

GEOREFERENCIAMENTO DO SISTEMA DE INFORMAÇÕES DE ACIDENTES DE TRÂNSITO DE FORTALEZA (SIAT-FOR): APERFEIÇOAMENTO E VANTAGENS

Marcelo Pereira Queiroz

Centro de Formação de Recursos Humanos em Transportes – CEFTRU
Universidade de Brasília - UnB

Carlos Felipe Grangeiro Loureiro

Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes – PETRAN
Universidade Federal do Ceará - UFC

Flávio José Craveiro Cunto

Autarquia Municipal de Trânsito, Serviços Públicos e Cidadania – AMC

RESUMO

Este trabalho descreve, inicialmente, problemas diagnosticados e soluções implementadas para aperfeiçoar o processo de georeferenciamento dos acidentes armazenados no Sistema de Informações de Acidentes de Trânsito de Fortaleza (SIAT-FOR). Dentre os problemas, destaca-se a ausência, no Boletim de Ocorrência, da numeração do endereço do local defronte ao acidente, que é difícil de ser corrigido pois suas causas estão relacionadas à falta de planejamento urbano e treinamento das equipes dos outros órgãos que auxiliam na coleta de dados de acidentes em Fortaleza. Em seguida, apresenta-se as vantagens de implementar o SIAT-FOR em uma plataforma de Sistema de Informações Geográficas (SIG), como o desenvolvimento de rotinas computacionais para cadastrar e recuperar informações do banco de dados. Outra vantagem observada é a geração no SIG de mapas digitais que permitem visualizar a distribuição espacial dos acidentes, assim como a utilização de ferramentas de análise exploratória espacial de padrões pontuais na identificação de locais críticos na malha viária.

ABSTRACT

This paper describes, firstly, diagnosed problems and implemented solutions to improve the accident's geocoding process of the Fortaleza's Traffic Accident Information System (SIAT-FOR). Among the problems, it is highlighted the absence, in the accident report, of the address number of the nearest site to the accident, which solution is quite difficult since its causes are related to inadequate urban planning and lack of staff training in the other agencies involved with the collection of traffic accident data in Fortaleza. Secondly, it presents the advantages of implementing SIAT-FOR within a Geographical Information System (GIS) platform, such as the development of computational routines to register and search for information in the database. Another observed advantage is to create digital maps that allow visualizing the spatial distribution of traffic accidents, as well as the use of point pattern spatial exploratory analysis tools to identify critical spots in the roadway network.

1. INTRODUÇÃO

A aplicação das ferramentas de análise espacial aos estudos dos acidentes de trânsito vem se intensificando na comunidade técnica de segurança de tráfego. Com o intuito de explorar todo o potencial deste ferramental, a Autarquia Municipal de Trânsito, Serviços Públicos e Cidadania (AMC) decidiu georeferenciar os acidentes armazenados no Sistema de Informações de Acidentes de Trânsito (SIAT-FOR). Após a implantação deste processo, verificou-se que alguns motivos impediam o georeferenciamento dos acidentes e também foram observadas algumas vantagens que este processo proporcionava não só a um banco de dados de acidentes como também aos estudos de segurança viária, os quais foram citados por Queiroz *et. al.* (2003). O presente trabalho é uma continuação desta pesquisa e apresenta uma avaliação das soluções implementadas para elevar o percentual de acidentes georeferenciados e relata algumas vantagens que este processo incorporou ao SIAT-FOR e aos estudos de segurança viária na cidade de Fortaleza.

2. GEOREFERENCIAMENTO: ERROS E VANTAGENS

O georeferenciamento consiste em acrescentar pontos a um mapa digital usando os endereços das ocorrências ou outra forma de localização (Levine *et al.*, 1995). Dentre estas outras formas, pode-se citar os pontos de referência os quais compreendem a localização de diversos marcos da cidade, elementos de reconhecimento simples e imediato, tais como: escolas, hospitais, supermercados, clubes recreativos, dentre outros (Davis, 2004).

O georeferenciamento pode ser realizado de quatro formas: por meio do registro manual ponto a ponto; usando as rotinas disponíveis nos pacotes de SIG; usando programas elaborados na linguagem de programação destes pacotes; e usando programas especializados. A maioria das publicações pesquisadas realiza o georeferenciamento usando rotinas de pacotes de SIG (Cardoso 1999; Cardoso, 2002; Bayapureddy, 2004) e algumas delas usam rotinas desenvolvidas na linguagem de programação de pacotes de SIG (Queiroz, 2003)

Normalmente, os principais motivos para que o georeferenciamento dos acidentes não seja efetivado são os seguintes: nomes de ruas sem localização na base de logradouros (Levine e Kim, 1998) e acidentes que ocorrem em propriedade privada, que não tem denominação oficial (Miller, 1999). Davis (2004) também cita outras possibilidades de erros para os quais muitos bancos de dados de acidentes não estão preparados: armazenar tipos e nomes anteriores de logradouros, possibilitando reconhecer referências a nomes antigos; prever a inclusão de apelidos ou nome populares de logradouros, pois existem alguns logradouros que são denominados pela população de forma completamente diferente da oficial; e possibilitar reconhecimento de um nome de logradouro escrito errado devido à sua grafia no Boletim de Ocorrência antes de ser cadastrado no banco de dados.

Dentre as principais aplicações do SIG para a segurança de tráfego, vale citar a representação de locais críticos de acidentes em mapas, assim como a capacidade de integração do banco de dados de acidentes com outros bancos de dados, tais como os de geometria das vias ou de volume de tráfego (Miller, 1999).

3. GEOREFERENCIAMENTO NO SIAT-FOR: APERFEIÇOAMENTO

Uma das atividades para aperfeiçoar o processo de georeferenciamento foi a elaboração de uma rotina de importação da tabela de logradouros e da tabela de interseções atualizadas das camadas geográficas da base de dados do pacote de SIG, denominado TransCAD, para o banco de dados do SIAT-FOR (Figura 1). Esta atividade é necessária porque as tabelas de logradouros e interseções usadas neste banco de dados são oriundas, mantidas e atualizadas por meio das camadas geográficas contidas no SIG. Pode-se observar nesta figura que a quantidade de interseções na base SIG e na base SIAT-FOR são diferentes, motivada pela desatualização das camadas geográficas devido a inserção de novos logradouros e interseções que surgem a cada dia no ambiente urbano. Vale lembrar que o programa elaborado atualiza a base SIAT-FOR mantendo as interseções e logradouros que não se encontram digitalizadas na base SIG.

Outra observação a ser feita em relação a Figura 1 refere-se aos 224 logradouros a mais existentes na base SIAT-FOR. Estes logradouros também são frutos da desatualização da base SIG e também de acidentes que ocorrem em rodovias federais ou estaduais que não pertencem a jurisdição Municipal, mas que se encontram cadastradas no SIAT-FOR.

O desenvolvimento da rotina de importação também auxiliou a aperfeiçoar o processo de georeferenciamento, pois possibilitou evitar o cadastro de acidentes em interseções que

vinham registrados no B. O., mas que não se interceptavam realmente na malha viária. Quando um acidente em interseção não podia ser cadastrado por não existir a interseção na base de interseções SIAT-FOR, uma pesquisa era realizada na camada de interseções da base SIG. A maioria dos casos verificados apontou uma descrição incorreta de uma das aproximações do local do acidente, motivadas por ruas que mudam denominações ao longo de sua extensão. Caso o motivo fosse referente a uma desatualização da base, a interseção era cadastrada na base de interseções do SIAT-FOR.

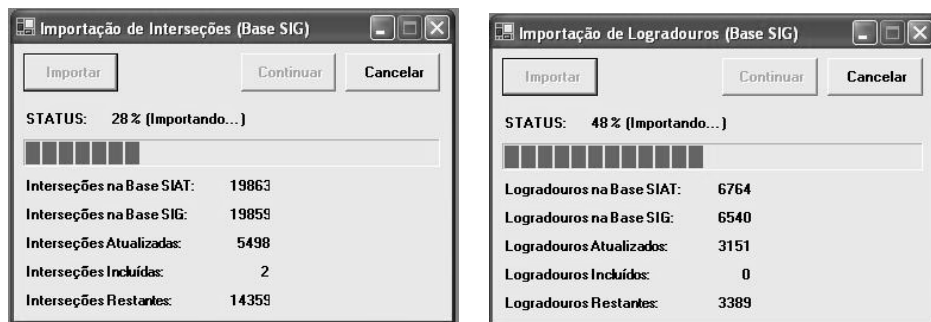


Figura 1: Tela de importação de interseções e de logradouros da base do SIG para a base do SIAT-FOR.

Outra atividade que se encontra em desenvolvimento para aperfeiçoar este processo é o georeferenciamento dos acidentes após o encerramento da contabilidade dos acidentes mensais, o que possibilita a correção de um certo percentual dos acidentes que não seriam georeferenciados no momento de elaboração do relatório trimestral divulgado pelo Órgão Gestor de Trânsito Municipal.

Apresenta-se ainda neste item uma avaliação do georeferenciamento dos acidentes, citando os motivos e as soluções para o não georeferenciamento. Esta cidade registrou um total de 21.541 acidentes em 2003, dos quais 317 resultaram em vítimas fatais, o que significa uma vítima fatal a cada 27,6 horas (AMC, 2004). Deste total de acidentes, obteve-se 75,6% de georeferenciamento, o que significa uma aumento de 3,6% em relação ao percentual médio obtidos nos anos anteriores. Este valor pode ser considerado bom quando comparado aos valores obtidos em trabalhos estrangeiros (Betti, 1999; Levine e Kim, 1998; Levine *et al.* 1995); se for considerado que o processo está em fase inicial de implantação no Órgão Gestor de Trânsito. Além disso, vale lembrar que o processo de atualização da base é um processo contínuo e demorado.

Os motivos e os percentuais de não georeferenciamento dos acidentes no período de 2001 a 2003 encontram-se na Tabela 1. Comparando os resultados alcançados em 2003 com os de 2001 e 2002 pode-se observar que o item 2 apresentou uma redução significativa, tendo como consequência imediata o aumento dos percentuais dos itens 1, 3 e 4. A elevação do item 1 pode ser considerada vantajosa, visto que são acidentes que não podem ser georeferenciados, pois o Boletim de Ocorrência destes acidentes não fornecem a informação do número do imóvel defronte ao acidente. O aumento dos outros dois itens (3 e 4) pode ser reduzido ao implementar por completo as soluções indicadas para o aperfeiçoamento do georeferenciamento, as quais estão citadas na Tabela 2. Como exemplo, pode-se citar que o percentual do item 3 poderá ser ainda mais reduzido ao coletar o restante das informações

sobre as numerações dos pontos de referências. Os itens 4 e 5 se referem à desatualização da base de logradouros armazenada no pacote de SIG, cujas reduções podem ser significativas com o término das implementações citadas na Tabela 2.

Tabela 1: Motivos para não georeferenciamento dos acidentes (2001 a 2003)

Item	Motivos	2001	2002	2003
1	Ausência de numeração do endereço no local defronte ao acidente no B. O.	42,9%	46,2%	49,3%
2	Ausência da numeração do ponto de referência do local do acidente no SIAT-FOR	40,3%	37,4%	29,1%
3	Nomes de interseções coletadas ou cadastradas erradas	11,1%	10,8%	13,9%
4	Endereços não encontrados na tabela de logradouros do SIAT-FOR	2,7%	2,1%	4,1%
5	Ausência da numeração de alguns logradouros na base SIG	3,0%	3,5%	3,5%
Total		100,0%	100,0%	100,0%

Tabela 2: Resultados obtidos com as soluções implementadas para o não georeferenciamento dos acidentes.

Item	Soluções	Implementação
1	Solicitar aos demais órgãos de coleta que orientem seus funcionários para a coleta correta do local do acidente	Foram feitas várias solicitações informais aos demais Órgãos colaboradores com a coleta de dados para coletar esta informação.
2	Cadastrar as numerações destes pontos de referência no SIAT-FOR	Do total de pontos de referência (2143), foram cadastradas 1223 numerações, ou seja, 57,06% das numerações dos pontos de referências registradas no SIAT-FOR.
3	Desenvolver rotina no SIG que colete todos os nomes de interseções possíveis	Foi desenvolvida uma rotina de programação em SIG que evita o cadastro de acidentes em locais que não se interceptam.
4	Atualizar endereço da tabela de logradouros da base SIG	Foram feitos alguns contatos para atualização da base de logradouros com Órgãos públicos e privados. Este processo atualmente está sendo realizado apenas junto a Secretaria de Finanças do Município – SEFIN.
5	Pesquisar a numeração destes logradouros e cadastrar na tabela de logradouros da base SIG	Foram realizadas pesquisas na SEFIN, que possui um cadastro de quadras com numeração de logradouros da cidade. Foram coletadas até o momento 57,8% dos logradouros sem numeração e cadastrados 20% do que foi coletado.

Existem também outras três fontes de erro para o não georeferenciamento dos acidentes. Uma delas é a mudança na denominação do logradouro ao longo da extensão da via, o que dificulta a descrição correta do local por parte do agente de trânsito. Como exemplo, pode-se citar os casos da Av. Duque de Caxias que muda para Av. Heráclito Graça ao longo de sua extensão; da Rua Pe. Valdevino que muda para R. Beni de Carvalho; e Av. Tristão Gonçalves que muda para Av. Carapínima.

O segundo motivo foi detectado ao usar as rotinas de pacotes de SIG e se refere aos nomes de logradouros idênticos, as quais necessitariam de uma outra informação na base de logradouros, tal como o Código de Endereçamento Postal (CEP). Vale salientar que mesmo usando outras informações, não se pode admitir que uma cidade com planejamento possua uma repetição excessiva de nomes de logradouros. No caso de Fortaleza, existem vários logradouros com a denominação de Rua São Francisco, alguns no mesmo bairro. Este problema dificulta não só o processo de georeferenciamento, mas também qualquer cadastro de ocorrências na cidade, dificultando também a análise e a proposição de soluções pelo Poder Público. Vale lembrar que a rotina desenvolvida em linguagem de programação GISDK para este georeferenciamento não está sujeita a esse problema, pois usa o código dos logradouros para georeferenciar o acidente.

O último motivo relaciona-se a interseções que não estavam conectadas na base digital de logradouros, os quais foram corrigidos ao conectar os nós dos logradouros usando ferramentas de edição do TransCAD (Caliper, 1996) ou do pacote Spring 4.0 (INPE, 2003).

4. VANTAGENS DO GEOREFERENCIAMENTO PARA UM BANCO DE DADOS DE ACIDENTES

Foram observadas seis vantagens que o georeferenciamento proporcionava aos estudos de acidentes. A primeira delas apresenta como um SIG pode auxiliar um banco de dados de acidentes na alocação de nomes de bairros aos dados de acidentes sem necessidade de digitação ou de elaboração de tabelas auxiliares. Isto pode ser feito usando a ferramenta *Tag* (Etiqueta), disponibilizada no pacote TransCAD, que para cada acidente georeferenciado aloca o nome da camada de área (bairro, setores censitários, zonas de tráfego, secretarias regionais, dentre outros) em que ele se encontra.

A segunda vantagem disponibilizada pelo pacote TransCAD é a possibilidade de integrar outros bancos de dados que possam auxiliar na análise dos acidentes de trânsito, tais como os bancos de dados de escolas, *shopping centers*, hospitais, centros comerciais, dentre outros. Com a inserção das informações de classificação viária na tabela de logradouros, uma identificação de locais críticos poderá ser executada conforme a classificação viária.

A vantagem seguinte é apresentada na Figura 2 que contém o exemplo de uma interseção na cidade de Fortaleza que possui diferentes denominações em suas aproximações. Isto ocasionava erros quando o banco de dados era consultado para fornecer a quantidade de acidentes em uma interseção, pois o analista selecionava apenas uma das denominações da interseção, como Av. Bezerra de Menezes e Av. Humberto Monte, obtendo os acidentes ocorridos com esta denominação sem contabilizar os acidentes que estão armazenados nas outras denominações, ou seja, Av. Parsifal Barroso x Av. Mister Hull e Av. Bezerra de Menezes x Av. Parsifal Barroso. Para resolver este problema, foi elaborada uma rotina na linguagem de programação do TransCAD, denominada GISDK, que coletava as denominações diferentes em cada uma das aproximações por interseção da cidade e depois realizava combinações para obter todos as denominações possíveis para cada interseção. Estes dados foram armazenando e exportados para o banco de dados do SIAT-FOR. Desta maneira, ao consultar a quantidade de acidentes por interseção usando apenas uma das denominações, todos os acidentes ocorridos naquela interseção eram contabilizados.

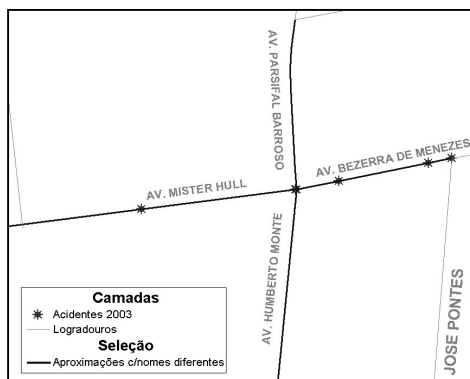


Figura 2: Exemplo de interseção com denominações diferentes nas quatro aproximações.

A Figura 3 apresenta a quarta vantagem que é facilmente obtida com aplicação dos SIG's, ou seja, selecionar um trecho qualquer e contabilizar a quantidade de acidentes nele ocorridos. Esta tarefa é difícil de ser executada em um banco de dados, pois ele não reconhece o relacionamento espacial entre os trechos para contabilizar tais informações. Nesta figura, são apresentados todos os acidentes ocorridos na Av. Des. Moreira entre a Av. Antonio Sales e a Av. Pontes Vieira, em um total de 41 ocorrências. Esta representação também pode considerar os atributos dos acidentes, sejam relacionados ao grau de severidade do acidente, aos tipos de acidentes, aos dados sobre os condutores dos veículos ou sobre as vítimas dos acidentes.

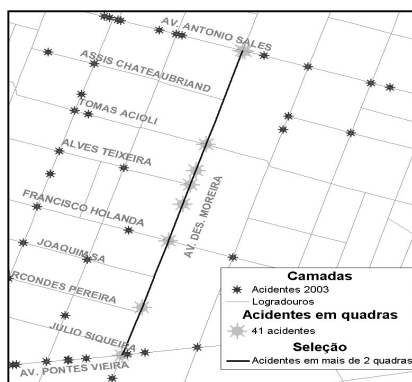


Figura 3: Exemplo de consulta de acidentes em trechos com mais de uma interseção.

A quinta vantagem refere-se a uma interface desenvolvida para permitir a localização dos acidentes de trânsito coletados pelos agentes de trânsito em uma escala maior, ou seja, para permitir a elaboração do diagrama de acidentes apresentando a configuração viária do local, contendo também ferramentas de visualização para selecionar e visualizar determinadas tipologias de acidentes, com suas respectivas quantidades. A Figura 4 apresenta um exemplo deste diagrama, apresentando o total de acidentes que foram posicionados na interseção, as severidades destes acidentes, posicionando o acidente na faixa em ele ocorreu, além de atribuir características atributivas aos acidentes, tais como a natureza e a severidades destas ocorrências.

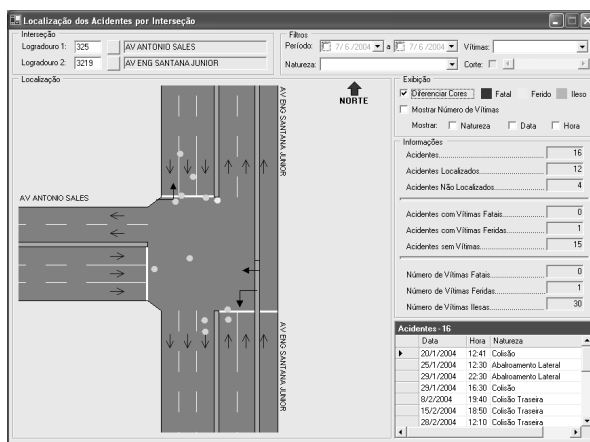


Figura 4: Severidade dos acidentes pelo tipo de localização.

A última vantagem, obtida após o georeferenciamento dos acidentes do SIAT-FOR, foi a elaboração de mapas digitais usando as ferramentas de seleção e manipulação da análise espacial para apresentar a distribuição dos acidentes pela malha viária da cidade. A Figura 5 à esquerda utiliza as ferramentas de seleção para apresentar a distribuição espacial dos acidentes com vítimas fatais georeferenciados em 2003, na qual se pode observar que estes acidentes estavam muito dispersos pela cidade neste período. Já a Figura 5 à direita apresenta a quantidade de acidentes por bairro em 2001, na qual pode-se identificar a área central, compreendida pelos bairros Centro, Aldeota e Meireles, como sendo a área crítica de acidentes nesta Município.

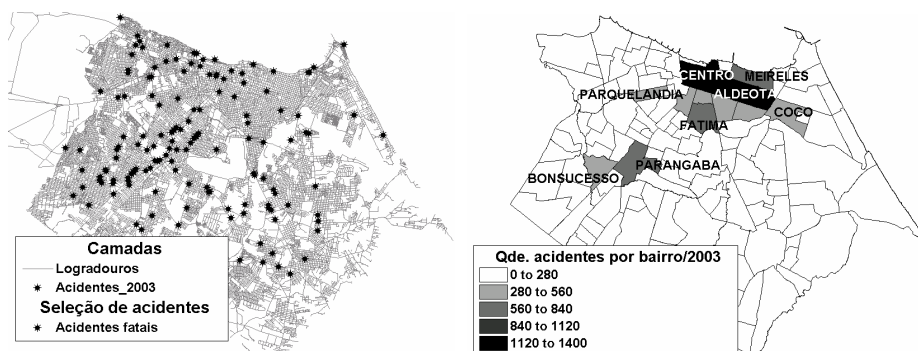


Figura 5: Distribuição espacial dos acidentes com vítimas fatais e distribuição dos acidentes por bairro em Fortaleza (2003).

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Pelos dados apresentados, conclui-se que uma maior quantidade de acidentes armazenados no SIAT-FOR poderá ser georeferenciado após terminar a implementação das soluções apresentadas, possibilitando visualizar as ocorrências integradas às suas características atributivas. Dentre os motivos para não georeferenciamento dos acidentes, o mais difícil de ser corrigido é a ausência de numeração do endereço no local defronte ao acidente no Boletim

de Ocorrência, pois são fatores relacionados a planejamento urbano e treinamento das equipes dos outros Órgãos que auxiliam na coleta de dados de acidentes em Fortaleza.

Verificou-se também que o georeferenciamento possui algumas funções que auxiliam o cadastro e a recuperação de informações de banco de dados de acidentes. Além disso, ele possibilita a elaboração de mapas digitais que permitem visualizar a distribuição espacial dos acidentes. Deve-se observar, entretanto, que não se pode afirmar apenas visualmente se há uma dispersão ou concentração de acidentes em algum local da malha viária da cidade. Estas conclusões podem ser obtidas com aplicação de ferramentas mais robustas de análise espacial, ou seja, as ferramentas de análise exploratória e de análise confirmatória.

Recomenda-se o desenvolvimento de uma metodologia de identificação de locais críticos de acidentes usando as ferramentas de análise exploratória de padrões pontuais as quais permitem caracterizar agrupamentos de acidentes, possibilitando identificar os locais críticos na malha viária em seus vários formatos, sejam eles interseções, trechos, corredores ou áreas.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Autarquia Municipal de Trânsito, Serviços Públicos e Cidadania (AMC) de Fortaleza pela cooperação em todas as etapas deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMC (2004) *Estatísticas de acidentes de trânsito 2003*. Autarquia Municipal de Trânsito, Serviços Públicos e Cidadania, Prefeitura Municipal de Fortaleza, CE.
- Bayapureddy, D. (2004) Geographic Information System for Identification of high Accident Locations. Disponível em: <<http://gis.esri.com/library/userconf/proc96/TO150/PAP105/P105.HTM>>. Acesso em: 25 de jun. 2004.
- Betti, N. (1999) Accidents Rates in Highway in Austin, Texas. Disponível em: <http://www.ce.utexas.edu/stu/bettin/final.html>. Acesso em: 18 set. 2001.
- Caliper (1996) User's Guide. Version 3.0. Caliper Corporation, Newton, Massachusetts, EUA.
- Cardoso, G. (1999) *Utilizando um Sistema de Informações Geográficas visando o gerenciamento da segurança viária no Município de São José - SC*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 154 fl.
- Cardoso, G. (2002) O Sistema de cadastro, consulta e análise de acidentes de trânsito em Porto Alegre. *Fórum Nacional sobre Segurança no Trânsito*, FONAST, Florianópolis, SC, 11 pp.
- Davis, C. (2004) Banco de dados geográficos para aplicações urbanas. In: M. S. Carvalho; G. Câmara; A. M. V. Monteiro; Davis, C. (eds.), *Banco de dados geográficos*. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/bdados/cap7-aplicurbanas.pdf>>. Acesso em: 15 de mai. 2002.
- INPE (2003) SPRING - Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas 4.0 - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - Divisão de Processamento de Imagens, São José dos Campos, São Paulo. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/download.php>>. Acesso em: 25 de nov. 2003.
- Levine, N. e K. E. Kim (1998) The location of motor vehicles crashes in Honolulu: a methodology for geocoding intersections. *Accident Analysis and Prevention*, v. 22, p. 557-576, EUA.
- Levine, N.; K. E. Kim e L. H. Nitz (1995) Spatial analysis of Honolulu motor vehicle crashes spatial patterns. *Accident Analysis and Prevention*, v. 27, p. 663-674, EUA.
- Miller, J. S. (1999) What values may Geographic Information System add to the art of identifying crash countermeasures? Virginia Transportation Research Council. Charlottesville, Virginia, EUA.
- Queiroz, M. P. (2003). Análise espacial dos acidentes de trânsito do município de Fortaleza. Dissertação de Mestrado, Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 124 fl.
- Queiroz, M. P.; C. F. G. Loureiro; F. J. C. Cunto e L. C. Lima (2003) Georeferenciamento do Sistema de Informações de Acidentes de Trânsito de Fortaleza (SIAT-FOR): resultados iniciais. *Anais do XVII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET*, Rio de Janeiro, RJ.

Universidade Federal do Ceará
Departamento de Engenharia de Transportes
Campus do Pici – Bloco 703 – CP 12.144
Fortaleza - CE - 60.455-760

Fone/Fax: (0xx85) 288-9488
E-mail: marcelo@det.ufc.br
felipe@det.ufc.br
flavio@ettusa.ce.gov.br