

PROPOSTA METODOLÓGICA BASEADA EM GIS PARA ANÁLISE DE SEGMENTOS CRÍTICOS DE RODOVIA – ESTUDO DE CASO NA BR-285

*Anelise Schmitz, Eng.,
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa
Catarina, UFSC
R. João Pio Duarte, s/n, Córrego Grande, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil
Tel: (+55) 48 3721 5191
anelise.schmitz@gmail.com*

*Lenise Grando Goldner, Dra. Eng.,
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa
Catarina, UFSC,
R. João Pio Duarte, s/n, Córrego Grande, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil
Tel: (+55) 48 3721 7769; Fax (+55) 3721-5191
lenise@ecv.ufsc.br*

RESUMO

Os acidentes de trânsito resultam em danos materiais, físicos e psicológicos, além de altos custos à sociedade. Desta forma a segurança viária necessita de políticas de prevenção e mitigação dos acidentes, especialmente em segmentos críticos. Esta pesquisa propõe um método baseado em GIS (Sistema de Informações Geográficas) para a análise de segmentos críticos em rodovias. O método foi aplicado num estudo de caso realizado na BR-285, rodovia federal brasileira, no trecho do estado do Rio Grande do Sul. A partir de informações como o volume de tráfego, obtido de órgãos públicos e empresas concessionárias e do banco de dados de acidentes de Trânsito da Polícia Rodoviária Federal foi feita a detecção dos principais segmentos críticos. Foram calculadas as taxas de acidentes pelo método do DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito (1987) e pelo método estatístico do DNIT – Departamento Nacional de Infra-Estrutura (1986). A manipulação dos dados, a visualização, as consultas e simulações proporcionaram a identificação dos problemas da rodovia em relação à segurança viária. A partir da visualização do contexto dos acidentes, da segmentação da malha viária e pelas investigações pertinentes foram propostas medidas de tratamento comuns, para os trechos críticos considerados de maior importância no estudo.

Palavras-chave: Segurança Viária, Acidentes de Trânsito, GIS.

1. INTRODUÇÃO

Os acidentes de trânsito geram altos custos à sociedade, resultam em danos materiais, físicos e psicológicos. A preocupação com medidas que conduzam à minimização dos acidentes de trânsito está diretamente relacionada aos programas de prevenção e redução dos mesmos, através de investimentos e melhorias na segurança viária. Além disso, é necessário intervir na eficiência da educação, na legislação e na fiscalização, adotando avaliações técnicas com o conhecimento apropriado.

Na engenharia de tráfego busca-se o conhecimento técnico para o desenvolvimento e aplicações de métodos que permitam o levantamento de dados alfanuméricos das características de rodovias e vias urbanas para solucionar diretamente as causas dos acidentes.

Atualmente uma ferramenta multidisciplinar eficiente para a realização de análises técnicas utilizada na área é um GIS, pois o sistema proporciona a identificação, visualização e análise de áreas problemáticas através da relação do espaço com os atributos armazenados.

O objetivo do presente estudo é elaborar uma proposta metodológica baseada em GIS, que visa diagnosticar segmentos críticos e propor medidas mitigadoras comuns a estes. O uso do GIS contribui para que as análises possam ser mais detalhadas, intervindo diretamente na minimização do problema.

Os GIS's são ferramentas que, apesar de conhecidas, são ainda pouco exploradas pelos órgãos gestores de tráfego e trânsito no Brasil, por isso, faz-se necessária a aplicação do sistema, criando através dele, metodologias práticas e de fácil acesso, que permitam a inserção de dados, a criação de cadastros e facilitem as análises dos acidentes de trânsito. Através da verificação de diversos cenários, os quais representam o sistema de trânsito atual são realizadas previsões no planejamento da infra-estrutura e de medidas corretivas a serem tomadas, facilitando o monitoramento das ações corretivas e seus efeitos positivo ou não.

2. BASE TEÓRICA

2.1. Tratamento espacial de dados de acidentes de trânsito

Nas análises de acidentes de trânsito, existem diversos métodos de tratamento espacial de dados onde o procedimento de geoprocessamento geralmente envolve pelo menos três etapas distintas: o projeto conceitual, o projeto lógico e o projeto físico. Muitas vezes com terminologia diferente, mas com o objetivo de gerar um GIS.

2.1.1 Projeto conceitual (modelagem dos dados)

Consiste na definição da forma de representação e relacionamento das entidades que serão utilizadas no banco de dados visando permitir determinadas rotinas de manipulação dos dados. Nessa etapa é desenvolvido o modelo para a construção do banco de dados geográficos, onde serão representados os dados alfanuméricos e gráficos (ponto, linha ou polígono) que representam entidades ou eventos localizados geograficamente e independem do software GIS utilizado.

Essa primeira etapa, de modelagem dos dados consiste na padronização dos dados, onde são examinadas as inconsistências, verificados, organizados e corrigidos os dados dos boletins de ocorrência (ERDOGAN *et al.*, 2008; SANTOS E RAIJA Jr, 2006; QUEIROZ 2003; MEINBERG, 2003).

2.1.2. Projeto lógico (banco de dados geográficos)

Define como cada entidade será armazenada no sistema, e depende do software GIS que será utilizado. Apresenta como resultado final a estrutura do banco de dados geográfico.

Implica em tornar as coordenadas dos acidentes de trânsito conhecidas num dado sistema de referência cartográfica. Este processo inicia-se com a obtenção das coordenadas (pertencentes ao sistema geodésico no qual se planeja georreferenciar). O processo consiste em associar os atributos de cada acidente existente no banco de dados relacional aos seus respectivos locais na base cartográfica, representados por objetos do tipo pontos (SANTOS e RAIJA Jr, 2006; QUEIROZ, 2003, MEINBERG, 2003).

2.1.3. Projeto físico (implementação dos dados)

É realizada a construção do banco de dados geográficos idealizados anteriormente, através da aquisição dos dados; importação dos dados para o meio digital; associação entre os dados gráficos e alfanuméricos e; desenvolvimento de rotinas para manipulação dos dados (MEINBERG, 2003).

As causas de acidentes podem estar associadas a fatores aleatórios que independem do local de ocorrência do acidente, por exemplo, podendo estar associado com a imprudência do motorista e a fatores não aleatórios, vinculados a um ou mais atributos relativos ao local do acidente. O GIS permite a visualização de locais críticos e a sobreposição de diversos fatores intervenientes e, através de um conhecimento técnico especializado, podem ser propostas soluções adequadas para cada caso.

2.2. Uso e aplicações de GIS em segurança viária

França e Goldner (2006) afirmam que os acidentes de trânsito podem ser referenciados

*Proposta Metodológica Baseada Em GIS para Análise de Segmentos Críticos de Rodovia –
Estudo de Caso na BR-285
(SCHMITZ, Anelise; GOLDNER, Lenise Grando)*

através de um par de coordenadas geográficas ou de um endereço previamente definido pelo órgão gestor, através de um método adequado. Devido a essa natureza espacial, os acidentes de trânsito podem ser analisados por um sistema que permite a ligação entre seus atributos (tipo de acidente, hora, local, vítimas, etc.) e dados espaciais (mapas).

Erdogan *et al.* (2008) ainda destacam que os relatórios de trânsito não são suficientes para a solução do problema, por isso a tecnologia GIS é usada como ferramenta na visualização, gerenciamento e análise espacial de acidentes, através dos pontos, trechos ou áreas críticas na rodovia, observando-se que devem ter uma base de dados confiáveis, pois as inconsistências podem prejudicar esta análise.

Para dar embasamento teórico à pesquisa foi realizada a revisão de trabalhos técnicos envolvendo o tema, desta forma, reuniu-se um acervo, onde se destacam algumas das referências atuais estudadas, entre elas, a síntese das metodologias GIS implementadas e aplicadas no Brasil e em outros países, conforme pode ser observado no quadro 1 e 2 a seguir.

*Proposta Metodológica Baseada Em GIS para Análise de Segmentos Críticos de Rodovia –
Estudo de Caso na BR-285
(SCHMITZ, Anelise; GOLDNER, Lenise Grando)*

Quadro 1 – Aplicações de GIS no Brasil

Ano	Autor (es)	Metodologia GIS	Implementação do estudo
2008 e 2006	SANTOS e RAIA Jr.	Análise espacial dos acidentes de trânsito por padrões pontuais	São Carlos, SP
2008	BADIN <i>et al.</i>	Planejamento e gerenciamento de placas de sinalização viária e acidentes de trânsito	Joinville, SC
2008	FRANÇA	Caracterização de acidentes em rodovias estaduais, diagnóstico dos segmentos em relação à quantidade de acidentes	Santa Catarina
2008	TRINDADE Jr.	e-siG Sistemas de informações georreferenciadas de acidentes de trânsito	Rodovias sob concessão da Rodovia das Colinas, SP
2007	SOARES e SILVA	Análise dos acidentes de trânsito em rede (segmentos/arcs críticos)	São Carlos, SP
2006	REINHOLD	Implantação de faixas de pedestres em trechos críticos urbanos	Blumenau, SC
2005	DIESEL	Identificação de trechos críticos de rodovias federais em diferentes situações de precipitações pluviométricas	Santa Catarina
2004	SOARES <i>et al.</i>	Análise estatística espacial dos acidentes de trânsito identificando as 10 vias mais perigosas da cidade	Rio de Janeiro, RJ
2004	QUEIROZ <i>et al.</i>	Análise espacial dos acidentes de trânsito por padrões pontuais	Fortaleza, Ceará
2003	QUEIROZ e LOUREIRO	Análise espacial dos acidentes de trânsito em áreas	Fortaleza, Ceará
1999	CARDOSO	Análise de segurança viária, identificando regiões, interseções e vias críticas	São José, SC

Quadro 2 – Aplicações de GIS em outros países

Ano	Autor (es)	Metodologia GIS	Implementação do estudo
2008	ERDOGAN <i>et al.</i>	Análise dos pontos críticos usando métodos estatísticos	Afyonkarahisar, Turquia
2008	HARE <i>et al.</i>	Visualização de análises estatísticas de acidentes fatais nas proximidades de serviços hospitalares	Jamaica
2008	PULUGURTHA e VANAPALLI	Identificação de concentrações de acidentes com pedestres em áreas de pontos de ônibus	Las Vegas
2007	PULUGURTHA <i>et al.</i>	Identificação de zonas com alto ranking de atropelamentos	Las Vegas
2007	YUAN e SONG	Sistema 3G (GPS, GPRS, GIS) integrados às estatísticas de acidentes e características das rodovias para locais críticos	Japão
2003	HIRASAWA e ASANO	Análise dos segmentos críticos de rodovias e condições atmosféricas das mesmas	Hokkaido, Japão
2000	KOIKE <i>et al.</i>	Relação entre as reais localizações dos acidentes e a percepção de locais de risco das pessoas	Utsunomiya, Japão

3. MÉTODO PROPOSTO

O procedimento metodológico para a análise, avaliação do banco de dados (BD) e obtenção dos segmentos críticos segue as etapas de trabalho que podem ser visualizadas na Figura 1 através do fluxograma proposto.

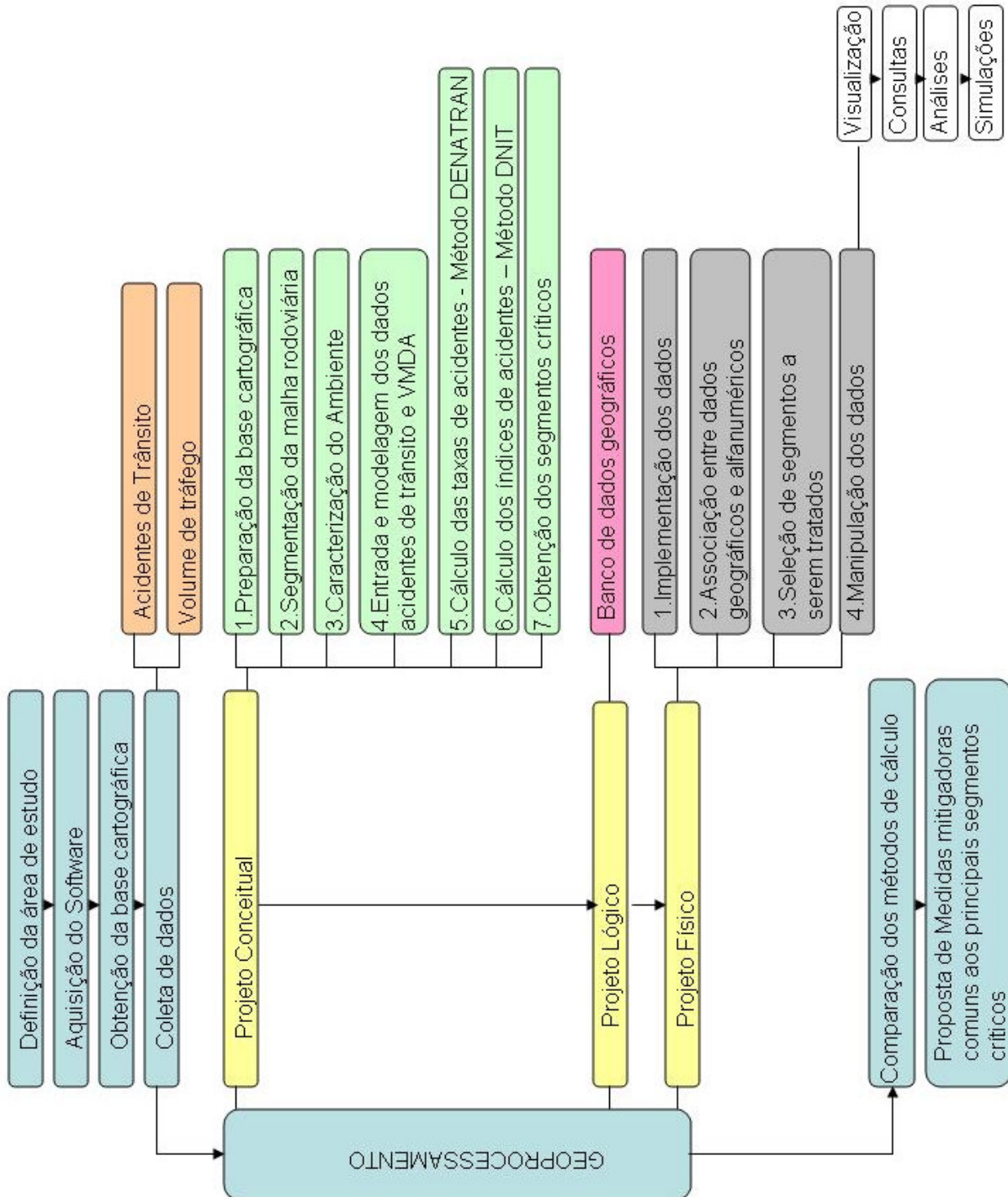


Figura 1 – Fluxograma do método proposto

3.2. Definição da área de estudo

A área delimitada ao estudo está representada na Figura 2, que destaca a rodovia brasileira com denominação federal BR-285, situada no sul do Brasil, no trecho localizado no Estado do Rio Grande do Sul, que inicia na divisa entre o Estado do Rio Grande do Sul – RS e Santa Catarina – SC (Serra da Rocinha) e finaliza na cidade de São Borja/RS, na divisa do Brasil com a Argentina, totalizando uma extensão de 674,2 km, patrulhado pela Polícia Rodoviária Federal Brasileira.



Figura 2 – Mapa da região Sul do Brasil indicando o trecho em estudo na BR-285

A BR-285 é uma rodovia transversal brasileira, que inicia em Araranguá/SC, atravessa a serra e o planalto gaúcho, passando pela microrregião das Missões, além disso, é uma rodovia que recebe grande fluxo de veículos provindos da Argentina em direção ao litoral sul brasileiro e rota de importação e exportação de produtos do MERCOSUL.

3.4. Obtenção da base cartográfica

Para a concepção de um GIS, um passo inicial de grande importância é a elaboração ou obtenção de uma base cartográfica da área de estudo. A principal função da base cartográfica é auxiliar o referenciamento para os mapas temáticos, que representam informações de diversas categorias. A base cartográfica pode representar aspectos naturais ou artificiais da superfície terrestre. Esse mapa digitalizado, com as devidas coordenadas, contendo a área a ser estudada está disponibilizado geralmente nos órgãos de planejamento.

Antes da tomada de decisão de qual base cartográfica representava melhor a malha rodoviária em estudo, analisou-se duas bases cartográficas disponíveis, entre elas, a base cartográfica obtida no Plano Nacional de Logística e Transportes (PNLT) de Abril de 2007, do modal rodoviário brasileiro, encontrada e disponível aos pesquisadores no site do Ministério dos Transportes (2009) e a base cartográfica digital do Rio Grande do Sul

organizada por Hasenack (2006), contendo todas as rodovias do Estado. Visto que esta última representava o mundo real com melhor precisão e menos erros de topologia, optou-se por utilizá-la no estudo em questão.

3.5. Coleta dos dados

Para o desenvolvimento do banco de dados da pesquisa, os dados e informações foram coletados de fontes diferenciadas, uma vez que a rodovia está condicionada não apenas a órgãos públicos, mas sob jurisdição de concessionárias privadas. O banco de dados armazena informações da malha viária, do ambiente e dos fatores de segurança viária, incluindo os acidentes de trânsito e o volume de tráfego, que foram relacionados, para o cálculo das taxas e índices de acidentes de trânsito. A partir de então foram realizadas as análises, visualização e tratamento dos segmentos críticos.

3.5.1. Coleta de dados dos Acidentes de Trânsito

Para realizar a coleta dos dados dos acidentes de trânsito foi necessário buscar informações disponíveis nos cadastros dos órgãos gestores de trânsito responsáveis pela rodovia. As informações foram coletadas com busca minuciosa sobre acidentes de trânsito nos relatórios de acidentes de trânsito, onde foram extraídos basicamente dados sobre:

- a) Ordem, mês, ano, hora e dia da semana.
- b) Local do acidente – Unidade de Federação (UF), rodovia e quilômetro.
- c) Tipo de acidente e fatores contribuintes (como defeito mecânico no veículo, falta de atenção, desobediência a sinalização, animais na pista, não guardar distância de segurança, velocidade incompatível, dormir na pista, ultrapassagem indevida, ingestão de álcool, entre outros).
- d) Situação dos envolvidos (mortos, feridos leves, feridos graves, ileso).
- e) Dados do local do acidente (classificação do acidente, tipo de pista, sentido da via, traçado da pista, condições da pista de rolamento, condição do tempo, fase do dia).
- f) Tipo de veículo (bicicleta, motoneta ou ciclomotor, motocicleta, triciclo ou quadriciclo, automóvel, caminhonete ou camioneta, micro ônibus, ônibus, caminhão, reboque ou semi-reboque, caminhão-trator, tração animal, máquina agrícola, outros).

Os dados e informações dos acidentes de trânsito para a pesquisa foram coletados através das planilhas eletrônicas obtidas nos relatórios de acidentes de trânsito da 10ª Delegacia de Polícia Rodoviária Federal, formulados a partir do sistema do software DATATRAN do Departamento de Polícia Rodoviária Federal (DPRF), que possui o banco de dados de todos os boletins de ocorrência. O período escolhido para aplicação do estudo foi de 01 de janeiro de 2007 a 31 de dezembro de 2008, que é o período em que foi implantado e que existe o banco de dados completo e digital do sistema de cadastro de acidentes de trânsito do DPRF para a BR-285.

O DATATRAN do DPRF é o mais importante sistema de banco de dados sobre acidentes de trânsito nas rodovias brasileiras. Esses registros, disponíveis em planilhas Excel, cobrem a totalidade dos acidentes ocorridos nas rodovias federais policiadas, que por sua vez, correspondem a mais de 90% de todo o tráfego das rodovias federais (DENATRAN e IPEA, 2006).

3.5.2. Coleta de dados do Volume Médio Diário Anual

Os volumes de tráfego foram coletados em pontos onde se localizam as praças de pedágio, dos pólos concedidos, ao qual a rodovia está subordinada, que são: o Pólo Rodoviário de Carazinho e o Pólo Rodoviário de Vacaria e nos postos de contagem do DPRF, ao longo da rodovia. Já em trechos onde não havia contagem volumétrica, foram realizadas contagens *in loco* e realizados métodos de expansão e regressão dos dados de volume de tráfego, baseados no Manual de Estudos de Tráfego do DNIT (2006).

Ao longo da rodovia BR-285, encontram-se trechos distintos em concessão, os quais se destacam entre as cidades de Vacaria a Lagoa Vermelha (km 123,70 ao km 182,80), de Passo Fundo a Carazinho (km 291,60 ao 331,60) e de Carazinho a Panambi (km 331,60 ao km 384,10).

O período de coleta de dados do volume de tráfego foi o mesmo adotado para a coleta dos acidentes de trânsito, ou seja, os anos de 2007 e 2008.

3.6. Geoprocessamento

Conforme descrito na revisão bibliográfica realizada anteriormente no item 2, o geoprocessamento foi baseado em três processos: o projeto conceitual, o projeto lógico e o projeto físico.

3.6.1. Projeto Conceitual

No projeto conceitual foi realizada a preparação da base cartográfica, a segmentação da malha viária, a caracterização do ambiente, a modelagem e entrada dos dados alfanuméricos dos acidentes de trânsito e do VMDA, o cálculo das taxas de acidentes de trânsito baseada no método numérico do DENATRAN (1987) e o cálculo dos índices de acidentes de trânsito baseados no método estatístico do DNIT/DNER (1986) adaptado por PARO (2009), para dessa forma, obter os segmentos críticos em cada método, de acordo com os segmentos homogêneos de tráfego. Cada processo dessa etapa será descrito na seqüência.

a) Preparação da base cartográfica

Após a obtenção da base cartográfica foram analisadas as inconsistências da mesma e corrigida a sua topologia. Pelo fato dessa base cartográfica ser vetorizada a partir de cartas georreferenciadas foram encontrados alguns erros, como por exemplo, a falta de junções de linhas ou sobreposição das mesmas. Além disso, a base cartográfica foi calibrada

recebendo informações a respeito da quilometragem da rodovia.

b) Segmentação da malha rodoviária

Primeiramente foram obtidos os trechos do Plano Nacional de Viação – PNV, de março de 2009, disponível no DNIT (2009). Cada trecho possui um quilômetro de início e de fim, com suas extensões quilométricas conforme a homogeneidade de tráfego. Dentro de cada trecho do PNV foram obtidos os segmentos em estudo, que também são representados por quilômetros iniciais e finais, mas que variam suas extensões entre 1,00km a 1,9km (situação na qual o trecho do PNV não termina ou começa em um número inteiro) (PARO, 2009).

c) Caracterização do ambiente

Os dados do ambiente do segmento foram relacionados ao tipo de pista (pavimentada ou não pavimentada, duplicada ou simples) e o ambiente (rural ou urbano), no qual o mesmo está inserido.

Em relação ao tipo de pista foi tratado de forma diferenciada apenas o trecho não pavimentado da rodovia BR-285, uma vez que a rodovia não possui duplicação. Em relação ao meio rural ou urbano, foi percorrida a rodovia marcando desta forma a quilometragem das zonas urbanas através do marco quilométrico.

d) Modelagem e entrada dos dados alfanuméricos dos acidentes de trânsito e do VMDA

No banco de dados podem ser digitalizadas as informações dos acidentes de trânsito em software específico, como a planilha do *Microsoft Excel*, *Acess*, *dBASE* ou semelhante, que possua um link para que possa ser inserido o banco de dados no GIS (REINHOLD, 2006).

Primeiramente no método proposto foi utilizada a planilha do *Microsoft Excel* para a montagem do banco de dados, posteriormente optou-se pelo formato *dBASE*, que é o formato de arquivo, o *DBF*, usado por diversos aplicativos que precisam somente de um formato para armazenar seus dados estruturadamente. Além disso, as informações foram dispostas em colunas, para que cada característica fosse posteriormente importada para o Software GIS. Nessa etapa, foram corrigidos os erros de digitalização e as inconsistências de toda a planilha, como por exemplo, as repetições de ocorrências. Os campos obtidos nessas colunas se referem às informações do acidente apresentado no quadro 3 a seguir.

Da mesma forma como os dados dos acidentes de trânsito foram manipulados, o Volume Médio Diário Anual (VMDA) de cada segmento foi digitalizado, em planilha do *Microsoft Excel*, e posteriormente em formato *dBASE*, para que pudessem ser relacionados com os acidentes de trânsito em cada segmento para os anos de 2007 e 2008.

*Proposta Metodológica Baseada Em GIS para Análise de Segmentos Críticos de Rodovia –
Estudo de Caso na BR-285
(SCHMITZ, Anelise; GOLDNER, Lenise Grando)*

Quadro 3 – Campos de informações de acidentes nas planilhas do BD

Nome do campo	Descrição
Dia	Dia de ocorrência do acidente
Mês	Mês de ocorrência do acidente
Ano	Ano de ocorrência do acidente
Hora	Hora de ocorrência do acidente
Dia_Semana	Dia da semana de ocorrência do acidente
UF	Unidade de Federação da Rodovia onde ocorreu o acidente
BR	Rodovia onde ocorreu o acidente
KM	Quilômetro de referenciamento onde ocorreu o acidente
Tipo_de_Acidente	Descrição do tipo de acidente ocorrido: Atropelamento de pedestre ou de animal, colisão traseira, colisão frontal, colisão lateral, colisão transversal, saída de pista, engavetamento, choque, capotamento, tombamento, queda, outros.
Fator_Contribuinte	Defeito mecânico no veículo, falta de atenção, desobediência a sinalização, animais na pista, não guardar distância de segurança, velocidade incompatível, dormir na pista, ultrapassagem indevida, ingestão de álcool, entre outros
Gravidade do acidente	Quantidade de mortos, feridos leves, feridos graves e ilesos no acidente
Classificação_Acidente	Classificação do acidente, com vítimas, sem vítimas e com mortos
Via_com_pista	Classificação da via em pista simples ou duplicada onde ocorreu o acidente
Sentido_Via	Sentido de tráfego da via em que ocorreu o acidente, crescente ou decrescente
Traçado_Pista	Traçado da pista em que ocorreu o acidente, reta, curva ou cruzamento
Cond_Pista_Rolamento	Condição da via em que ocorreu o acidente, bom, ruim ou péssimo
Condição_Tempo	Condições climáticas em que ocorreu o acidente, sol, chuva, nublado, outros
Fase_Dia	Fase do dia de ocorrência do acidente, manhã, tarde, noite, amanhecer, entardecer
Tipo de veículo	Quantidade de bicicletas, motoneta e/ou ciclomotor, motocicleta, triciclo e/ou quadriciclo, automóveis, caminhonete e/ou camioneta, micro-ônibus, ônibus, caminhões, caminhão trator, reboque e/ou semi-reboque, tração animal, máquinas agrícolas e outros tipos de veículos envolvidos no acidente
Total_Feridos	Quantidade total de pessoas feridas no acidente

e) Cálculo das taxas dos acidentes de trânsito

O DENATRAN (1987) recomenda alguns aspectos complementares de fundamental importância para que se leve em conta o valor da integridade física e da vida humana no trânsito, considerando o grau de severidade dos acidentes, onde será utilizado o conceito de Unidade Padrão de Severidade (UPS) em que se atribui um peso a cada acidente, dependendo de sua gravidade.

Existem diferentes métodos que atribuem peso a severidade. Entre eles destacam-se as metodologias utilizadas no estudo apresentados no quadro 4, através dos fatores de ponderação do DENATRAN (1987) que foram extraídos do Manual de Identificação, Análise e Tratamento de Pontos Negros e os fatores de ponderação do DNIT (1998) que foram extraídos do Guia de Redução de Acidentes com Base em Medidas de Engenharia de Baixo

Custo. Nessa pesquisa serão utilizados os valores de UPS do DENATRAN (1987) para o cálculo das taxas de acidentes.

Quadro 4 – Valores de UPS pesquisados

Gravidade do Acidente	Fator de Ponderação	
	DENATRAN	(DNIT)
Acidentes com danos materiais	1	1
Acidentes com feridos	5	3
Acidentes com vítimas fatais	13	9

Assim, a severidade, expressa em UPS, adotada será:

Severidade (n° de UPS) = (acidentes sem vítimas x 1) + (acidentes com vítimas não fatais x 5) + (acidentes fatais x 13);

Sabendo que o número de acidentes é proporcional ao volume de tráfego que circula em uma rodovia, serão adotadas as seguintes expressões para o cálculo da taxa (R) de acidentes:

Para trechos de vias:

$$R = \frac{n^{\circ}UPS \times 10^6}{VMD \times P \times E}$$

Onde:

VMD = Volume médio diário de veículos passando pelo trecho

P = Período de estudo (normalmente 365 dias)

E = Extensão do trecho (em km)

A identificação dos segmentos críticos, nesse método, segue os seguintes procedimentos:

- Deve-se selecionar preliminarmente, todos os segmentos homogêneos na análise da rodovia;
- Calcula-se a média das taxas de acidentes de todos os segmentos homogêneos e compara-se com a taxa de acidente em cada segmento;
- Após a comparação os segmentos que apresentarem as maiores taxas, relacionada à taxa média, serão denominados críticos;
- A partir do diagnóstico geral, reduzem-se o número de segmentos a serem analisados, onde apenas os segmentos críticos serão adotados e selecionados.

f) Cálculo do Índice de acidentes do segmento Ij em estudo

O método atualmente utilizado para determinação dos segmentos críticos das rodovias federais brasileiras foi desenvolvido pelo DNIT (1986) que se baseia na probabilidade de ocorrência de um acidente em um determinado segmento, tendo como base de comparação

uma amostra estudada, desta forma, quando a probabilidade de ocorrência de acidentes de um segmento (P_j) for maior que a probabilidade de ocorrência da amostra (λ), o segmento é considerado como crítico, durante um intervalo de tempo (Δt) (PARO, 2009).

Assim, no atual método do DNIT é apresentada uma regra de decisão formulada através de um teste de hipótese, que explicitará uma expressão para o índice crítico a que o modelo se propõe. Onde:

$$H_0: P_j \leq \lambda$$

$$H_1: P_j > \lambda$$

Desta forma:

- H_0 e H_1 são as hipóteses a serem testadas;
- P_j é a probabilidade de ocorrer um acidente no segmento j em análise, durante o intervalo de tempo Δt ;
- λ é a probabilidade de ocorrer um acidente na amostra A durante um intervalo de tempo Δt .

O método do DNIT (1986) avalia as probabilidades de ocorrência de acidentes de trânsito em um determinado intervalo de tempo, desta forma, calculam-se:

- Índice de acidentes do segmento analisado:

$$I_j = \frac{\sum N_j \times 10^6}{E_j \times VMDA_j \times \Delta t}$$

- Momento de tráfego do segmento em estudo:

$$m = VMDA_j \times E_j \times \Delta t \times 10^{-6}$$

Onde:

I_j = Índice de acidentes do segmento analisado;

N_j = Número de acidentes ocorridos no segmento em estudo j ;

E_j = Extensão do segmento em estudo j (Varia entre 1 km a 1,9 km para rodovias federais brasileiras);

$VMDA_j$ = Volume médio diário anual no segmento em estudo j ;

Δt = Intervalo de tempo considerado em dias na análise (365 dias);

m = Momento de tráfego do segmento em estudo

- Índice crítico do segmento em estudo (amostra):

$$IC_j = \lambda + k \sqrt{\frac{\lambda}{m} - \frac{0,5}{m}}$$

Onde:

IC_j = Índice crítico do segmento j em estudo;

λ = Probabilidade de ocorrência de um acidente na amostra, obtido pelo cálculo do

índice de acidentes médio da classe;

k = ou z é o coeficiente estatístico. O valor de k é obtido através da tabela da curva normal, de acordo com o nível de confiança que se deseja trabalhar. Na tabela 1 podem ser observados os valores dos coeficientes associados ao nível de significância. Nesta pesquisa utilizou-se um coeficiente $k=1,645$.

Tabela 1 – Nível de significância e valores do coeficiente estatístico

α	k ou z
0,10 ou 10%	1,282
0,05 ou 5%	1,645
0,01 ou 1%	2,33
0,005 ou 0,5%	2,576
0,001 ou 0,1%	3,0

A identificação dos segmentos críticos, nesse método, segue os seguintes procedimentos:

- Deve-se selecionar preliminarmente, todos os segmentos homogêneos na análise da rodovia;
- Desta forma, é considerado um segmento crítico aquele que obtiver a seguinte relação:
Se $|I_j| > |IC_j|$, ou seja, quando o Índice de acidentes do segmento analisado for maior que o Índice crítico do segmento em estudo, esse é considerado crítico.

3.6.2. Projeto lógico

Após todo o processo de obtenção e modelagem dos dados, parte-se para a criação do banco de dados geográficos. A informação espacial é fundamental para qualquer sistema de informação geográfica. Nessa etapa foi definida a forma que os dados foram inseridos (georreferenciados) no sistema.

A partir da base georreferenciada, onde serão anexadas todas as informações, o software GIS converte um arquivo texto em coordenadas geodésicas (arquivo de pontos ou linhas). A partir desse arquivo, estabelece-se a rota e divide-se a rodovia em quilômetros, através da segmentação dinâmica. Tornando possível associar qualquer informação baseada na quilometragem da rodovia, como por exemplo, os dados dos acidentes, volumes de tráfego e ambiente. Para unir os dados, basta que as tabelas das demais informações contenham a rodovia a que pertencem e a quilometragem. Essas informações podem ser pontuais (marco quilométrico) ou lineares (trecho da rodovia). Os acidentes, localização de acessos, placas, etc. são informações pontuais e a condição do pavimento, projeto geométrico, tráfego, etc. são informações lineares (LOTTI *et al.*, 2002).

Os segmentos devem ser localizados na base cartográfica a partir de um quilômetro de início e um quilômetro de fim, onde são pré estabelecidas as informações pertinentes a estes e armazenadas em formato *dBASE* para que possa ser feita a segmentação dinâmica no software GIS. Essa segmentação deve já estar prevista nessa fase com todas as informações atribuídas em tabelas. Nessas tabelas, os campos das colunas se referem às informações do segmento apresentado no quadro 5.

*Proposta Metodológica Baseada Em GIS para Análise de Segmentos Críticos de Rodovia –
Estudo de Caso na BR-285
(SCHMITZ, Anelise; GOLDNER, Lenise Grando)*

Quadro 5 – Informações dos segmentos

Nome do campo	Descrição
Join	Número seqüencial do segmento gerado
Rodovia	Sigla da rodovia em estudo
Trecho_I	Nome do trecho inicial do PNV em que o segmento está inserido
Trecho_F	Nome do trecho final do PNV em que o segmento está inserido
Pnv_Km_Inicio	Quilômetro do trecho inicial do PNV em que o segmento está inserido
Pnv_Km_Fim	Quilômetro do trecho final do PNV em que o segmento está inserido
Pnv_Extensao	Extensão do trecho do PNV em que o segmento está inserido
Km_I	Quilômetro inicial do segmento
Km_F	Quilômetro final do segmento
Extensao	Extensão do segmento varia de 1km a 1,9km
Localizacao	Localização do segmento em meio rural ou urbano
Ambiente	Situação do segmento, pavimentado, em implementação ou planejado
Vmda	Volume Médio Diário Anual do segmento
N_Acidentes	Número total de acidentes ocorridos no segmento
Ac_Mortos	Número total de acidentes com mortos ocorridos no segmento
Ac_Feridos	Número total de acidentes com feridos ocorridos no segmento
Ac_Ilesos	Número total de acidentes com ilesos ocorridos no segmento
R	Taxa de Severidade de Acidentes do Segmento (R) Método DENATRAN
Ij	Índice de acidentes do segmento (Ij) - Método DNIT
M	Momento de tráfego no segmento (m) - Método DNIT
Icj	Índice crítico do segmento (Icj) - Método DNIT
Tipos de Acidentes	Número total de acidentes com atropelamentos de pedestre, atropelamento de animal, colisão traseira, colisão frontal, colisão lateral, colisão transversal, saída de pista, engavetamento, choque, capotamento, tombamento, queda, e outros tipos de acidentes no segmento
Sentido da pista	Número total de acidentes no sentido crescente ou decrescente de tráfego no segmento
Geometria da Pista	Número total de acidentes em curvas, retas ou cruzamentos no segmento
Estado da Pista	Número total de acidentes em pista de rolamento em bom, ruim ou regular estado de conservação no segmento
Condições do tempo	Número total de acidentes com tempo bom, chuvoso, nublado ou outro tipo de condição climática no segmento
Período do dia	Número total de acidentes ocorridos em pleno dia, noite, ou amanhecer/entardecer no segmento
Veículos envolvidos	Quantidade de bicicletas, motoneta/ciclomotor, motocicleta, triciclo/quadriciclo, automóvel, caminhonete/camioneta, microônibus, ônibus, caminhão, reboque/semi-reboque, caminhão trator, tração animal, máquina agrícola e outros tipos de veículos envolvidos nos acidentes no segmento

Observa-se que no banco de dados cada tipo de acidente, de veículo, de geometria, de estado de condição da pista, do tempo e do período do dia estão representados em uma coluna específica.

3.6.3. Projeto físico

No projeto físico foram idealizadas as etapas anteriormente descritas. Esse processo compreende a implementação dos dados, a associação entre dados geográficos e alfanuméricos, seleção dos segmentos críticos a serem trabalhados e a manipulação dos

dados diretamente no software GIS.

a) Implementação dos dados

O primeiro passo foi o georreferenciamento, realizado através do quilômetro e metro onde ocorreu o acidente e do quilometro inicial e final de cada segmento. Através da segmentação dinâmica, em um arquivo do *shapefile* do ARCGIS, importaram-se as informações descritas nas etapas anteriores, que foram armazenadas em planilhas do formato *dBASE*, para que pudessem ser mapeados todos os eventos pontuais dos acidentes de trânsito e os segmentos críticos da rodovia estudada. Esses segmentos formam *layers* no GIS que podem ser visualizadas em mapas temáticos assim como todas as características nele abordados, através da tabela de atributos. O processo de segmentação dinâmica foi utilizado no presente trabalho.

A partir daí foram analisados os segmentos críticos, os problemas da rodovia e os aspectos que influenciam a ocorrência dos acidentes freqüentes em determinado trecho, onde nesses, foram realizadas visitas *in loco* e propostas soluções comuns para os mesmos.

b) Associação entre dados geográficos e alfanuméricos

Ao trabalhar diretamente com o software ARCGIS, depois de realizado o georreferenciamento dos dados alfanuméricos, estes podem ser visualizados espacialmente na base cartográfica, onde cada segmento contém suas informações agregadas na tabela de atributos, que possui todo o do banco de dados e pode ser consultada na ferramenta.

c) Seleção dos segmentos críticos a serem tratados

Através dos estudos e da aplicação dos dois métodos para a avaliação dos acidentes de trânsito, determinou-se os piores locais quanto à severidade dos acidentes ocorridos, assim como os segmentos críticos através da estatística utilizada, assinalando-os em mapas apropriados, e verificando o comportamento dos mesmos. Foram selecionados os segmentos críticos homogêneos de tráfego para serem tratados, e desses, foram selecionados os com maiores índices ou taxas para uma análise mais detalhada e apresentação neste trabalho.

d) Manipulação dos dados

Nessa etapa são realizadas a visualização, consultas, análises e simulações. Podem ser desempenhadas diversas inter-relações entre os dados alfanuméricos e verificados espacialmente diversos cenários através das observações pré- estabelecidas. Como por exemplo, a visualização espacial de segmentos críticos em áreas urbanas com atropelamentos de pedestres, ou a observância espacial da quantidade de mortos em um determinado segmento crítico em área rural, etc.

A ferramenta de diagnóstico e avaliação, através de um GIS, concentrou-se na utilização dos dados dos acidentes, comparados através dos tipos de acidentes ocorridos, das taxas de acidentes, dos índices de acidentes, da situação dos envolvidos, das condições climáticas, dos veículos e em relação ao período referenciado, buscou-se visualizar as causas que acarretaram a ocorrência dos mesmos.

Os estudos *in loco* são úteis para indicar ou confirmar as causas, como trajetória e manobra dos motoristas, movimento e comportamento dos pedestres, sinalização existente e tipo de

controle, condições do pavimento, condições de visibilidade, obstruções laterais, velocidade média desenvolvida no fluxo de tráfego, composição do tráfego, comportamentos anormais, entre outros fatores (FRANÇA e GOLDNER, 2006). Desta forma, foram vistoriados os principais trechos críticos, quando houve a necessidade.

3.7. Comparação dos métodos de cálculo

Foi analisado cada segmento crítico para os dois métodos de cálculo e verificados se esses segmentos eram representativos para cada um dos métodos.

3.8. Proposta de medidas mitigadoras comuns aos principais segmentos críticos

Através das análises espaciais dos acidentes geradas em um GIS, solidificou-se o embasamento dos dados, para que pudessem ser visualizados os segmentos críticos, a partir de então, adotou-se medidas mitigadoras comuns aos trechos homogêneos de tráfego para esses segmentos da BR-285.

4. RESULTADOS

4.1. Registros de acidentes de trânsito

No período de 2007 a 2008 foram analisados o total de 1528 acidentes de trânsito ocorridos na BR-285, sendo deles 768 no ano de 2007 e 760 em 2008, apontando uma pequena redução de 1,05% de um ano para o outro.

Quanto à severidade dos acidentes de trânsito ocorridos no período referenciado, verificou-se que dos 1258 acidentes de trânsito, 59.9% envolveram acidentes com danos materiais, 36.5% com feridos e 3.6% com vítimas fatais.

A Figura 3 apresenta os tipos de acidentes de trânsito no período referenciado, onde o maior percentual representa 28.4% acidentes com saída de pista, seguidos de 18.7% acidentes com colisão frontal, 17.0% acidentes com colisão traseira, 13.0% acidentes com colisão lateral, 4.7% acidentes com choque, 3.7% acidentes com colisão frontal, 3.4% acidentes com atropelamento de animal, 3.1% acidentes com tombamentos, 2.9% outros tipos de acidentes como derramamentos de carga, incêndios, etc. 2.0% acidentes com atropelamentos de pedestre, 1.8% acidentes com capotamento e por minoria 1.3% acidentes com queda de veículo.

*Proposta Metodológica Baseada Em GIS para Análise de Segmentos Críticos de Rodovia –
Estudo de Caso na BR-285
(SCHMITZ, Anelise; GOLDNER, Lenise Grando)*

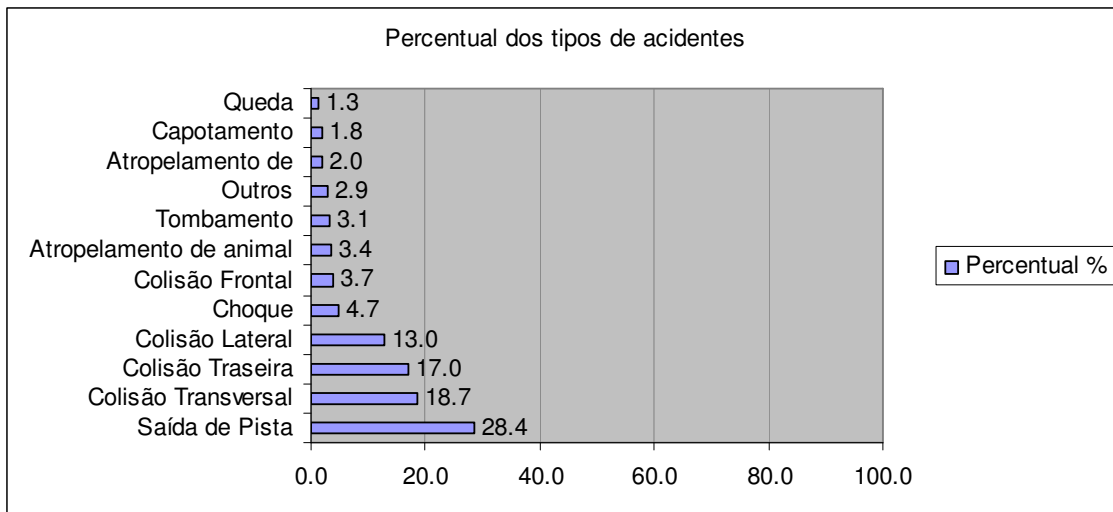


Figura 3 – Percentual dos registros por tipo de acidentes ocorridos em 2007 e 2008

Observou-se que os acidentes com saída de pista representaram um alto percentual (28,4%) isso porque a rodovia apresenta em sua extensão boa parte de trechos rurais, não necessariamente de alto volume de tráfego, ou sem sinalização, mas segundo França (2008), esses tipos de acidente ocorrem principalmente em função da geometria da rodovia, caracterizados por tangentes que permitem o desenvolvimento de altas velocidades seguidas de curvas de pequeno raio. A Figura 4 apresenta um caso dessa situação no trecho, é um dos segmentos localizado em área rural no trecho entre o km 140 +000 e km 141+600 e apresenta a rodovia vista em sentido de tráfego crescente de decrescente respectivamente.



Figura 4 – Caracterização da geometria da rodovia km 140+000 a 141+600

Nos registros dos acidentes de trânsito segundo as condições climáticas 55.5% dos acidentes ocorreram com o tempo bom, 21.4% com o tempo nublado, 20.8% com o tempo chuvoso e 2.3% com outros tipos de condição climática, como por exemplo, neblina, nevoeiro, vento.

A quantidade de veículos envolvidos nos acidentes de trânsito na rodovia e período em estudo totalizou 2425 veículos. Observou-se um grande número de automóveis envolvidos em acidentes de trânsito (51,2%), que se destacam pelo incentivo cada vez mais forte que

se dá a indústria automobilística e a facilidade de aquisição para estes, como descontos, financiamentos e redução de impostos. Porém vale ressaltar que o envolvimento de veículos pesados em acidentes de trânsito, principalmente no que diz respeito aos caminhões, também obteve uma taxa considerável (aproximadamente 22%), isto porque a rodovia em estudo agrega grandes volumes de tráfego deste tipo e transporta produtos para importação e exportação, destacando a produção e transporte de grãos, altamente pesado nessa região do país.

Quando analisados os volumes de tráfego das rodovias brasileiras destaca-se um grande tráfego de veículos pesados, se comparados a realidade de países desenvolvidos, que representam menores percentagens de tráfego deste tipo, pois possuem uma logística diferenciada para o transporte de cargas, com destaque à intermodalidade, que envolve mais de um meio de transporte para o deslocamento e distribuição das cargas. Desta forma, surgem os problemas de segurança como desgaste físico do asfalto e também o tráfego lento em meses de safra de grãos onde o trânsito fica lento e as ultrapassagens se tornam arriscadas, o que propicia o acontecimento de acidentes de trânsito.

4.2. Segmentos críticos e medidas mitigadoras

Da extensão total de 674.2 km segmentada, totalizou 641 segmentos, os quais variam suas extensões de 1 a 1.9 km, totalizando 580 segmentos rurais e 61 segmentos urbanos. O quadro 6 representa a quantidade de segmentos críticos obtidos em cada método de cálculo, para segmentos críticos rurais e urbanos, nos anos de 2007 e 2008. Observou-se que em média 14% dos segmentos rurais e 25% dos segmentos urbanos formam considerados críticos.

Quadro 6 – Número de segmentos críticos

	Número de segmentos críticos			
	Rural		Urbano	
ANO	2007	2008	2007	2008
Método DENATRA	80	93	20	19
Método DNIT	77	82	9	12

Através da aplicação do método proposto foram criados diversos mapas temáticos, os quais representam a rodovia e suas características agregadas. A Figura 5 apresenta o mapa do Estado do Rio Grande do Sul – RS, com a rodovia indicando os segmentos considerados rurais e urbanos. Como a rodovia BR-285 possui uma longa extensão, a escala do mapa necessitou ser aumentada para que pudesse ser visualizada toda a sua extensão.

Quanto aos índices e taxas críticas de segmentos, devido ao grande volume de dados mapeados, optou-se pela representação destes em intervalos de classe. As classes foram desenvolvidas no GIS através dos intervalos naturais, pelo método analítico de otimização de Jenks, que é o método de classificação padrão e identifica as quebras entre classes utilizando uma fórmula estatística que consiste basicamente na minimização da soma de variância dentro de cada classe.

Os segmentos críticos relativos ao cálculo dos Índices críticos (Ij) obtidos através do método do DNIT (1986) para o ano de 2007 representam nas áreas rurais índices de segmentos críticos relevantes que variam de 6,484 a 12,967. Já os índices acentuados de segmentos críticos urbanos variam de 7,599 a 10,970. Não deixando de considerar a grande maioria

*Proposta Metodológica Baseada Em GIS para Análise de Segmentos Críticos de Rodovia –
Estudo de Caso na BR-285
(SCHMITZ, Anelise; GOLDNER, Lenise Grando)*

dos segmentos críticos apresentou menores índices, variando de 1,853 a 2,224 para segmentos críticos rurais e de 3,875 a 4,114 para segmentos críticos urbanos.

Na Figura 5 são destacados os segmentos críticos relativos ao cálculo dos Índices críticos (Ij) por meio da aplicação do método do DNIT (1986), porém para período de 2008. Onde nas áreas rurais os índices de segmentos críticos relevantes variam de 3,688 a 5,128. Já os índices de segmentos críticos urbanos acentuados variam de 5,813 a 8,795. Os segmentos críticos com menores índices representaram a grande maioria, variando de 1,545 a 2,010 para segmentos críticos rurais e os valores dos índices críticos dos segmentos urbanos de menor relevância mantiveram-se constantes.

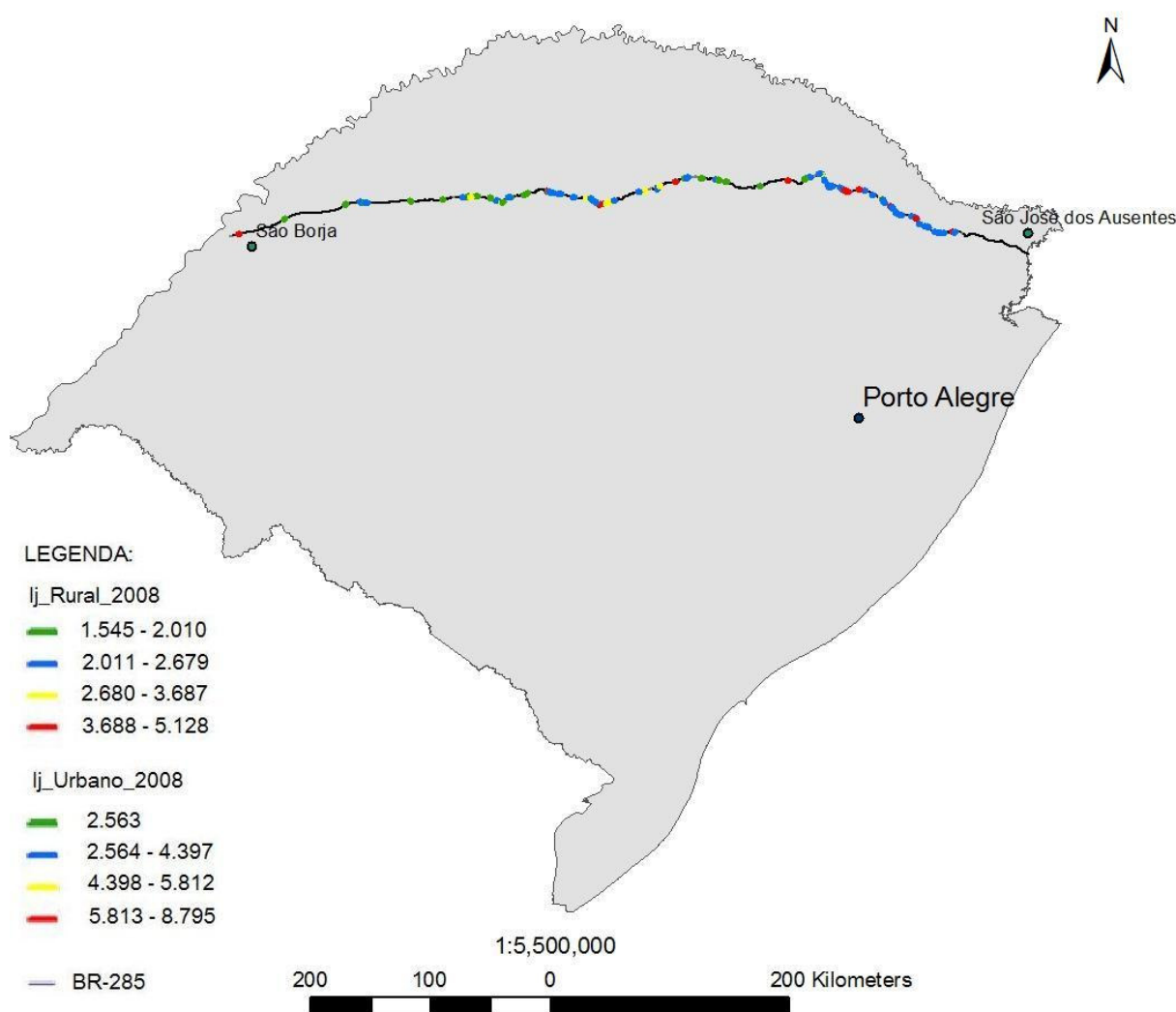


Figura 5 – Mapa do Rio Grande do Sul representando os Índices de segmentos críticos urbanos e rurais da BR-285 pelo método DNIT (1986) no ano de 2008

Os segmentos críticos relativos ao cálculo das taxas críticas (R) aplicadas por meio do método do DENATRAN (1987) para o ano de 2007, nas áreas rurais as taxas relevantes de segmentos variam de 22,237 a 38,900. Já as taxas de segmentos urbanos ressaltantes variam de 20,528 a 31,342. Cabe considerar que os segmentos críticos com menores taxas representaram a grande maioria, variando de 5,167 a 8,153 para segmentos críticos rurais e de 7,041 a 7,542 para segmentos críticos urbanos.

*Proposta Metodológica Baseada Em GIS para Análise de Segmentos Críticos de Rodovia –
Estudo de Caso na BR-285
(SCHMITZ, Anelise; GOLDNER, Lenise Grando)*

Verificam-se na Figura 6 os segmentos críticos relativos ao cálculo das taxas críticas (R) método do DENATRAN (1987) para o período de 2008. Observa-se que nas áreas rurais as taxas de segmentos críticos relevantes variam de 16,240 a 27,023. Já as taxas de segmentos urbanos relevantes variam de 12,730 a 19,904. Os segmentos críticos em grande maioria, variam suas taxas em valores menos elevados, na ordem de 4,273 a 6,218 para segmentos críticos rurais e de 5,555 a 7,090 para segmentos críticos urbanos.

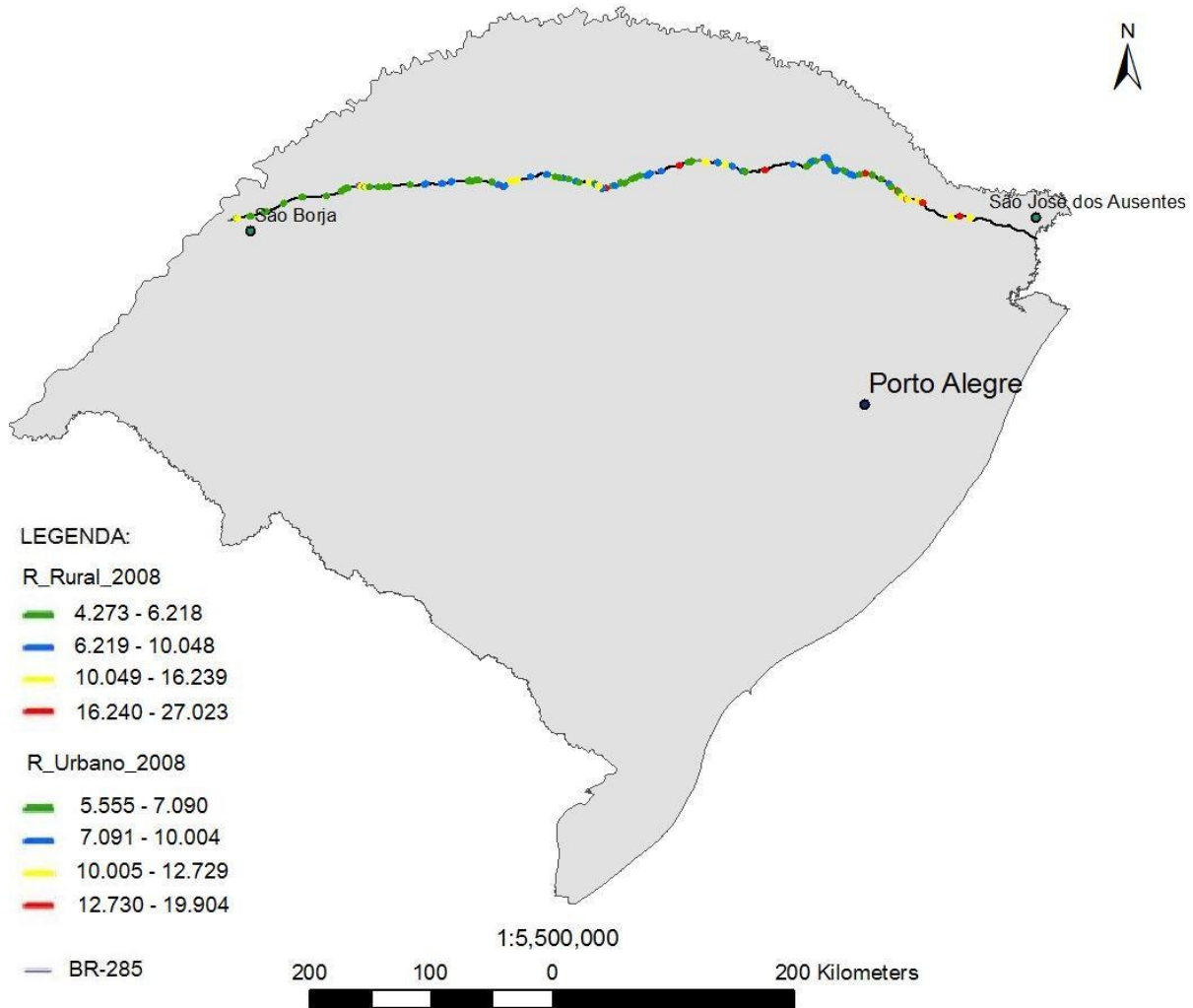


Figura 6 – Mapa do Rio Grande do Sul representando as Taxas de segmentos críticos urbanos e rurais da BR-285 pelo método DENATRAN (1987) no ano de 2008

Observou-se que a maioria dos segmentos críticos foi igual de um método para o outro, porém o método do DENATRAN, priorizou locais onde há registros de acidentes com vítimas fatais, pois consideram estas as causas de maiores perdas na sociedade. Já o método estatístico leva mais em conta a relação dos acidentes com o volume de tráfego identificando os locais com maiores probabilidades de ocorrência de acidentes.

Ao trabalhar com as tabelas de atributos em um GIS foi possível inserir todas as informações relativas a cada segmento, as quais estão contidas no quadro 5 do item 3.6.1.6. Para aperfeiçoar ainda mais as análises foi realizada a sobreposição do *shape* ou vetor da rodovia em uma imagem de satélite. Ao terminar esse processo, georeferenciar as

*Proposta Metodológica Baseada Em GIS para Análise de Segmentos Críticos de Rodovia –
Estudo de Caso na BR-285
(SCHMITZ, Anelise; GOLDNER, Lenise Grando)*

informações e obter o produto final, foi possível visualizar as informações espaciais que permitiram diagnosticar as características individuais dos segmentos.

Na Figura 7 podem ser observadas as particularidades de um segmento crítico urbano, neste caso, apresenta especialmente uma interseção, em uma travessia urbana, que indica que existe um conflito de trânsito devido a um grande tráfego de veículos, que remete à tomada de medidas preventivas a esse tipo de situação, tais como, o reforço na sinalização vertical e horizontal, principalmente informando rotas com antecedência, proibição de ultrapassagens, canalização da interseção, redução de velocidade e tratamento especial para passagens de pedestres.

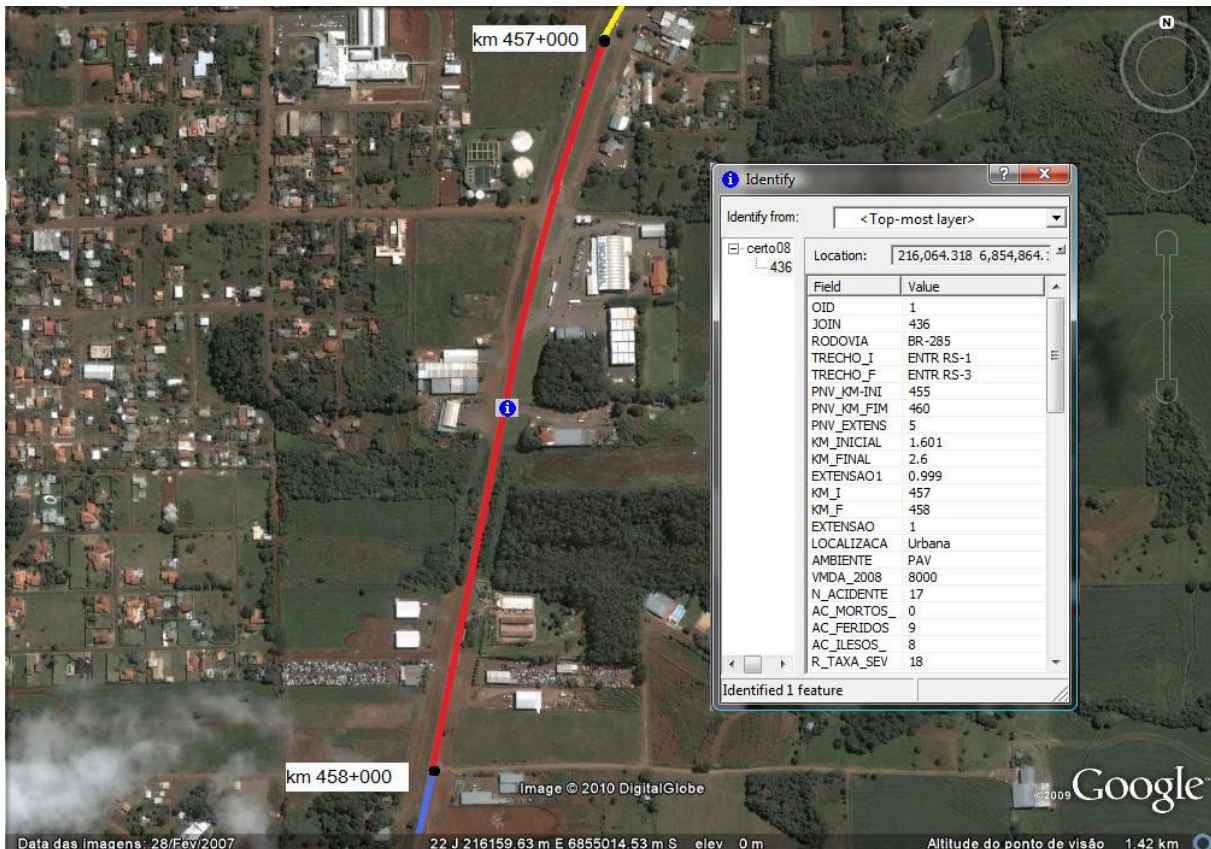


Figura 7 – Imagem de Satélite da Rodovia BR-285 trecho Entroncamento com a RS/155 e Entroncamento entre a RS/342 entre os km 457+000 e km 458+000

Fonte: Adaptada do Google Earth

Diversas análises podem ser constatadas através da sobreposição do *shape* na imagem de satélite. O exemplo de alguns segmentos com localização urbana, o número de acidentes ocorridos, podem ser verificados, taxas, índices, dados de acidentes, de veículos, das condições climáticas, interseções, travessias, e fatores que interferem na segurança dos usuários das vias.

Para a definição de medidas mitigadoras comuns aos principais segmentos críticos, foi realizada a pesquisa bibliográfica e as análises dos segmentos críticos, desta forma, foram encontradas e adequadas medidas para cada tipo de acidente ocorridos em cada segmento, por ser uma longa revisão, optou-se por inserir as medidas físico-operacionais do ITE (1993), como pode ser observado no quadro 7, que da uma visão geral de medidas mitigadoras na segurança viária.

Quadro 7 - Medidas físico-operacionais

OBJETIVO	OBJETIVO MEDIDAS FÍSICO OPERACIONAIS
Melhoria da segurança por meio da redução e/ou severidade dos acidentes	Rótulas; Semáforos; Passarelas; Balizamentos; Sonorizadores; Foto-sensores; Vedação de faixa; Lombadas eletrônicas; Ondulações transversais; Alterações na geometria viária; Remanejamento de acessos; Pavimentação diferenciada; Taxas comuns, taxas refletivas e taxões; Sinalização não convencional de advertência e indicação; Sinalização convencional de regulamentação, advertência e indicação.

Fonte: ITE (1993).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através do método baseado em GIS proposto foi possível traduzir as análises para a rodovia em estudo, onde através da obtenção dos segmentos críticos, do georreferenciamento, da segmentação da malha viária e do cálculo das taxas e índices de acidentes de trânsito foi possível criar diversas interfaces de análise, usando subsídios como os mapas temáticos, tabelas, gráficos e fotos aéreas.

O estudo buscou propor uma metodologia que pudesse integrar as informações à visualização de segmentos críticos em rodovias, desta forma, puderam ser visualizadas as taxas críticas para o ano de 2007 e 2008 e comparados com os índices críticos para o período de 2007 e 2008.

Observou-se que o aumento constante da frota de veículos, os atrasos ou falta de implementação de melhorias na rodovia, a travessia de rodovias em centros urbanos devido ao uso e ocupação do solo de forma desordenada são fatores que estimulam a ocorrência dos acidentes de trânsito.

O GIS foi um meio prático no diagnóstico do problema, onde através do conhecimento técnico foi possível adaptar medidas mitigadoras comuns aos principais segmentos críticos, para que desta forma pudesse aumentar a segurança viária.

Além disso os acidentes de trânsito na BR-285 não possuíam um estudo aprofundado, por isso, enfatizaram-se os conhecimentos do funcionamento do sistema rodoviário e dos fatores que afetam causando acidentes, propondo-se melhorias para a solução do problema. As vantagens em trabalhar com taxas e índices foram relacionadas a levarem em conta a relação dos acidentes com os volumes de tráfego, e não apenas as quantidades de ocorrências.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Pesquisa - CNPq e ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil - UFSC pelo apoio concedido para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

Badin, N. T.; T. Manique Jr; I. C. Bastos, R. M. De França; e W. Olah (2002). Utilização de

*Proposta Metodológica Baseada Em GIS para Análise de Segmentos Críticos de Rodovia –
Estudo de Caso na BR-285
(SCHMITZ, Anelise; GOLDNER, Lenise Grando)*

- um sistema de informação geográfica para planejamento e gerenciamento de placas de sinalização viária: estudo de caso em Joinville. Anais do XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Curitiba, PR.
- Cardoso, G. (1999). Utilização de um Sistema de Informações Geográficas visando o gerenciamento da segurança viária no município de São José – SC. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, PPGEC, UFSC. Florianópolis, SC.
- DENATRAN (1987). Manual de Identificação, Análise e Tratamento de Pontos Negros. Departamento Nacional de Trânsito, Brasília, DF.
- IPEA e DENATRAN (2006). Impactos sociais e econômicos dos acidentes de trânsito nas rodovias brasileiras. Brasília, DF.
- ITE – Institute of Transportation Engineers (1993). The Traffic Safety Toolbox: A Primer on Traffic Safety, 2^a Ed. Washington, D.C.
- Diesel, L. E. (2005). GIS na prevenção a acidentes de trânsito. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, PPGEC, UFSC. Florianópolis, SC.
- DNIT (1986). Divisão de Engenharia e Segurança de Trânsito. Um Modelo para Identificação dos Segmentos Críticos de Uma Rede de Rodovias. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, Diretoria de Trânsito, Rio de Janeiro: DEST/Dr.T.
- DNIT – Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transporte (2009). Divisão em trechos do PNV versão 2009.
- Erdogan, S.; I. Yilmaz; T. Baybura e M. Gullu (2008). Geographical information systems aided traffic accident analysis system case study: city of Afyonkarahisar. Accident Analysis and Prevention 40, 174–181.
- França, A. M.; e L. G. Goldner (2006). Caracterização dos acidentes de trânsito em rodovias utilizando um sistema de informações geográficas. Anais do Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, UFSC Florianópolis, SC.
- França, A. M. (2008). Diagnóstico dos acidentes de trânsito nas rodovias estaduais de Santa Catarina utilizando um sistema de informação geográfica. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, PPGEC, UFSC. Florianópolis, SC.
- Hare, K.; S. Sampsons; and K. Graham (2008). Proximity to medical services: Spatial analysis of fatal accidents, Jamaica. 28^o Annual ESRI International User Conference.
- Hasenack, H. (2006). Base Cartográfica digital do Rio Grande do Sul. ISBN: 8577270394. Editora UFRGS.
- Hirasawa, M. and M. Asano (2003). Development of traffic accident analysis system using GIS. Traffic Engineering Division, Civil Engineering Research Institute of Hokkaido. Hokkaido, Japão.
- Koike, H.; A. Morimoto; Y. Hanzawa and N. Shiraishi (2000). Development of hazard map using GIS to reduce traffic accidents. American Society of Civil Engineers, ASCE Publications.
- Lotti, C. P.; J. A. Widmer and R. E. Schaal (2002). Propostas de um método de sistematização e levantamento de dados para o estudo da relação de acidentes com as características geométricas da rodovia. Anais do XVI Congresso de Pesquisa e ensino em Transportes – ANPET, Natal, RN.
- MT – Ministério dos Transportes (2009). Base cartográfica georreferenciada. Disponível em <<http://www.transportes.gov.br/>>. Acesso em: 13 Mar. 2010.

*Proposta Metodológica Baseada Em GIS para Análise de Segmentos Críticos de Rodovia –
Estudo de Caso na BR-285
(SCHMITZ, Anelise; GOLDNER, Lenise Grando)*

- Meinberg, F. F. (2003). Ferramentas para a análise de acidentes de trânsito com o uso de um sistema de informação geográfico. *Informática Pública*, vol. 5(1): 79-99.
- Paro, L. S. M. (2009). Contribuição metodológica para identificação de segmentos críticos em rodovias. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, PPGEC, UFSC. Florianópolis, SC.
- Pulugurtha, S. S.; V. K. Krishnakumar and S. S. Nambisan (2007). New methods to identify and rank high pedestrian crash zones: An illustration. *Accident Analysis and Prevention* 39 p. 800–811.
- Pulugurtha, S. S. and V. V. Vanapalli (2008). Hazardous Bus Stops Identification: An Illustration Using GIS. *Journal of Public Transportation*, Vol. 11, No. 2.
- Queiroz, M. P. (2003). Análise espacial dos acidentes de trânsito no município de Fortaleza. Dissertação de mestrado, UFC, Fortaleza, CE.
- Queiroz, M. P.; e C. F. G. Loureiro (2003). Análise espacial exploratória dos acidentes de trânsito agregados nas zonas de tráfego de Fortaleza. *Anais do XVII Congresso de Pesquisa e ensino em Transportes – ANPET*, Rio de Janeiro.
- Queiroz, M. P.; C. F. G. Loureiro e Y. Yamashita (2004). Caracterização de padrões pontuais de acidentes de trânsito aplicando as ferramentas de análise espacial. *Anais do XVIII Congresso de Pesquisa e ensino em Transportes – ANPET*, Florianópolis, SC.
- Reinhold, I. R. (2006). Contribuição para alocação de faixas de pedestres em vias urbanas com a utilização de um sistema de informações geográficas, baseado no estudo de fatores de segurança viária. Tese de doutorado em Engenharia Civil, PPGEC, UFSC. Florianópolis, SC.
- Santos, L. e A. A. Raia Jr (2006). Identificação de pontos críticos de acidentes de trânsito no município de São Carlos, SP, Brasil: análise comparativa entre um banco de dados relacional – BDR e a técnica de agrupamentos pontuais. *Anais do 2^o Congresso Luso-Brasileiro para o planejamento urbano, regional, integrado, sustentável*. Braga, Portugal.
- Santos, L.; e A. A. Raia Jr (2008). Análise de acidentes de trânsito com o uso de GIS e estatística espacial: caso da cidade de São Carlos, Brasil. *Anais do XV Congresso Panamericano de Engenharia de Trânsito e Transporte - PANAM*, Cartagena de Índias, Colômbia.
- Soares, A. L.; G. A. O. P. Costa e F. Tonioli (2004). Cadastro viário georreferenciado com ênfase em acidentes. *Anais do II Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto Aracaju*, SE.
- Soares, A. J. e A. N. R. Silva (2007). Análise de autocorrelação em redes aplicada ao caso de acidentes urbanos de trânsito. *Anais do XXI Congresso de Pesquisa e ensino em Transportes – ANPET*, Rio de Janeiro.
- Trindade Jr, R. E. (2008) e-siG – Sistema de Informações Georreferenciadas de Acidentes de Trânsito. Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes. Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ.
- Yuan, B. and W. Song (2007). Study on Road Traffic Safety Management and Rescue System based on 3S Technology. *American Society of Civil Engineers, ASCE Publications*.