectivamente *fromleft* e *toleft* delimitando o quilômetro de cada *ID*, e, a coluna *Nome* de correspondência entre as tabelas e de referência para a geocodificação.

Justamente por ser um processo de correspondência pode apresentar falhas, como endereços não correspondidos ou duplicados. Por isso, todo cuidado deve ser tomado no preparo das tabelas e da base cartográfica antes de iniciar o processo. O resultado será a visualização da base com a localização dos dados a partir do endereço de correspondência.

#### 4 Ferramentas de Análise Espacial para Dados Geocodificados

Quando o conjunto de dados envolve pontos com o atributo espacial (sua localização) faz-se necessário abordar a fundamentação da análise exploratória dos dados espaciais.

##### 4.1 Dependência Espacial

A utilização dos modelos estatísticos tradicionais dos programas de segurança viária para diagnóstico e tratamento de locais de ocorrências, atualmente em vigor no Brasil, é passível de crítica por considerar o pressuposto da independência entre os eventos observados (Cressie, 1993; Nicholson, 1998). Este argumento tem sido reforçado por pesquisas (Levine *et al.*, 1995; Kim & Yamashita, 2002; Flahaut *et al.*, 2003; Queiroz, 2003) que vêm comprovando a dependência geográfica e autocorrelação dos acidentes de trânsito, exigindo modelos que considerem a premissa da dependência espacial nos estudos de segurança viária. A ideia central da análise espacial é incorporar o espaço nas investigações de interesse.

Pode-se afirmar que a maior parte das ocorrências, sejam estas naturais ou sociais, apresentam entre si uma relação que depende da distância (Druck *et al.*, 2004). A autocorrelação

espacial é a medida geral de uma estrutura de dependência espacial e seu valor sempre varia de -1 até 1. A ocorrência espacial pode ser classificada como aleatória, aglomerada e regular. Espacialmente aleatória é a ocorrência cuja distribuição espacial não mostra qualquer padrão detectável. Os dados que apresentarem aglomeração têm um padrão de similaridade e os dados regulares seguem determinado espaçamento regular.

##### 4.2 Tipos de Dados em Análise Espacial

Os três tipos de dados considerados no processo de estatística espacial são (Brasil, 2007):

- Eventos ou padrões pontuais: que identifica ocorrências do fenômeno como pontos;
- Áreas com contagens e taxas: que identifica ocorrências aos indivíduos localizados em pontos específicos do espaço associados com levantamentos populacionais e;
- Superfícies contínuas: que identifica ocorrências a partir de um conjunto de amostras de campo (regularmente ou irregularmente distribuídas).

Nesse artigo a pesquisa trata de eventos de padrões pontuais. No caso dessa análise, os objetos de interesse são: a própria localização espacial dos eventos de acidente, por meio do estudo da distribuição espacial destes pontos; a ocorrência de fenômenos em função da localização e o relacionamento entre a ocorrência de eventos e características do dado.

##### 4.3 Estimação por Kernel

A técnica de estimação por Kernel estuda o comportamento dos padrões pontuais em função da estimativa da intensidade de aglomeração de ocorrência limitada fisicamente pela distância de um raio. É uma ferramenta básica e amplamente utilizada para caracterização da distribuição espacial de pontos (Souza *et al.*, 2014).

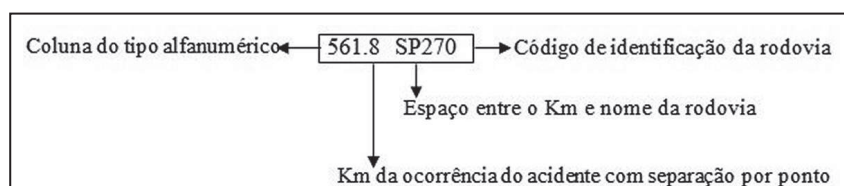


Figura 2 Modelo padrão de cada célula da coluna de dados “geocod”.

Essa técnica realiza uma contagem de todos os pontos dentro de uma região de influência ponderando-os pela distância de cada um a localização de interesse, como representado na Figura 3 (Câmara & Carvalho, 2001).

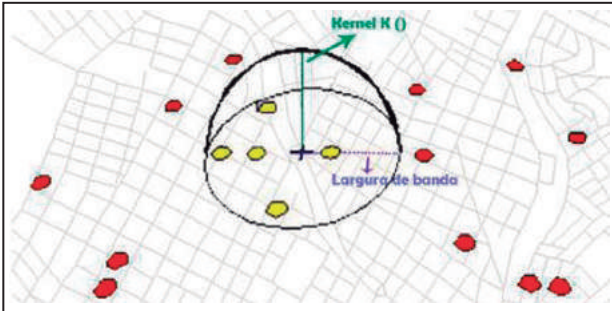


Figura 3 Estimador de intensidade de distribuição de pontos (modificado de Matsumoto & Flores, 2012).

De acordo com Jácomo *et al.* (2010) se  $s$  é uma localização arbitrária na região  $R$  e  $s_1, s_2, s_3, \dots, s_n$ , são localizações de  $n$  eventos observados, então a intensidade,  $\lambda(s)$ , em  $s$  é (1):

$$\lambda(s) = \frac{1}{\delta\tau(s)} \sum_{i=1}^n \frac{1}{\tau^2} k\left(\frac{s-s_i}{\tau}\right) \quad (1)$$

em que:  $\lambda(s)$ : intensidade em  $s$ ;  $s$ : localização arbitrária [km];  $\tau$ : raio de influência [km];

$k$ : função densidade de probabilidade bivariada; e  $\delta_\tau(s)$ : volume sob o Kernel centrado em  $s$ .

O raio de influência pode ser determinado automaticamente pela função Kernel do SIG em uso ou pela técnica de análise do método do vizinho mais próximo.

Para a suavização do fenômeno existem vários tipos de funções de interpolação, por exemplo, Kernel Gaussiano ou normal, Kernel Quártico, Kernel Triangular, Kernel Uniforme. Uma das funções mais utilizadas para função  $k$  é a de quarta ordem (Quártico), cujo estimador de intensidade pode ser expresso pela equação 2:

$$\hat{\lambda}_\tau(s) = \sum_{h_i \leq \tau} \frac{3}{\pi \tau^2} \left(1 - \frac{h_i^2}{\tau^2}\right)^2 \quad (2)$$

Em que  $h_i$ : distância entre o pon localização do evento observado  $s_i$  [km].

## 5 Aplicação do Processo de Geocodificação e Análise Espacial

Nesta seção são apresentados os produtos do processo da geocodificação dos acidentes (seção 3) e a análise espacial dos dados geocodificados utilizando a função Kernel (seção 4).

### 5.1 Identificação dos Trechos das Rodovias

A área objeto de estudo desta pesquisa (Figura 4) foi definida em conjunto com a Polícia Militar Rodoviária do Estado de São Paulo (PMR-SP) e corresponde aos quatro trechos rodoviários estaduais detentores das maiores concentrações de acidentes do oeste paulista (Lemes, 2011). Porém, esse não foi o único aspecto que motivou a escolha. Também foram levadas em consideração as diferenças entre os trechos rodoviários, por exemplo, pista simples e dupla, trecho urbano, passagem por reserva florestal. Tudo para avaliar o método proposto e destacar os trechos críticos. Assim, o primeiro compreende ao trecho da rodovia Raposo Tavares (SP-270) localizado entre Rancharia/SP e Presidente Bernardes/SP. O segundo trecho é da Rodovia Comandante João Ribeiro de Barros (SP-294) de Parapuã/SP até Dracena/SP. O terceiro, da Rodovia Arlindo Bettio (SP-613) entre Teodoro Sampaio/SP e Rosana/SP e o quarto, da Rodovia Assis Chateaubriand (SP-425) de Pirapozinho até Parapuã.

### 5.2 Geocodificação dos Acidentes Rodoviários

Todos os dados foram disponibilizados pela PMR-SP, em uma tabela ( $x/s$ ), com a quantidade de acidentes por tipo, situações, vítimas, horários, condições do tempo no momento do acidente, dias da semana, perímetro urbano para o ano de 2014. Os trechos das rodovias SP-270, SP-294, SP-613 e SP-425 totalizaram respectivamente 683, 400, 102 e 408 ocorrências.

É importante ressaltar que essa não é a realidade da maioria dos bancos de dados de acidentes rodoviários nacionais uma vez que, para essa pesquisa foram disponibilizados dados completos e atualizados. Além disso, a localização das ocorrências é outro ponto forte desse banco de dados, uma vez que a PMR-SP iniciou o processo de identificação das ocorrências com precisão métrica e disponibilizou-os para esta pesquisa.

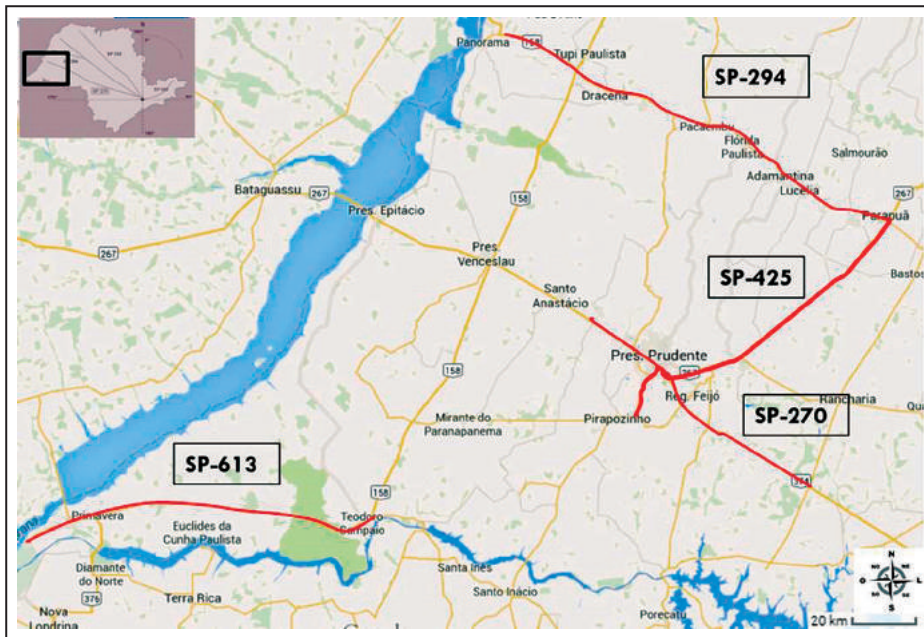


Figura 4 Localização dos trechos das rodovias do oeste paulista utilizadas na pesquisa (mapa modificado de Google Maps).

Para a organização dos dados e tabelas foi usado o programa Excel. Para a geocodificação e análise espacial, o SIG ArcGISDesktop. Na geocodificação por correspondência dos endereços, foram necessários: a tabela de dados a serem geocodificados, a tabela de correspondência (conforme descrito na seção 3) e a base cartográfica do trecho da rodovia, do MMA (Ministério do Meio Ambiente) *downloads de dados geográficos* (em SIRGAS 2000 - Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas/ano de referência 2000).

Na Figura 5 tem-se o produto do processo. Em azul, a base de cada rodovia e em vermelho os acidentes rodoviários geocodificados ao longo dos trechos.

### 5.3 Análise Espacial dos Dados

Depois da geocodificação, foram gerados os mapas de intensidade de Kernel Quártico. A intensidade, neste caso, é dada apenas pela localização das ocorrências de acidentes, sem levar em consideração os atributos. Foi adotada a classificação para a aglomeração em cinco classes, nas cores branco (baixa aglomeração), verde (média-baixa), amarelo (média), laranja (média-alta) e vermelho (alta).

As análises se concentraram apenas nos trechos de alta intensidade de ocorrência, aqui denominados de segmentos. Numa primeira análise

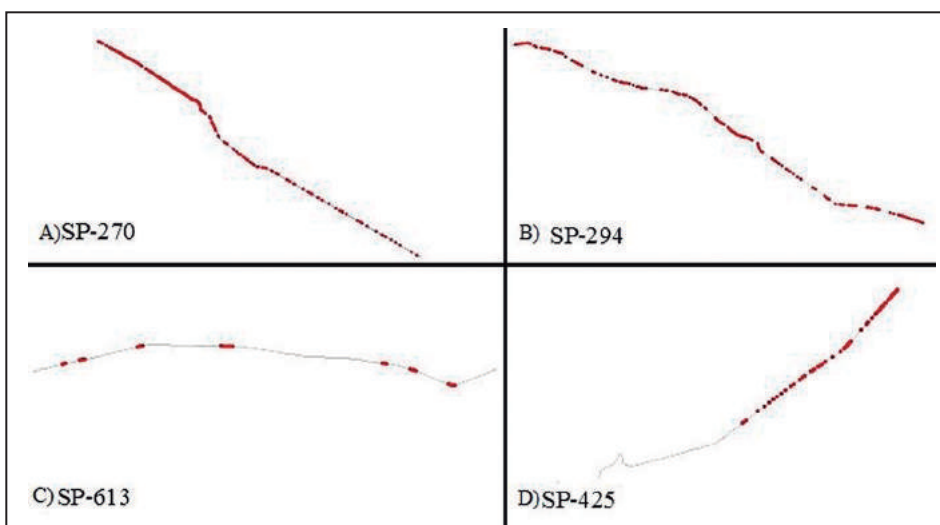


Figura 5 Localização de acidentes geocodificados dos trechos das rodovias.

foram identificados os municípios que apresentaram os segmentos e a extensão, em quilômetros, de cada segmento a partir das ferramentas de medida do SIG. Em uma segunda análise foram identificados e quantificados os atributos do banco de dados: pista simples, período da noite, meses de férias escolares (julho, dezembro e janeiro), presença de chuva ou tempo nublado e presença de condutor embriagado em cada segmento.

Sobre a primeira análise é possível observar no mapa do trecho da rodovia SP-270 (Figura 6A) que o segmento com altas concentrações de acidentes está localizado próximo ao limite de municípios de Álvares Machado e Presidente Prudente e tem 9 quilômetros de extensão. No caso do trecho da SP-294 (Figura 6B) o segmento de 3,65 quilômetros se encontra entre os municípios de Adamantina e Flórida Paulista. Já para o trecho da SP-613 (Figura 6C), os segmentos presentes no mapa de Kernel, estão nos municípios de Teodoro Sampaio e Rosana e somam 4,15 quilômetros de extensão. Por fim, para o trecho da SP-425 (Figura 6D) o segmento de 0,2

quilômetros aparece nos municípios de Martinópolis e Parapuã.

O segmento da SP-613 no município de Teodoro Sampaio está localizado no parque da Reserva Estadual Morro do Diabo. No ano de 2011 o Capitão da Polícia Rodoviária já havia alertado para este trecho, que concentrara grande número de acidentes por atropelamento de animais da reserva (Lemes, 2011), e que, agora fica comprovado e geolocalizado no mapa.

A vegetação da Reserva Estadual do Morro do Diabo é a maior e melhor amostra que restou do ecossistema predominante no Planalto Ocidental Paulista, a Floresta Tropical e Estacional Semidecidual, ou Mata Atlântica do Interior (Silva & Santos, 2009). O fato de o segmento atravessar a reserva remete à necessidade de ações, dada a importância nacional da reserva. A identificação do trecho como de alto índice de ocorrência de acidentes só confirma a preocupação da PMR-SP e deve servir de alerta para todos que trafegarem pelo local.

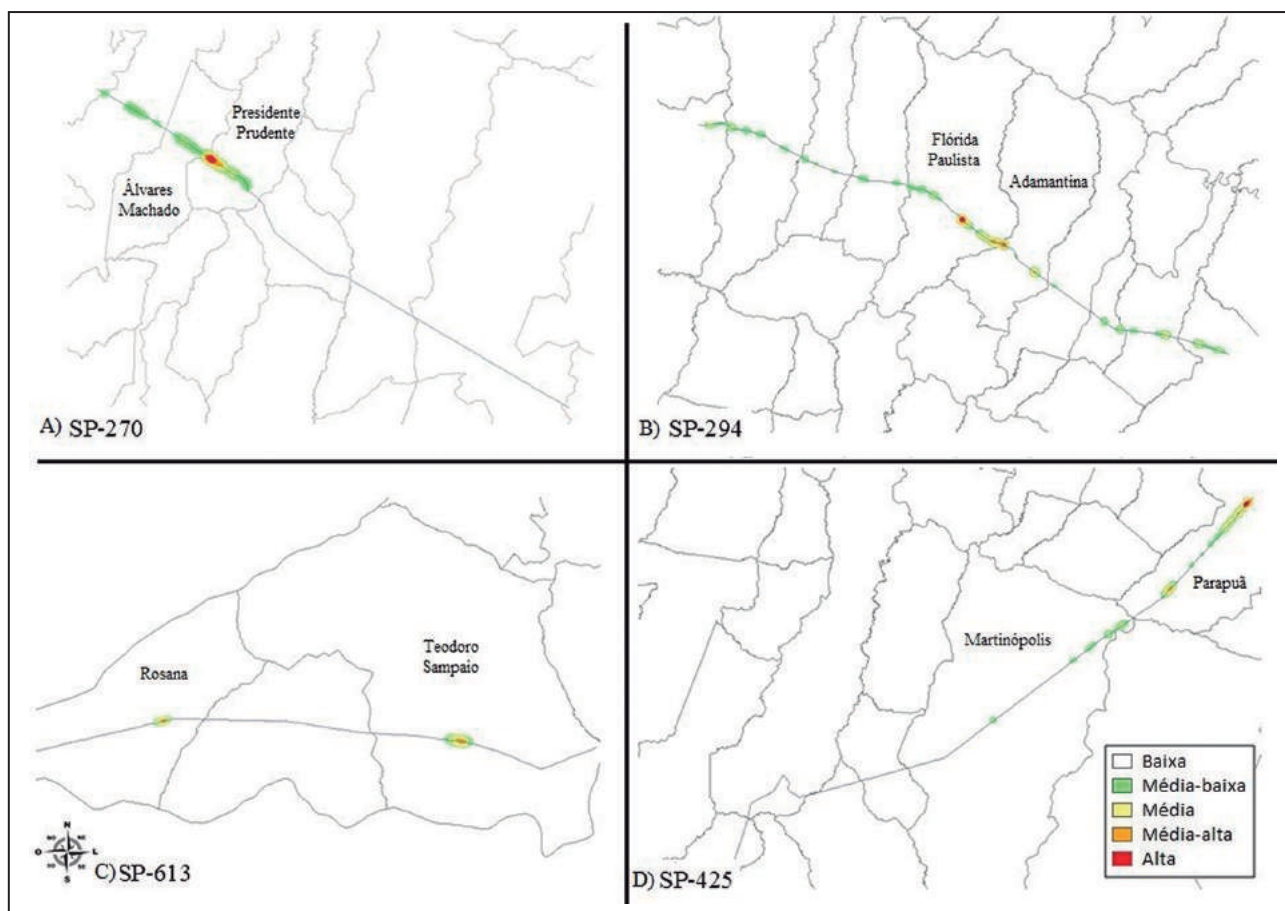


Figura 6 Mapa de Kernel para os acidentes rodoviários dos trechos das rodovias: A) SP-270; B) SP-294; C) SP-613 e D) SP-425.

Da segunda análise os resultados permitiram uma caracterização geral de um segmento que possui alta concentração de acidentes rodoviários, a qual segue: representa em média 4,97% do trecho de uma rodovia. Os acidentes ocorrem em média 81,97% em pista simples, no período da noite (42,89%), concentram-se nos meses de férias escolares (35,96%), com tempo de chuva ou nublado (25,08%) e em 6,47% dos casos, envolveram condutor embriagado.

## 6 Conclusões e Prosseguimento da Pesquisa

Sabe-se que a segurança viária é um assunto multidisciplinar e complexo. Esta pesquisa, no entanto, está voltada para a identificação de trechos críticos de acidentes de rodovias do oeste paulista com geocodificação, análise espacial e integração com dados de Cartografia, particularizando o problema a ser tratado.

A geocodificação dos acidentes rodoviários contribuiu para a visualização, identificação e caracterização dos trechos de alta concentração de acidentes do oeste paulista, confirmando o potencial das ferramentas de análise espacial para estudos de segurança viária. Da metodologia, merecem atenção a organização da tabela contendo os dados a serem geocodificados – em especial a coluna *geocod* – e tabela de referência com os dados do trecho da rodovia que podem alterar significativamente todas as etapas seguintes e por consequência, os resultados de identificação dos trechos críticos. Como trabalhos futuros recomenda-se incluir rodovias de outros estados e de trechos maiores. Fazer a análise temporal das ocorrências também seria interessante. Como continuidade da pesquisa, propõe-se identificar as características físicas das rodovias por mapeamento móvel e correlacioná-las com os trechos críticos identificados para estudar o fator contribuinte rodovia nos acidentes.

## 7 Agradecimentos

À FAPESP, Proc. 2011/07208-0 (IC) e 2012/12075-2 (mestrado); à CAPES (doutorado); a Polícia Militar Rodoviária –SP; ao Capitão João Carlos Lemes e Capitão Alessandro.

## 8 Referências

- Brandão, L.M. 2006. *Manual teórico prático–Medidores Eletrônico de Velocidade–Uma visão da engenharia para implantação*, Editora Perkons. São Paulo, 148p.
- BRASIL, 2007. *Introdução à estatística espacial para a saúde pública*. Série: Capacitação em geoprocessamento em saúde. Brasília-DF, v.3, 124p.
- Câmara, G. & Carvalho, M. 2001. *Análise de processos pontuais*. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/cap2-eventos.pdf>>. Acesso em: 02 de maio de 2013.
- Cardoso, H.M. & Loureiro, C.F.G. 2001. Tipificação e georeferenciamento dos acidentes de trânsito em interseções semaforizadas da cidade de Fortaleza. In: XV CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES. Campinas, *Anais*, p. 9-16.
- Cressie, N.A.C. 1993 *Statistics for spatial data*. Revised Edition. John Wiley & Sons Inc. 900p.
- Didoné, L.A. 2000. *Análise e tratamento da segurança viária em rodovias. Um novo enfoque para o tratamento de segmentos concentradores de acidentes. O caso da BR-101/RS-Lote 3*. Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Dissertação de Mestrado, 189p.
- DNER, 1986. *Um modelo para identificação dos segmentos críticos de uma rede de rodovias*.
- DNIT, 2005. *Manual de conservação rodoviária*. 2º Ed. Rio de Janeiro, 568p.
- Druck, S.; Carvalho, M.S; Câmara, G.; Monteiro, A.M. 2004. *Análise espacial de dados geográficos*. Editora Embrapa Cerrados. Brasília-DF, 209p.
- Ferraz, A.C.P.; Junior, A.A.R.; Bezerra, B.S.; Bastos, J.T.; Silva, K.C.R. 2012. *Segurança viária*. Suprema Gráfica e Editora. São Carlos, 322p.
- FIESP, 2013. *IDT-FIESP 2013*. Disponível em:< [www.fiesp.com.br/arquivo-download/?id=73934](http://www.fiesp.com.br/arquivo-download/?id=73934)>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2015.
- Flahaut, B.; Mouchart, M.; Martin, E.S. & Thomas, I. 2003. The local spatial autocorrelation and the Kernel method for identifying black zones. *Accident Analysis & Prevention*, 35: 991-1004.
- Goldberg, D.W. 2011. Advances in Geocoding Research and Practice. *Transactions in GIS*, 15(6): 727-733.
- Gomes, M.M. & Pitombo, C.S. 2014. Estimativa de acidentes de trânsito com óbito através de técnicas de análise espacial de dados. In: XXVIII CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES – ANPET, Curitiba, *Anais*, p. 1-4.
- IPEA, 2015. *Acidentes de trânsito nas rodovias federais brasileiras*. Relatório pesquisa. Brasília-DF, 42p.
- Jácomo, C.A.; Tachibana, V.M.; Imai, N.N. & Flores, E.F. 2010. Aplicação de técnicas de estatística espacial na caracterização dos casos de dengue no município de Presidente Prudente-SP no período de 1999 a 2007. In: III SIMPÓSIO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO, Recife, *Anais*, p.1-9.
- Kim, K.; Boski, J. & Yamashita, E.A. 2002. Typology of motorcycle crashes: rider characteristics, environmental factors and spatial patterns. In: TRANSPORTATION RESEARCH BOARD 72TH ANNUAL MEETING, Washington, D.C., *Proceedings*, p.47-53.
- Lemes, J.C. 2011. *Polícia registra 200 multas por excesso de velocidade no 1º dia de operação*. Ifronteira.



- Disponível em: <<http://www.ifronteira.com/noticia-regiao-566>>. Acesso em: 23 de outubro de 2011.
- Levine, N.; Kim, K.E. & Nitz, L.H. 1995. Spatial analysis of Honolulu motor vehicle crashes: I. Spatial patterns. *Accident Analysis & Prevention*, 27: 663-674.
- MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2002. *Programa Para de Redução de Acidentes – Procedimentos Para o Tratamento de Locais Críticos de Acidentes de Trânsito*. TDA Desenho e Artes. Brasília-DF, 73p.
- Matsumoto, P.S.S. & Flores, E.F. 2012. Estatística espacial na geografia: um estudo dos acidentes de trânsito em Presidente Prudente – SP. *Revista Geografia em Atos*, 1(12): 95-113.
- Nicholson, A. 1998. Analysis of spatial distributions of accidents. *Safety Science*, 31: 71-79.
- Nodari, C.T. 2003. *Método de avaliação da segurança potencial de segmentos rodoviários rurais de pista simples*. Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Tese de Doutorado, 221p.
- ONUBR, 2013. *Década de Ação pelo trânsito seguro 2011-2020 é lançada oficialmente hoje (11) em todo o mundo*. Nações Unidas do Brasil. Disponível em: <<http://www.onu.org.br/decada-de-acao-pelo-transito-seguro-2011-2020-e-lancada-oficialmente-hoje-11-em-todo-o-mundo/>>. Acesso em: 17 de agosto de 2013.
- Pientrantonio, H. 1991. *Manual de procedimento de pesquisa para análise de conflitos de tráfego em interseções*. São Paulo: Seção de Engenharia de Tráfego e Transporte de Passageiro – IPT.
- Queiroz, M.P. 2003. *Análise espacial dos acidentes de trânsito do município de Fortaleza*. Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará. Dissertação de Mestrado, 141p.
- Rodriguez, R.V.; Risquet, C.P. & Cantero, J.C.T. 2013. Um novo módulo de mineração VISUAL de dados para o sistema de informação geográfica gvSIG. *Anuário do Instituto de Geociências*, 36: 98-111.
- Santos, L. 2006. *Análise dos acidentes de trânsito do município de São Carlos/SP/Brasil, utilizando Sistema de Informações Geográficas e ferramentas de estatísticas espaciais*. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos. Dissertação de Mestrado, 137p.
- Santos, L. & Raia JR, A.A. 2007. Tendências de deslocamento espacial dos acidentes de trânsito em São Carlos com o uso da técnica de EDP. In: XIV CONGRESSO LATINOAMERICANO DE TRANSPORTES PÚBLICO Y URBANO, Rio de Janeiro, *Anais em CD ROM*.
- Scofano, G.B. 2013. *Contribuições do cadastro territorial multifinalitário à gestão de sítios arqueológicos*. Programa de Pós-Graduação em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Socioambiental, Universidade do Estado de Santa Catarina. Dissertação de Mestrado, 241p.
- Silva, O.V. & Santos, S.G. 2009. Unidades de conservação ambiental no estado de São Paulo: retrospectiva histórica da instituição do parque estadual do Morro do Diabo-município de Teodoro Sampaio-Trajatória histórica da aviação mundial. *Revista Eletrônica de Turismo*, 11: 29-35.
- Simões, F.A.; Sato, S.S. & Silva, A.N.R. 1998. Utilizando um SIG para avaliar acidentes de tráfego em uma cidade média. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTI-FINALITÁRIO – COBRAC, Florianópolis, *Anais*, p.16-26.
- Souza, N.C.; Gianotti, M.A.; Larroca, A.P.C.; Quintanilha, J.A. & Filho, G.S.A. 2014. Análise da associação entre as características topográficas e tipos de ocorrência de processos erosivos ao longo da linha férrea-estudo de caso: malha paulista/ALL (SP). *Boletim de Ciências Geodésicas*, 20: 947-969.
- WHO, 2009. *Global Status Report on Road Safety – Time for action*. Who Press, Geneva, 301p.