



VIII SINGEP

Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade
International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability
ISSN: 2317-8302

8TH INTERNATIONAL CONFERENCE



APLICAÇÃO DO PRINCÍPIO DE PARETO E MAPA DE CALOR NA ANÁLISE DE ACIDENTES DE TRÂNSITO

THE PARETO PRINCIPLE AND HEAT MAP APPLICATION IN THE ANALYSIS OF TRAFFIC ACCIDENTS

ANTONIO LUIZ FREITAS BEZERRA

ERIC AMARAL FERREIRA

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO (UFERSA)

PAULO CESAR MOURA DA SILVA

Nota de esclarecimento:

Comunicamos que devido à pandemia do Coronavírus (COVID 19), o VIII SINGEP e a 8ª Conferência Internacional do CIK (CYRUS Institute of Knowledge) foram realizados de forma remota, nos dias **01, 02 e 03 de outubro de 2020**.



VIII SINGEP

Simposio Internacional de Gestao de Projetos, Inovacao e Sustentabilidade
International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability
ISSN: 2317-8302

8TH INTERNATIONAL CONFERENCE



APLICAÇÃO DO PRINCÍPIO DE PARETO E MAPA DE CALOR NA ANÁLISE DE ACIDENTES DE TRÂNSITO

Objetivo do estudo

O trânsito tem se tornado um assunto cada vez mais discutido não só pelas autoridades competentes, mas também pela própria sociedade. O Brasil, por sua vez, está entre os países com um dos trânsitos mais violentos do mundo, segundo a Organização Mundial da Saúde, ocupando o quinto lugar no número de mortes por acidentes de trânsito. A utilização de um Sistema de Informação Geográfica (SIG na sigla em inglês) pode representar um importante avanço na análise de dados geoespaciais, propiciando maior rapidez na correlação de diversas variáveis em poucos cliques, a criação de mapas temáticos de interesse das autoridades de trânsito, etc. O emprego dessas ferramentas, portanto, agilizam e otimizam a alocação de recursos onde eles se fazem realmente necessários. O artigo propõe a utilização de uma metodologia de execução simples para identificar pontos de maior incidência de acidentes de trânsito ao longo do dia utilizando dados referentes a 4 anos.

Relevância/originalidade

O sistema desenvolvido permite que os dados referentes aos acidentes de trânsito possam ser facilmente acessados e os atributos relativos aos acidentes podem ser manipulados de forma a orientar os gestores das cidades a decidir onde e quando intervir para mitigar fatores relacionados à severidade ou não dos acidentes de trânsito. A plataforma desenvolvida em software aberto é escalável e permite que outros setores da administração pública e/ou sociedade civil possam acessar e analisar os dados.

Metodologia/abordagem

A metodologia parte da criação de um banco de dados contendo todas as informações colhidas nos Boletins de Ocorrência. O banco de dados escolhido foi um banco de dados não relacional o qual poderia, nas etapas seguintes do projeto, agregar dados de outras fontes de informação, como por exemplo: IML, companhia de seguros, fichas hospitalares etc., aumentando assim o poder de análise. Para uso de Sistemas de Informações Geográficas foi inserido nos B.Os a localização geográfica de cada acidente, quando não havia a informação georreferenciada foi utilizada uma API da Google integrada ao software de captura das informações do B.O. De posse do banco de dados e conversão do banco de dados em arquivos shapefile procedeu-se a análise dos sinistros utilizando um software livre denominado QGIS. Ferramentas de análise consagradas como o Princípio de Pareto e Mapas de Calor permitiram uma análise expedita dos principais locais por faixa horária de acidentes em uma cidade.

Principais resultados

Permite a visualização e classificação de acidentes de trânsito por quaisquer que sejam as características escolhidas pelo analista. No estudo em questão foram os objetivos eram a classificação dos pontos de maior accidentalidade por faixa horária de acidentes com e sem vítimas. De posse dessa análise quantitativa, o poder público e os órgãos de trânsito locais poderão direcionar estudos mais detalhados quanto aos pontos listados nas tabelas finais. Para a Secretaria de Mobilidade Urbana e sua Gerência de Trânsito uma abordagem quantitativa pode ser um bom ponto de início para o direcionamento dos recursos. Sabendo quais locais apresentam uma recorrência maior de acidentes, tais autoridades poderão alocar as equipes de fiscalização e de engenharia para estudos mais aprofundados sobre as características físicas e ambientais que contribuem para ocorrência desses acidentes.

Contribuições teóricas/metodológicas

Princípio de Pareto e Mapas de Calor são ferramentas conhecidas e de fácil aplicação tanto pela comunidade acadêmica quanto por profissionais das diversas áreas. O junção dessas ferramentas associada a um Sistema de Informação Geográfica permite que análises expeditas sejam realizadas e visualizadas por técnicos de empresas públicas e privadas quem trabalhem com dados de trânsito.

Contribuições sociais/para a gestão

O sistema desenvolvido permite que os dados referentes aos acidentes de trânsito possam ser facilmente acessados e os atributos relativos aos acidentes podem ser manipulados de forma a orientar os gestores das cidades a decidir onde e quando intervir para mitigar fatores relacionados à severidade ou não dos acidentes de trânsito. A plataforma desenvolvida em software aberto é escalável e permite que outros setores da administração pública e/ou sociedade civil possam acessar e analisar os dados.

Palavras-chave: acidentes de trânsito, georreferenciamento, plataforma de acidentes, Princípio de Pareto, Mapa de calor



VIII SINGEP

Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade
International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability
ISSN: 2317-8302

8TH INTERNATIONAL CONFERENCE



THE PARETO PRINCIPLE AND HEAT MAP APPLICATION IN THE ANALYSIS OF TRAFFIC ACCIDENTS

Study purpose

Traffic has become an issue increasingly discussed not only by the competent authorities, but also by society itself. Brazil, in turn, is among the countries with one of the most violent transits in the world, according to the World Health Organization, occupying the fifth place in the number of deaths from traffic accidents. The use of a Geographic Information System (GIS) can represent an important advance in the analysis of geospatial data, providing greater speed in the correlation of several variables in a few clicks, the creation of thematic maps of interest to the traffic authorities, etc. The use of these tools, therefore, streamlines and optimizes the allocation of resources where they are really needed. The article proposes the use of a simple execution methodology to identify points of higher incidence of traffic accidents throughout the day using data referring to 4 years.

Relevance / originality

499/5000 The developed system allows data related to traffic accidents to be easily accessed and the attributes related to accidents can be manipulated in order to guide city managers to decide where and when to intervene to mitigate factors related to the severity or not of traffic accidents. Traffic. The platform developed in open software is scalable and allows other sectors of public administration and / or civil society to access and analyze the data.

Methodology / approach

The methodology starts from the creation of a database containing all the information collected in the Police Reports. The database chosen was a non-relational database which could, in the following stages of the project, aggregate data from other sources of information, such as: IML, insurance company, hospital records etc., thus increasing the analysis power. For the use of Geographic Information Systems, the geographic location of each accident was inserted in the B.Os, when there was no georeferenced information, a Google API integrated with the B.O's information capture software was used. With the database in hand and converting the databases to shapefile files, the claims were analyzed using free software called QGIS. Well-known analysis tools such as the Pareto Principle and Heat Maps have enabled an expeditious analysis of the main locations by accident time band in a city.

Main results

It allows visualization and classification of traffic accidents by whatever characteristics are chosen by the analyst. In the study in question, the objectives were to classify the most accidental points by time range of accidents with and without victims. With this quantitative analysis in place, the government and local transit agencies will be able to direct more detailed studies on the points listed in the final tables. For the Secretariat of Urban Mobility and its Traffic Management, a quantitative approach can be a good starting point for targeting resources. Knowing which locations have a higher recurrence of accidents, these authorities will be able to allocate inspection and engineering teams for further studies on the physical and environmental characteristics that contribute to the occurrence of these accidents.

Theoretical / methodological contributions

Pareto's Principle and Heat Maps are well-known tools and easy to apply both by the academic community and by professionals from different areas. The combination of these tools associated with a Geographic Information System allows expeditious analysis to be performed and viewed by technicians from public and private companies who work with traffic data.

Social / management contributions

O sistema desenvolvido permite que os dados referentes aos acidentes de trânsito possam ser facilmente acessados e os atributos relativos aos acidentes podem ser manipulados de forma a orientar os gestores das cidades a decidir onde e quando intervir para mitigar fatores relacionados à severidade ou não dos acidentes de trânsito. A plataforma desenvolvida em software aberto é escalável e permite que outros setores da administração pública e/ou sociedade civil possam acessar e analisar os dados.

Keywords: traffic accidents , geospatial data, accidents platform, Pareto Principle, Heat map



1 Introdução

Segundo estudo da Organização Mundial da Saúde (OMS) de 2009, que reuniu dados de acidentes de trânsito de 178 países, o Brasil ocupava o quinto lugar no ranking de mortes no trânsito. Em todo o globo, a OMS estima que cerca de 1,3 milhão de pessoas morram anualmente, com mais 50 milhões sofrendo algum tipo de lesão. Economicamente, os acidentes custam entre 1% a 3% do Produto Interno Bruto (PIB) de cada país (WHO, 2009 apud Senado Federal, 2013).

Em 2017, o Fórum Brasileiro de Segurança Pública publicou o Anuário Brasileiro da Segurança Pública, onde se mostrava que ocorreram pouco mais de 61 mil mortes violentas em 2016, enquanto o Plano Nacional de Redução de Mortes e Lesões no Trânsito (PNATRANS), elaborado no âmbito do Ministério das Cidades, mostrava que no mesmo ano houveram 37.345 mortes no Brasil em decorrência de acidentes de trânsito (BRASIL, 2018). Explicar os números não é uma tarefa fácil. Os acidentes podem ser causados por uma série de razões. De acordo com a Polícia Rodoviária Federal (PRF), as principais causas por trás dos acidentes em 2016 foram desatenção ao conduzir (30,8%), excesso de velocidade (21,9%), direção sob efeito de álcool ou outras drogas (15,6%), desrespeito a sinalização (10%), ultrapassagem em local proibido (9,3%) e sono ao volante (6,7%) (PRF, 2016 apud Paraná Portal, 2017).

Ainda de acordo com os dados do PNATRANS de 2018, no Rio Grande do Norte, de 2010 a 2015 os números de mortos no trânsito mantiveram certa constância, oscilando de 652 em 2010 a 587 em 2015, apresentando o nível mais baixo em 2016: 545 casos, ou uma queda de 7,15% se comparado com o ano anterior (BRASIL, 2018).

Desde os primeiros passos legislativos da década de 1990, na forma da Lei N° 9.503 de Setembro de 1997, que instaurou o Código Brasileiro de Trânsito, a legislação de trânsito vem sendo constantemente revisada e aperfeiçoada. Em Dezembro de 2017, por exemplo, através da Lei n° 13.546, as penalidades para condutores que dirigirem sob o efeito de drogas ou álcool foi aumentada, agora com penas entre 5 e 8 anos de reclusão (BRASIL, 2017). No entanto, mesmo com o rigor das novas leis, o número de mortos no trânsito é tão alto quanto o de mortes violentas, como mostrado anteriormente.

Podemos destacar também o aumento substancial da frota de veículos como um dos fatores influenciadores. O Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) relata que entre 2003 e 2014 a venda de automóveis cresceu 102,6%, enquanto a venda de motocicletas subiu 269,8% (IPEA, 2015). No Rio Grande do Norte, haviam 731.263 veículos registrados em 2010 contra 1.231.518 em 2017, um aumento de cerca de 68,40% (BRASIL, 2018). O crescimento nem sempre ordenado das cidades associado ao crescimento da frota de veículos representam mais um fator preocupante para o trânsito.

Outro agravante para o problema é a falta de metodologias aptas e eficazes de modo a transformar dados variados, como provenientes de acidentes, demografia etc., em informações espaciais, permitindo uma fácil visualização da situação. Com exceção de pouquíssimos casos, em geral os centros urbanos maiores, como a cidade de São Paulo e Curitiba, onde as autoridades mantêm equipes treinadas para tratamento e análise de dados, a maioria das cidades brasileiras não dispõe de meios para tratar de maneira adequada os acidentes de trânsito.

Mossoró, por exemplo, começou a trabalhar dados georreferenciados somente em 2017, a partir de um projeto tripartite composto da Prefeitura Municipal de Mossoró (PMUM), Universidade Federal Rural do Semi Árido (UFERSA) e Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN). Antes da parceria a PMUM possui apenas os registros em



papel dos acidentes de trânsito e os órgãos de trânsito não era capaz de determinar qual era o tipo de acidente mais recorrente, local de maior acidentalidade, dia e hora da semana que a maioria dos acidentes ocorria, impossibilitando assim a otimização dos recursos para redução de acidentes de trânsito.

Para tratar a questão dos acidentes de trânsito a equipe de especialistas optou pelo uso de um Sistema de Informação Geográfica (SIG), pois estes sistemas trazem grande agilidade para o tratamento das informações espaciais. Ao utilizar os mesmos, pode-se analisar o mesmo problema de vários ângulos diferentes em poucos minutos simplesmente selecionando atributos diferentes associados àquele ponto. Esse sistema permite, por exemplo, que os órgãos de trânsito consigam identificar de uma maneira bastante fácil a ocorrência de locais de maior acidentalidade, chamado aqui de pontos quentes (*hotspots*) a cada hora do dia. Dessa forma, o presente trabalho visa propor uma metodologia, utilizando softwares SIG gratuitos, para que órgãos públicos de trânsito possam transformar esses dados brutos em informações úteis para a elaboração de suas políticas públicas, permitindo uma melhor aplicação dos recursos (humanos e materiais, ambos finitos) no combate ao problema.

2. Referencial teórico

2.1 Panorama dos acidentes de trânsito

A OMS o define acidentes de trânsito como todo aquele ocorrido em via pública, indo de colisões entre veículos a colisões com objetos fixos (postes, placas etc.) ou ainda em pedestres ou ciclistas (WHO, 2012). Em um artigo publicado no seu site em inglês, a OMS aponta grupos de risco. Segundo a organização, 93% das mortes no trânsito acontecem em países de baixa e média renda. 48% das mortes são de pessoas entre 15 e 44 anos de idade. 73% do total de mortes acontecem entre jovens do sexo masculino com menos de 25 anos (WHO, 2018). A organização ainda elenca alguns fatores de risco, tais como excesso de velocidade, dirigir alcoolizado ou sob efeito de outras substâncias, infraestrutura precária, etc.

O portal Knoema, ferramenta digital que reúne dados de várias fontes (governos, órgãos das Nações Unidas etc.) sobre os mais diversos temas, mostra que em 2014 o número de mortos e feridos era de aproximadamente 6,597 milhões (KNOEMA, 2019). O número de mortes após 30 dias do acidente foi de pouco mais de 300 mil mortos (KNOEMA, 2019). Os números, no entanto, podem ser sensivelmente maiores, uma vez que os dados de muitos países não foram encontrados. A Organização Mundial da Saúde (OMS) estima que o número de mortes seja de 1,25 milhão, enquanto o número de feridos oscila entre 20 a 50 milhões anualmente, tudo a um custo estimado de US\$ 1,850 trilhão ao ano (WHO, 2015).

As estatísticas nacionais também são preocupantes. O PNATRANS (Plano Nacional de Reduções de Mortes e Lesões no Trânsito, 2018) trazia a informação de que em 2016, como citado anteriormente, ocorreram 37.345 mortes no trânsito (BRASIL, 2018). Ainda de acordo com o PNATRANS, o impacto a economia nacional é de R\$ 52 bilhões anualmente. Entretanto, o Ministério da Saúde, usando os dados do Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM), mostra que entre 2010 e 2016 houve uma redução de 27,4% no número de mortes por lesões de trânsito nas capitais dos estados brasileiros, indo de 7.952 mortes em 2010 para 5.773 em 2016 (Min. Saúde, 2017). Ainda de acordo com o órgão, em 2016 foram registradas 180.443 internações oriundas de vítimas de acidentes de trânsito, a um custo de R\$ 253,2 milhões.



Em 2000, morreram em acidentes de trânsito no Brasil 28.995 pessoas, o que equivale a uma taxa de 17,1 por 100 mil habitantes. Em 2011, o número passou para 43.256 mortes e uma taxa de 22,5 por 100 mil habitantes (Waiselfisz, 2013). De acordo com Vasconcellos (2000), em seu livro “Transporte urbano nos países em desenvolvimento: reflexões e propostas”, o aumento pode ser explicado graças ao crescimento da frota e o crescimento das próprias cidades, muitas vezes de maneira desordenada e sem políticas de transporte público eficiente.

A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas (ONU) ambicionava reduzir pela metade, até 2020, o número de mortes e ferimentos causados por acidentes de trânsito em todo o mundo. A OMS busca auxiliar os governos nacionais através de disseminação de boas práticas e suporte técnico priorizando os principais fatores de risco: a direção sob efeito de álcool, o excesso de velocidade, o não uso do capacete por parte dos motociclistas, o uso do cinto de segurança e o uso de cadeirinhas para o transporte de crianças.

2.2 Geoprocessamento

Pode-se rastrear o uso mapas com informações geoespaciais a partir do século XIX, mais precisamente em 1854. Naquele ano, Londres era assolada por um grande surto de cólera. O médico John Snow, obstetra e um dos pioneiros no advento da anestesia, acreditava que a doença era transmitida através de fontes de água contaminadas, ao contrário da crença contemporânea de que ela era transmitida pelo ar. O médico então elaborou mapas com os locais de casos da doença notificados bem como as localizações dos poços e fontes de água que abasteciam os moradores na região do Soho. Com seu trabalho, ele conseguiu mostrar a correlação entre a cólera e a fonte de água contaminada (SCHOLTEN; LEPPER, 1991).

A área de Geoprocessamento é uma área de estudos multidisciplinar por excelência. Estatística, Geografia, Cartografia e principalmente a Ciência da Computação são áreas essenciais que formam os pilares do Geoprocessamento (SCHEIDEGGER; CARNEIRO; ARAUJO, 2013). Uma das formas de se representar esses dados é utilizando um modelo com a localização espacial e um atributo a ela relacionado. Tal atributo representa alguma característica desse ponto, de forma quantitativa ou qualitativa, em escala nominal, ordinal, razão ou intervalo, sendo que o ponto geográfico em questão pode ter vários atributos (MIRANDA, 2010). Essa representação se dá na forma de pontos, linhas ou polígonos e recebe o nome de representação vetorial. A outra forma de se representar graficamente é a chamada forma matricial, onde o espaço é feito por uma matriz “P (m, n) com m sendo o número de colunas e n o número de linhas. Nessa representação é possível plotar imagens de satélites e outros tipos de mapas (MOREIRA, 2012).

Como explanado por Scholten e de Lepper (1991) em seu trabalho para a Organização Mundial da Saúde, um SIG é definido como “um conjunto de ferramentas para coleta, armazenamento, consulta, análise e plotagem das informações espaciais”. Segundo os autores, há quatro tarefas básicas que um SIG deve ser capaz de realizar, sendo elas:

1. Como explicado anteriormente, um banco de dados espacialmente referenciado contém uma localização geográfica e um atributo. A informação geográfica pode ser na forma de um ponto, linha ou polígono. O SIG deve ser capaz de armazenar, gerenciar e integrar essas bases de dados, gigantescas em alguns casos.
2. O SIG deve ser capaz de permitir a consulta dos dados da base, seja de um único ponto, de um conjunto de pontos, de uma área definida por um polígono, etc.



3. Ele também tem que proporcionar ferramentas de análise ao usuário. O grau de sofisticação das análises pode variar de software para software. Alguns podem oferecer opções mais simples, como apenas a plotagem de acordo com o tipo de certo atributo. No entanto, a maioria dos softwares hoje no mercado dispõem de rotinas nativas para análises complexas, desde modelos estatísticos até o uso da modelagem.
4. Por fim, o SIG deve ser capaz de plotar mapas na tela com alta qualidade de acordo com as necessidades e configurações definidas pelo usuário.

O surgimento dos sistemas de informação geográfica (SIG's) podem ser traçados a partir da década de 1970, mas a crescente capacidade computacional das últimas décadas, seu uso vem ganhando cada vez mais espaço e aplicabilidade, se tornando uma importante ferramenta de auxílio à tomada de decisão. Dentre suas aplicações podemos citar o planejamento urbano (desde o uso de solo até o planejamento das linhas de transporte), planejamento agrícola, acompanhamento e gestão de recursos naturais, análise de políticas públicas dentre muitos outros.

2.3 Mapa de calor

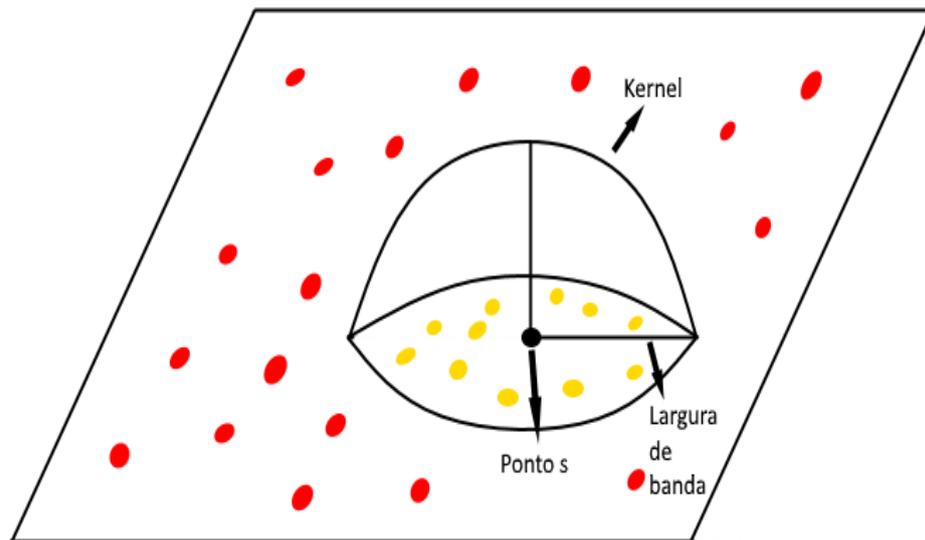
Como citado anteriormente, uma das principais funções dos sistemas de informação geográfica é realizar análises com as informações do banco de dados em questão. A aplicação de métodos estatísticos em softwares SIG é um dos meios mais usados. A estatística espacial pode ser definida como uma área da estatística que analisa a localização espacial dos pontos de interesse. Ela permite identificar, localizar, visualizar e modelar os eventos distribuídos espacialmente, permitindo a identificação de padrões (SANTOS e SOUZA, 2007).

Santos e Souza (2007) seguem definindo a classificação que essas distribuições espaciais podem possuir. Para os autores, há três tipos: espacialmente aleatória, onde não é possível detectar, a princípio, um padrão; aglomerada, onde é possível identificar um padrão de similaridade e por fim a espacialmente regular, que seguem um certo padrão. Uma das ferramentas da estatística espacial é a Estimativa da densidade de Kernel.

A estimativa da densidade de Kernel, ou mapa de Kernel ou ainda mapa de calor, é definida como estimativa da intensidade de ocorrência do evento pontual em uma área de estudo. É uma função bidimensional que pesa as ocorrências dentro de uma área definida por um raio, contando-se os pontos presentes dentro dela e mostrando então as zonas com maior ou menor concentração de pontos (BAILEY; GATRELL, 1995 apud MATSUMOTO; FLORES, 2012).



Figura 1: Estimador de densidade de Kernel



Fonte: adaptado de Matsumoto e Flores (2012).

São calculadas as distâncias de cada ponto às ocorrências dentro da área de influência determinada por uma distância h . Se tomarmos s como um ponto qualquer na região R , s_1, s_2, \dots, s_i são n pontos encontrados e h_i é a distância entre s e s_i . Dessa forma, a estimativa de Kernel realiza a interpolação um valor de intensidade para cada célula numa grade, adotando-se uma função simétrica e pontos situados até uma distância determinada do centro da célula. (CARNEIRO et al., 2005).

Como apresentado por Patrícia Matsumoto e Edilson Ferreira em seu artigo submetido a revista GeoAtos (MATSUMOTO; FLORES, 2012) os chamados eventos por unidade de área são uma função quárticabiponderada, onde cada ponto simboliza a ocorrência do evento. Esse cálculo é dado pela:

Equação 1: Ocorrências por unidade de área

$$A_\tau = \sum_{i=1}^n \frac{3}{\pi r^2} \left(1 - \frac{h_i^2}{\tau^2}\right)^2$$

Fonte: adaptado de Matsumoto e Flores, 2012.

Onde:

π equivale a 3,141592;

h é igual a distância entre s e s_i ;

τ é o raio de influência determinante da vizinhança do ponto interpolado.

É possível que haja algum valor associado ao ponto. Para representar a quantidade do atributo por área, se utiliza a seguinte equação:



Equação 2: Atributo por unidade de área

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

Fonte: adaptado de Matsumoto e Flores, 2012.

Onde $s - s_i$ é a distância entre o ponto estimado e o que se irá estimar e y_i é o atributo em questão. Em softwares SIG, a estrutura dos dados do estimador de Kernel geralmente é elaborada de forma matricial, onde o tamanho de cada célula (pixel) é alterado de acordo com as especificações do usuário.

Mapas de Kernel são muito úteis para a tomada de decisão em várias áreas de atuação. Com eles, pode se ter uma ideia da distribuição espacial daquilo que esteja sendo analisado, por exemplo a concentração de um certo tipo de árvore explorada por uma empresa ou de acidentes por parte do poder público, facilitando assim a intervenção de forma mais rápida nos pontos mais críticos.

2.4 Princípio de Pareto

Em 1896, Vilfredo Pareto, um sociólogo e economista italiano, publicou um estudo onde demonstrava que 20% da população italiana era detentora de 80% das propriedades do país. Suas contribuições não se limitaram a isso. Posteriormente, o mesmo elaborou uma equação matemática para expressar a distribuição desigual de renda em qualquer país e em qualquer tempo, que seguiria um padrão logarítmico (DUNFORD et al. 2014).

Equação 3: Distribuição de Pareto

$$\log \log(N) = \log \log(A) - \alpha \log \log(x)$$

Fonte: adaptado de Dunford et al. (2014)

Onde N representa o número de pessoas com um patrimônio maior que um limite X e A e α , ou Índice de Pareto, são constantes. Simplificando, caso o logaritmo das pessoas N seja graficamente representado contra o logaritmo dessas rendas, o gráfico resultante seria uma linha reta.

Entretanto, foi Joseph M. Juran, um dos grandes estudiosos da qualidade, que popularizou seu emprego. Ele abstraiu o conceito das descobertas de Pareto e o generalizou para se tornar aplicável a praticamente qualquer área, nomeando-o de fato como Princípio de Pareto, em homenagem ao seu “descobridor” original (DUNFORD et al, 2014).

A proposição muito utilizada nos dias de hoje em áreas tão diversas como economia, esportes, qualidade, entre outros nos diz que 80% das consequências são geradas por 20% das causas. Podemos encontrar centenas e talvez milhares de exemplos de sua aplicação na literatura.

3 Metodologia

A pesquisa foi realizada na cidade de Mossoró, no Rio Grande do Norte. Localizada no interior do Estado, Mossoró tinha, de acordo com dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), 295.619 habitantes em 2017, sendo, portanto, a segunda maior cidade do Estado em termos populacionais. Tratando de área, é o maior município do Estado, com

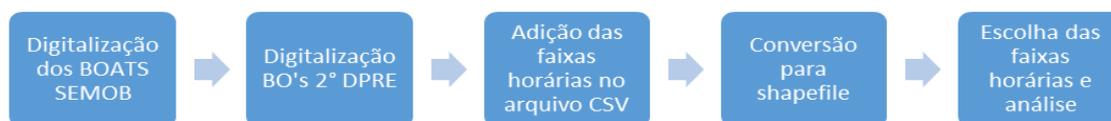


2099,36 km². O Estado do Rio Grande do Norte possuía 1.270.747 veículos, sendo 546.791 automóveis e 433.222 motocicletas. Em termos percentuais, Mossoró representaria 12,58% da frota de veículos do Estado, 10,62% dos automóveis e 11,77% das motocicletas e ciclomotores. Um fato interessante é quando comparamos Mossoró com a cidade de São Paulo, município com maior frota do país, com 5.729.252 automóveis e 961.686 motocicletas e ciclomotores: São Paulo possuía uma frota de 4.052 ciclomotores, enquanto Mossoró possuía, em 2018, 10.661 registrados, superando em mais que o dobro de ciclomotores a capital paulista. A cidade potiguar segue, ainda, como o município com o maior número de ciclomotores registrados no Brasil, com o Rio de Janeiro em segundo lugar com 9.123. Ciclomotores se enquadram na categoria de motos com cilindrada abaixo de 50 cilindradas, até 2015 não havia necessidade de porte de carteira de motorista para conduzi-las.

A primeira etapa da pesquisa consistiu em processar as informações sobre acidentes sem vítimas no perímetro urbano de Mossoró. Os Boletins de Ocorrência (B.Os.) dos acidentes sem vítimas devem ser obrigatoriamente preenchidos pela autoridade de trânsito local, ou seja, a Secretaria de Mobilidade Urbana (SEMOB). A secretaria possuía um software de captura próprio, porém a equipe do projeto sentiu a necessidade de criar outro software, o qual permitia a captura dos dados por diversos digitadores com armazenamento em nuvem, além de adicionar a possibilidade de inserção dos dados referentes a latitude e longitude de modo a geolocalizar os eventos.

A segunda etapa envolvia a coleta de dados de acidentes de trânsito com vítimas. Os acidentes de Trânsito com vítimas somente podem ser atendidos pelo 2º Distrito de Polícia Rodoviária Estadual (DPRE). A 2ª DPRE não permitiu que usássemos seu banco de dados de acidentes alegando sigilo. A solução encontrada com o comando militar foi o desenvolvimento de uma nova aplicação adaptada ao modelo de formulário da instituição, inclusive com campos para geolocalização. Percebeu-se posteriormente que a polícia do Rio Grande do Norte àquela época não incluía os dados referentes a geolocalização, vindo a inseri-los posteriormente quando apresentado os resultados do projeto.

Figura 2 - Fluxograma das etapas



Fonte: Bezerra, 2020.

Com todos os boletins de ocorrência das instituições digitados (SEMOB e 2ªDPRE), foi feita a extração dos bancos de dados dos softwares usados no formato *Comma-separated values* (CSV). Para aumentar o poder de análise foi necessário acrescentar manualmente uma nova coluna nos arquivos para categorizar os horários de ocorrência dos acidentes em faixas horárias de uma hora cada. Concluída essa etapa, os arquivos foram importados diretamente no QGIS 3.4. Esse tipo de arquivo permite visualizar na tela de trabalho do QGIS os pontos e



as informações a eles associadas, mas não permite nenhum tipo de edição ou manipulação. Esse tipo de procedimento só pode ser feito com arquivos no formato *shapefile* (SHP). Os arquivos CSV de acidentes sem vítimas e com vítimas foram então salvos nesse novo formato, usando o Datum WGS 84 e a projeção UTM Zona 24 Sul, onde está inserida Mossoró, o que trará maior precisão para o posicionamento.

Com os arquivos devidamente separados, foi então escolhida as faixas horárias críticas para posterior análise. Para essa escolha, foi necessário organizar as quantidades de acidentes por faixa horária separadamente e então foi aplicado o Princípio de Pareto. Criou-se então dois mapas de calor (*heatmaps*) gerais, para explicitar as manchas de calor (*hotspots*). Para uma análise individual, foram criados *heatmaps* separados para cada faixa horária para cada tipo de acidente.

4 Análise dos resultados

A cidade de Mossoró, de 2014 a 2017, registrou 1.645 acidentes sem vítimas, ou seja, ocorrências somente com danos materiais, em seu perímetro urbano. Para a análise, fez-se uso do *plugin* denominado “Mapa de Calor” do QGIS 3.4. Tal *plugin* permite criar mapas de densidade de Kernel, agrupando as ocorrências de acordo com um raio previamente definido pelo usuário. Foi usada como forma do Kernel uma função quártica bponderada, com um raio de 30 metros e tamanho das células X e Y igual a 5, de modo a maximizar a visualização da forma mais suave possível. Em seguida, foi escolhida uma renderização com banda simples falsa-cor e os dados foram separados em classes.

Posteriormente, o dia foi dividido em 24 faixas horárias, com os acidentes sendo agrupados nelas de acordo com o horário de sua ocorrência. A figura 4 nos traz essa informação, onde as barras em vermelho foram as faixas selecionadas de acordo com o Princípio de Pareto em uma proporção 70/30, temos que as 8 faixas horárias mais críticas (cerca de 33% do total de faixas) representam 64,74% dos acidentes.

Figura 3 - Distribuição dos acidentes sem vítima por faixa horária



Fonte: Bezerra, 2020.



Primeiramente, cada faixa horária foi analisada separadamente e os principais pontos foram contabilizados. Então os dados para cada faixa foram agrupados e analisados de maneira conjunta. Os pontos de cada faixa foram comparados, com os acidentes de pontos iguais sendo somados. O número de citações, por sua vez, representa o número de vezes que aquele ponto em específico apareceu ao longo do recorte temporal analisado. O quadro 1 mostra apenas os pontos identificados em mais de uma faixa horária.

Quadro 1 - Resultado final dos acidentes sem vítimas com pontos agrupados

Rua 1	Rua 2	Qtde	Citações
Avenida Rio Branco	Avenida DixNeuf Rosado	11	4
Prudente de Moraes	Melo Franco	9	3
Av. Alberto Maranhão	Avenida Augusto Severo	5	2
Av. Alberto Maranhão	Felipe Camarão	5	2
Avenida Cunha da Mota	Frei Miguelinho	7	2
Avenida DixNeuf Rosado	Ao lado da Cobal	4	2
Avenida Presidente Dutra	Doutor Pedro Ciarlini	5	2
Doutor João Marcelino	Pedro Velho	4	2
Frei Miguelinho	Entre Sebastião Dias, José A. Nunes	4	2
Juvenal Lamartine	Doutor João Marcelino	6	2
Melo Franco	Duodécimo Rosado	4	2
Santos Dumont	Coronel Vicente Sabóia	6	2

Fonte: Bezerra, 2020.

Ao longo de todas as faixas, foram contabilizados 65 pontos distintos onde ocorreram mais de 1 acidente. Esses 65 pontos, por sua vez, foram responsáveis por 190 acidentes, ou 17,84% do total (1.065 ocorrências). 18,45% dos pontos, isto é, 12 pontos, podem exigir uma maior atenção por conta de sua recorrência (pontos que apareceram mais de uma vez na lista). Essas localidades somaram 70 acidentes (36,84% dos 190). O cruzamento da Avenida Rio Branco com Avenida Dix Neuf Rosado seria o ponto mais crítico para o período analisado, tendo aparecido em 4 faixas horárias distintas e registrando 11 acidentes ao total.

Já os acidentes com vítimas foram feitos exclusivamente com os acidentes sob jurisdição da Polícia Rodoviária Estadual, ou seja, aqueles acidentes ocorridos em vias municipais ou estaduais. Entre 2014 a 2017, foram registrados 3100 acidentes por aquele órgão. Novamente foi utilizado o *plugin* denominado “Mapa de Calor” do QGIS 3.4. Tal *plugin* permite criar mapas de densidade de Kernel, com as mesmas configurações usadas anteriormente.

Para realizar a aplicação do Princípio de Pareto, os acidentes desse tipo também foram agrupados por faixa horária, contados, calculados seus percentuais em relação ao total e o percentual acumulado. O quadro a seguir mostra o resultado desse procedimento. Aplicando o Princípio de Pareto numa proporção 60/40, ou seja, 40% das faixas horárias são responsáveis por 60% dos acidentes, chegamos a 9,6 faixas horárias. Arredondando esse valor para 10, vemos que as 10 primeiras faixas horárias corresponderam a 63,65% dos acidentes, ou 1973 registros. Além disso, vê-se que 4 faixas horárias das 10 estão no período da manhã, 5 no período da tarde e apenas 1 no período da noite. Destaca-se também que as faixas de 07:01 a 08:00, 11:01 a 12:00 e 17:01 até 18:00 apresentam, se comparadas as outras, uma movimentação maior em bairros ao redor e distante do Centro, o que pode ser explicado pelo



trânsito na saída de casa para o trabalho pela manhã, a saída para o horário de almoço e o final do expediente

Figura 4 - Acidentes com vítimas por faixa horária



Fonte: Bezerra, 2020.

Adotando-se o mesmo procedimento dos acidentes sem vítimas, isto é, agrupando todos os pontos de cada faixa horária e contabilizando o número de repetições de cada um, foi possível reduzir dos 193 pontos identificados para 111. Dado seu tamanho, no quadro 2 podemos ver a seguir os pontos que registraram 10 acidentes ou mais.

Quadro 2 - Resultado final dos acidentes com vítimas com pontos agrupados

Rua 1	Rua 2	Qtde	Citações
Doutor João Marcelino	Juvenal Lamartine	16	6
Prudente de Moraes	Melo Franco	14	6
Avenida Dix Neuf Rosado	Avenida Rio Branco	12	6
Ferreira Itajubá	Jeremias da Rocha	17	5
Avenida Dix Neuf Rosado	Em frente ao hipermercado	13	4
Frei Miguelinho	Princesa Isabel	13	4
Avenida Augusto Severo	Avenida Rio Branco	11	4
Avenida Dix Neuf Rosado	Em frente ao condomínio	11	4
Delfim Moreira	Melo Franco	10	4
Rodrigues Alves	Juvenal Lamartine	10	4
6 de Janeiro	Delfim Moreira	10	2

Fonte: Bezerra, 2020.

Vale destacar que esses 111 pontos únicos foram responsáveis por 446 acidentes dos 1.973 totais para as 10 faixas horárias analisadas. Essa cifra corresponde a 22,60% do total das faixas horárias e 14,38% dos 3.100 acidentes com vítimas registrados em Mossoró no período de 2014 a 2017. 70 pontos, ou 63,06% do universo de 111 localidades, não



apresentaram recorrência, isto é, apareceram em apenas uma faixa horária ou ocasião. Esses mesmos pontos registraram 153 acidentes, indo de 2 ocorrências (valor mínimo) até 5 registros.

Enquanto isso, as localidades que registraram 10 acidentes ou mais somaram 137 acidentes distribuídos ao longo de 11 cruzamentos. Esses pontos apresentam sinais de recorrência, sendo que o menor valor encontrado foi de 2 repetições e o maior em 6. Analisando o meio termo (faixas com mais de 1 repetição e menos de 10 acidentes) temos 30 pontos, com 156 acidentes.

5 Considerações finais

Diante do que foi analisado na seção anterior, podemos chegar a algumas conclusões sobre a distribuição horária e espacial dos acidentes, com e sem vítima, na cidade de Mossoró.

Começando pelos acidentes sem vítimas, vemos que das 8 faixas horárias analisadas, 7, ou 87,5%, ocorreram em condições teoricamente perfeitas de iluminação, sendo 4 pelo período da manhã (entre 8h e 12h) e 4 pela tarde (entre 12:01 e 18h). Apenas a faixa entre 17:01 e 18h apresenta condições adversas em sua metade final, quando o sol se põe, por volta das 17:40, e gera uma condição de penumbra. Ainda assim, foi a faixa com menos acidentes entre as 8:00 e 9:00, registrando 108 ocorrências.

Quando analisamos os acidentes com vítimas, o cenário é bem parecido também. Das 10 faixas horárias, 8 foram em condições de boa luminosidade (80% do total), sendo 4 pelo período da manhã (entre 07:01 e 12h), 5 pelo período da tarde (entre 12:01 e 18h) e 1 no período noturno (entre 18:01 e 19h). Diferente dos acidentes sem vítimas, para os com vítimas a faixa entre 17:01 e 18h foi a segunda em números absolutos de acidentes (233 registros), sendo que a faixa entre 18:01 e 19h registrou 209 acidentes, sendo a quarta em número de ocorrências. Das faixas analisadas, a que menos registrou acidentes foi entre 09:01 e 10h, com 164 casos.

Quanto a natureza dos acidentes, nos acidentes sem vítimas, 31,26%, ou 333 dos 1.065 acidentes, foram do tipo colisão transversal, 29,10% (ou 310 ocorrências) foram do tipo colisões traseiras, 266 foram colisões laterais (24,97%), 48 engavetamentos (4,50%), 4,22% (ou 45 registros) foram choques, colisões frontais e sem informação registraram, respectivamente, 25 e 21 acidentes (2,34% e 1,97%). 11 foram classificados como outros (1,03%), 4 tombamentos (0,37%) e atropelamento de pedestres e capotamentos cada um com 1 acidente (0,09% cada um).

Há algumas similaridades quando analisamos os acidentes com vítimas. Para esse tipo de acidente, as colisões transversais também foi maioria, contabilizando 803 registros (40,69% dos 1973 totais). Vale destacar que esse tipo é, sozinho, mais que os dois próximos tipos somados, que são colisões traseiras e laterais, cada uma com 350 acidentes (ou 17,73% para cada). Sem informação, choques e colisões frontais foram, respectivamente, 161, 125 e 103 ocorrências (8,16%, 6,33% e 5,22%). Houve 50 atropelamentos (2,53%) escalonados ao longo das faixas horárias, 13 capotamentos (0,65%), 8 quedas de moto (0,40%), 6 tombamentos (0,30%), 2 atropelamentos de animais (0,10%) e 1 engavetamento e 1 descida de acostamento.

Algumas das vias apresentadas, como Rio Branco e Dix Neuf Rosado são vias arteriais, com um tráfego de veículos bastante intenso. A Dix Neuf Rosado, por exemplo, conecta bairros da região leste, como Rincão, Pintos e o polo universitário (UFERSA e UERN) praticamente direto ao Centro. A Avenida Rio Branco e Alberto Maranhão, esta uma coletora, por sua vez, cortam a cidade de norte a sul (a Alberto Maranhão é a maior via da cidade, indo dos limites das Barrocas até a BR 304, uma distância de 7,84 km). Entretanto, os



VIII SINGEP

Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade
International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability
ISSN: 2317-8302

8TH INTERNATIONAL CONFERENCE



pontos onde ocorrem a maior parte dos acidentes são, em teoria, com uma melhor estrutura de sinalização e fiscalização. Destaca-se aqui o cruzamento da Dix Neuf Rosado com Rio Branco: é muito próximo a um sinal bem sinalizado, mas as características do entorno o tornam um ponto cego.

De posse dessa análise quantitativa, o poder público e os órgãos de trânsito locais poderão direcionar estudos mais detalhados quanto aos pontos listados nas tabelas finais. Para a Secretaria de Mobilidade Urbana e sua Gerência de Trânsito uma abordagem quantitativa pode ser um bom ponto de início para o direcionamento dos recursos. Sabendo quais locais apresentam uma recorrência maior de acidentes, tais autoridades poderão alocar as equipes de fiscalização e de engenharia para estudos mais aprofundados sobre as características físicas e ambientais que propiciam a ocorrência desses acidentes.

Por sua vez, os acidentes com vítimas necessitam de uma atenção maior. Uma vez que acidentes com vítimas é todo aquele com algum tipo de prejuízo a vida humana, desde ferimentos leves a graves e até a morte, nem sempre aquele ponto com mais acidentes ou maior recorrência será o ponto mais crítico. É perfeitamente plausível que um ponto com certa quantidade de acidentes apresente ocorrências com ferimentos mais leves, enquanto outro ponto, com uma menor quantidade, tenha um maior número de mortes ou ferimentos graves. Dessa forma, como sugestão de trabalhos futuros seria analisar qualitativamente esses pontos, abordando desde a característica física do ponto até, se possível, números de óbitos e outros tipos de ferimentos. Também pode-se sugerir um comparativo com os dados de 2018 e 2019. Na metade de 2018, a Prefeitura de Mossoró deu início a implantação de câmeras de vídeo monitoramento em alguns trechos e cruzamentos.

6 Referências

AZEVEDO, Francielly. **Brasil é o quinto país do mundo em mortes no trânsito, segundo OMS. Paraná Portal**, 2017. Disponível em: <<https://paranaportal.uol.com.br/cidades/brasil-recordista-mortes-transito/>>. Acesso em: 18 de Março de 2019.

Bezerra, Antonio Luiz Freitas. Aplicação do Princípio de Pareto e Mapa de Calor na análise de acidentes de trânsito em Mossoró/RN / Antonio Luiz Freitas Bezerra. - 2020, 110 f. Monografia - UFERSA

BRASIL, Conselho Nacional de Trânsito. **Plano Nacional de Redução de Mortes e Lesões no Trânsito. Governo do Brasil**, 2018. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/noticias/cidadania-e-inclusao/2018/09/governo-lanca-plano-com-metas-para-reduzir-mortes-no-transito-pela-metade/livro-pnatran.pdf>>. Acesso em: 22 de Março de 2019.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Óbitos por acidentes de trânsito caem pelo segundo ano consecutivo. Ministério da Saúde**, 2017. Disponível em: <<http://www.saude.gov.br/component/content/article/42245-obitos-por-acidentes-de-transito-caem-pelo-segundo-ano-consecutivo/>>. Acesso em: 06 de Abril de 2019.

BRASIL, Senado Federal. **Estudo da Organização Mundial da Saúde (OMS) sobre mortes por acidentes de trânsito em 178 países é base para década de ações para segurança. Em Discussão!**, 2013. Disponível em: <<http://www.senado.gov.br/noticias/Jornal/emdiscussao/motos/saude/estudo-da-organizacao-mundial-da-saude-oms-sobre-mortes-por-acidentes-de-transito-em-178-paises-e-base-para-decada-de-acoes-para-seguranca.aspx>>. Acesso em: 16 de Março de 2019.



BRASIL. Lei nº 13546, de 19 de dezembro de 2017. Altera dispositivos da Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997 (Código de Trânsito Brasileiro), para dispor sobre crimes cometidos na direção de veículos automotores. 19 dez 2017. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Lei/L13546.htm>. Acesso em: 25 de Março de 2019.

DUNFORD, Rosie; QUANRONG, Su; TAMANG, Ekraj; WINTOUR, Abigail. The Pareto Principle. **The Plymouth Student Scientist**, 7 (1), 140-148, 2014. Disponível em <<https://pdfs.semanticscholar.org/ef82/df7b0ef7a88727636f5ad680a464e33e345.pdf>>. Acesso em: 28 de Junho de 2019.

IPEA. **Acidentes De Trânsito Nas Rodovias Federais Brasileiras – Caracterização, tendências e custos para a sociedade**; Brasília – DF: 2015. Disponível em <http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/150922_relatorio_acidentes_transito.pdf> Acesso em: 27 de Março de 2019.

KNOEMA. **Casualties**. **Knoema**, 2019. Disponível em: <<https://knoema.com/atlas/topics/Transportation/Road-Accidents/Casualties>>. Acesso em: 02 de Abril de 2019.

KNOEMA. **Fatalities**. **Knoema**, 2019. Disponível em: <<https://knoema.com/atlas/topics/Transportation/Road-Accidents/Fatalities>>. Acesso em: 02 de Abril de 2019.

MATSUMOTO, P. S. S.; FLORES, E. F. **Estatística Espacial na Geografia: um Estudo dos Acidentes de Trânsito em Presidente Prudente - SP**. Geografia em Atos (Online), v. 1, p. 95-113, 2012. Disponível em: <<http://revista.fct.unesp.br/index.php/geografiaematos/article/viewFile/1755/matsumoto>>. Acesso em: 25 de abril de 2019.

MIRANDA, José I. **Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas**. –2. ed. rev. atual. – Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica, 2010.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. V-4, Viçosa-MG, 2012.

SANTOS, S. M.; SOUZA, W. V. (Org.). **Introdução à Estatística Espacial para a Saúde Pública**. Brasília: Ministério da saúde, 2007. 122p. Disponível em: <http://www.escoladesaude.pr.gov.br/arquivos/File/TEXTOS_CURSO_VIGILANCIA/capacitacao_e_atualizacao_em_geoprocessamento_em_saude_3.pdf>. Acesso em: 23 de abril de 2019.

SCHEIDEGGER, Emerson; CARNEIRO, T. C. J. ; ARAUJO, C. . **Impactos do Sistema de Informação Geográfica na Administração Pública Municipal**. Revista Gestão & Tecnologia, v. 2, p. 3-21, 2012. Disponível em: <<http://revistagt.fpl.edu.br/get/article/view/442>>. Acesso em: 17 de abril de 2019.

SCHOLTEN, H. J. & LEPPER, M. J. C. **The Benefits of the Application of Geographic Information Systems in Public and Environmental Health**. World Health Statistical Quarterly, 44:160-170. Genebra: 26-29 de novembro de 1990. Disponível em:



VIII SINGEP

Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade
International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability
ISSN: 2317-8302

8TH INTERNATIONAL CONFERENCE



<<http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/Septiembre2007/CD1/pdf/eng/doc5534/doc5534-contenido.pdf>>. Acesso em: 15 de abril de 2019.

VASCONCELLOS, E. A. **Transporte urbano nos países em desenvolvimento: reflexões e Propostas.** (2000) 3ª ed. São Paulo: Annablume.

WASELFISZ, Julio Jacobo. **Mapa da Violência 2013. Acidentes de Trânsito e Motocicletas.** Rio de Janeiro, Flacso Brasil, 2013. Disponível em:
<https://www.mapadaviolencia.org.br/pdf2013/mapa2013_transito.pdf>. Acesso em: 12 de Abril de 2019.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Brasilia Declaration on Road Safety. 2nd Global High Level Conference on Road Safety,** 2015. Disponível em:
<https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_traffic/Brasilia_Declaration/en/>. Acesso em: 02 de Abril de 2019.