

ANÁLISE ESPACIAL DE SEGMENTOS CRÍTICOS DE RODOVIA – ESTUDO DE CASO BR-285 NO SUL DO BRASIL

A. Schmitz e L. G. Goldner

RESUMO

A infra-estrutura do sistema rodoviário brasileiro apresenta de um modo geral níveis de serviço saturados, além de problemas relacionados à falta de planejamento, manutenção e segurança viária. Nesse contexto, o objetivo da presente pesquisa foi analisar espacialmente os segmentos críticos de rodovia, através do uso de um Sistema de Informação Geográfica (Geographic Information System – GIS). O estudo de caso foi realizado na rodovia federal BR-285, localizada no Sul do Brasil, que possui uma grande expressividade para essa região. Os resultados obtidos fazem referência ao planejamento da área em estudo, às particularidades dos acidentes de trânsito ocorridos e dos segmentos críticos.

1 INTRODUÇÃO

Em função das características territoriais brasileiras e do abrangente desenvolvimento do modal rodoviário, especialmente no Rio Grande do Sul (RS), houve um grande impulso para que a economia agropecuária desenvolvesse a região, fazendo com que muitas cidades crescessem, às margens ou próximas de rodovias.

As rodovias, porém, não foram construídas para suportar o tráfego tão intenso, pois não se previa o surto na produção agropecuária e a evolução dos transportes rodoviários como ocorreu. Conseqüentemente os desgastes na rodovia e nas obras de arte ocorrem de forma acelerada, exigindo cada vez mais despesas para a conservação, acarretando problemas na segurança viária, como os acidentes de trânsito, que se tornam constantes e trazem danos à sociedade.

Os órgãos gestores de tráfego e trânsito no Brasil, por sua vez, carecem de infra-estrutura e necessitam da aplicação de sistemas, como os GIS, que permitem a elaboração de análises, visualização e manipulação de cenários para o planejamento.

Desta forma, o presente trabalho objetiva analisar espacialmente os segmentos críticos da rodovia e o planejamento da mesma, adotando um Sistema de Informação Geográfica (GIS). Neste cenário destaca-se a rodovia federal BR-285 que é o foco em estudo, localizada no Sul do Brasil que possui uma grande expressividade por ser a rota turística de travessia para a 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 Mercado Comum do Sul – MERCOSUL.

2 BASE TEÓRICA

Este tópico traz uma breve apresentação dos principais temas que dão embasamento teórico à pesquisa.

2.1 O sistema rodoviário

No Plano Nacional de Viação – PNV para o ano de 2008, a rede do sistema rodoviário brasileiro, apresenta 1.765.278,00 quilômetros de rodovias, entre federais, estaduais, estaduais transitórias e municipais, sendo que a rede rodoviária federal constitui-se de 118.099,1 quilômetros (DNIT, 2008).

A Tabela 1 resume o cenário do sistema rodoviário brasileiro. Observa-se que apenas 11,99% das rodovias da rede nacional são pavimentadas. As rodovias não pavimentadas, ou seja, 80,58% representam a maioria e 7,43% são futuros empreendimentos rodoviários.

Tabela 1 - Cenário do Sistema rodoviário Brasileiro por tipo e extensão de rodovia

Rede	Extensões	% do total
Planejada	131.207,30	7,43
Não pavimentada	1.422.391,40	80,58
Pavimentada	211.678,90	11,99
Total	1.765.278,00	100

Fonte: DNIT (2008)

Destaca-se que além do baixo percentual de rodovias pavimentadas, estas geralmente trazem problemas de planejamento, onde os projetos são baseados, muitas vezes, apenas em critérios econômicos, sem analisar o custo *versus* benefício do investimento. Desta forma, conforme aumentam a frota de veículos e da população, surgem os problemas, como acidentes de trânsito, congestionamentos, desgaste de pavimentos e acostamentos, entre outros.

2.2 Os acidentes de trânsito

Os acidentes de trânsito são problemas tanto em países desenvolvidos como em países em desenvolvimento, com a diferença que nos países desenvolvidos já foram implementadas, ao longo dos anos, muitas medidas para conter a violência no trânsito, e com isto têm-se conseguido estabilizar os índices de acidentes, porém com custos elevados (WHO, 2004).

As estatísticas para os dados gerais dos acidentes de trânsito no Brasil, do crescimento da população e da frota de veículos, para o período de 2002 a 2006, são apresentadas na Tabela 2, a seguir, através do Anuário estatístico realizado pelo DENATRAN e DETRAN (2006). Observa-se que os índices de acidentes, considerando o aumento da população e da frota, tiveram um decréscimo significativo em 2006.

Tabela 2 - Estatísticas de acidentes de trânsito no Brasil - 2002 a 2006

ITENS	2002	2003	2004	2005	2006
População	174,632,960	176,871,437	181,581,024	184,184,264	186,770,562
Frota	34,284,967	36,658,501	39,240,875	42,071,961	45,370,640
Acidentes com Vítimas	251,876	333,689	348,583	383,371	320,333
Vítimas Fatais	18,877'	22,629	25,526	26,409	19,752
Vítimas Não Fatais	318,313"	439,065	474,244	513,510	404,385
Veículos/100 Habitantes	19.6	20.7	21.6	22.8	24.3
Vítimas Fatais/100.000 Hab.	12,3"	12.8	14.1	14.3	10.6
Vítimas Fatais/10.000 Veíc.	6,2"	6.2	6.5	6.3	4.4
Vítim. Não Fatais/10.000Veí.	104,6"	119.8	120.9	122.1	89.1
Acidentes c/Vítim/10.000Veí.	75,1'	91	88.8	91.1	70.6

Fontes: Anuário estatístico do Departamento Nacional de Trânsito – DENATRAN/Sistema Nacional de Estatística de Trânsito e Departamentos Estaduais de Trânsito – DETRAN (2006).

(') Não inclui dados dos Estados do Espírito Santo e Mato Grosso.

") Não inclui dados dos Estados do Amapá, Espírito Santo, Mato Grosso e Rio de Janeiro.

2.3 O Sistema de Informação Geográfica (GIS)

Devido ao alto índice de acidentes de trânsito, buscaram-se soluções para redução dos mesmos, através do entendimento de como esses fenômenos acontecem. Torna-se mais fácil atingir esse objetivo através da utilização de um GIS, associado às análises espaciais, possibilitando entender as inter-relações entre diversos tipos de acidentes de trânsito (Santos e Raia Jr 2008).

As metodologias GIS em geral baseiam-se na modelagem dos dados, na geração do banco de dados geográficos e na implementação dos dados. 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 (Erdogan *et al.*, 2008; Santos e Raia Jr, 2006; Meinberg, 2003).

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 para planejamento da infra-estrutura e de medidas corretivas a serem tomadas, facilitando o monitoramento dessas ações e seus efeitos positivos ou não.

3 MÉTODO PROPOSTO

Este tópico apresenta o procedimento metodológico baseado em GIS o qual segue as etapas de trabalho visualizadas na Figura 1 através do fluxograma proposto.

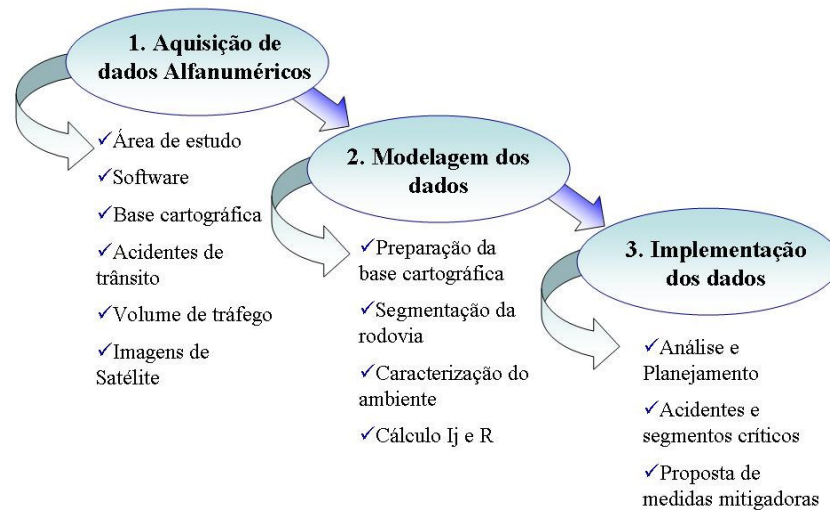


Fig. 1 Fluxograma do método proposto

3.1 Aquisição de dados alfanuméricos

O primeiro passo para dar início a pesquisa foi a aquisição de dados alfanuméricos, como a escolha de área de estudo, a aquisição de um software para gerar as simulações, a obtenção da base cartográfica, dos dados dos registros dos acidentes de trânsito, dos volumes de tráfego e das imagens de satélite.

A área delimitada ao estudo foi 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.

Foi utilizado um software GIS que permitiu as análises e simulações de cenários, além disso, foi obtida a base cartográfica digital da rodovia organizada por Hasenack (2006) e as imagens de satélite foram adquiridas do software Google Earth.

Os dados e informações dos acidentes de trânsito foram coletados através das planilhas eletrônicas obtidas nos relatórios de acidentes de trânsito da 10ª Delegacia de Polícia Rodoviária Federal, 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 para a BR-285.

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 Departamento de Polícia Rodoviária Federal. 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).

3.2 Modelagem dos dados

A modelagem dos dados é a etapa onde são elaboradas as atividades como a preparação da base cartográfica, segmentação da rodovia, caracterização do ambiente e cálculo os índices e as taxas de acidentes de trânsito.

A preparação da base cartográfica consistiu em corrigir erros de topologia e calibrar o vetor da malha recebendo informações a respeito da quilometragem da rodovia. Para a elaboração da segmentação primeiramente foram obtidos os trechos do Plano Nacional de Viação – PNV, disponível no DNIT (2008), sendo que 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 variam suas extensões entre 1,00km a 1,9km.

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.

As taxas de acidentes de trânsito para os segmentos foram calculadas através do método numérico do Departamento Nacional de Trânsito – DENATRAN (1987). Este trabalha com o Grau de severidade do Severidade dos acidentes de trânsito em que se atribui um peso a cada acidente, dependendo de sua gravidade, conforme expresso na equação (1).

$$UPS = (S/V \times 1) + (C/V \times 5) + (Fatais \times 13); \quad (1)$$

Onde:

UPS: Unidade Padrão de Severidade

S/V: Acidentes de trânsito sem vítimas

C/V: Acidentes de trânsito com vítimas

Fatais: Acidentes de trânsito com vítimas fatais

Sabendo que o número de acidentes é proporcional ao volume de tráfego que circula em uma rodovia foi adotada a Equação (2) para o cálculo da taxa (R) de acidente nos segmentos da rodovia:

$$R = \frac{n^{\circ}UPS \times 10^6}{VMD \times P \times E} \quad (2)$$

Onde:

VMD: Volume médio diário de veículos passando pelo trecho

P: Período de estudo (normalmente 365 dias)

E: Extensão do trecho (em km)

Na identificação dos segmentos críticos foram selecionados todos os segmentos homogêneos na análise da rodovia e calculada a média das taxas de acidentes e comparados com a taxa de acidente em cada segmento. Após a comparação os segmentos que apresentaram as maiores taxas, relacionadas à taxa média foram denominados críticos.

Os índices de acidentes de trânsito para os segmentos foram calculados a partir do método estatístico do DNIT (1986) que avalia as probabilidades de ocorrência de acidentes de

trânsito em um determinado intervalo de tempo, desta forma, calculam-se o Índice de acidentes do segmento analisado, conforme equação (3), o momento de tráfego do segmento em estudo, conforme a equação (4) e o índice crítico do segmento em estudo (amostra) equação (5).

$$I_j = \frac{\sum N_j \times 10^6}{E_j \times VMDA_j \times \Delta t} \quad (3)$$

$$m = VMDA_j \times E_j \times \Delta t \times 10^{-6} \quad (4)$$

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

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

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 identificação dos segmentos críticos através desse método 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.

3.3 Implementação 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. Além disso, foi verificado e analisado o planejamento da rodovia, sua função e importância no modal rodoviário, proposta medidas mitigadoras comuns aos principais segmentos críticos e análise das ocorrências dos acidentes e dos segmentos críticos na rodovia.

4 RESULTADOS

Este tópico contém as análises qualitativas e quantitativas, através de estatísticas, representações espaciais e descrições dos eventos.

4.1 Análise e planejamento da área de estudo

A deficiência do traçado da rede ferroviária e dutoviária do Estado e o limite de suas possibilidades de escoamento sobrecarregam o sistema rodoviário, o qual representa a diretriz modal do País.

O modal rodoviário da área em estudo obedece a diferentes áreas de desenvolvimento, conforme o tipo de região por onde a rodovia está localizada. A rodovia BR-285 passa por regiões de grande importância, entre elas, se destacam a região das Missões, do Planalto e dos Campos de Cima da Serra.

Na região das Missões a rodovia exerce uma função pioneira e serve de via de escoamento às estações de rede ferroviária. Na região do Planalto exerce função autônoma servindo para o escoamento da produção, nas cidades como Vacaria, Lagoa Vermelha, Carazinho e Ijuí. As estradas exigem consolidação da superfície de rolamento pois a produção tritícola é intensificada, além disso, a região dos Campos de Cima da Serra onde destacam a divisa do Estado do RS e SC, São José dos Ausentes, Bom Jesus e Vacaria que fazem parte da rota de turismo dos campos e da região mais alta e fria do RS.

A Figura 2 apresenta o mapa do 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.

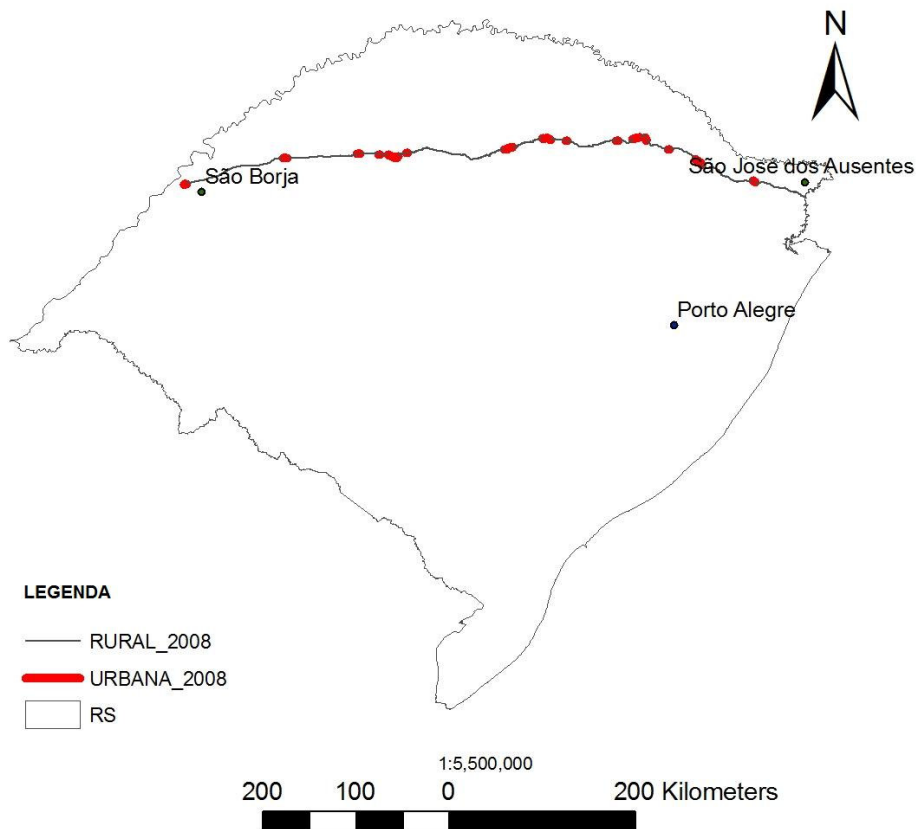


Fig. 2 Segmentos urbanos e rurais da rodovia em estudo

4.2 Análise dos 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. 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.

Os eventos pontuais de acidentes de trânsito dos anos de 2007 e 2008 foram georreferenciados ao longo da malha viária para que as análises pudessem ser mais detalhadas. Além disso, foi realizada a inserção dos pontos e do vetor da rodovia em uma imagem de satélite. A Figura 3 representa a percepção ampliada das ocorrências na rodovia, alguns dos pontos estão sobrepostos indicando dois ou mais acidentes no mesmo quilômetro de ocorrência.

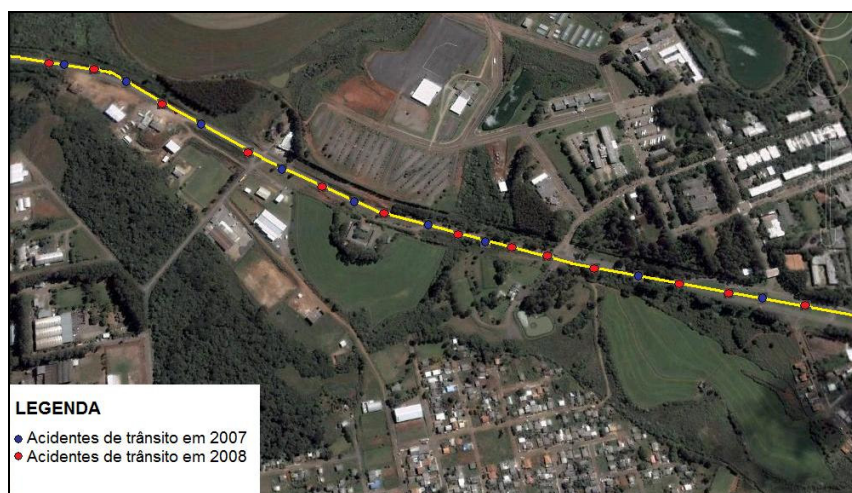


Fig. 3 Pontos de acidentes de trânsito na BR-285 para os anos de 2007 e 2008

Fonte: Adaptada do Google Earth

A Figura 4 apresenta os tipos de acidentes de trânsito no período referenciado, onde o maior percentual foi de 28.4% acidentes com saída de pista e o menor percentual representa 1.3% acidentes com queda de veículo.

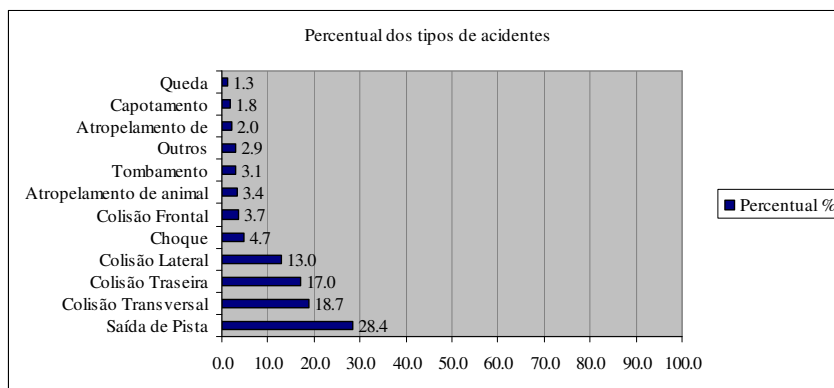


Fig. 4 Tipos de acidentes ocorridos em 2007 e 2008

Segundo as condições climáticas 56% dos acidentes ocorreram com o tempo bom, 21% com o tempo nublado, 21% com o tempo chuvoso e 2% com outros tipos de condição climática, como por exemplo, neblina, nevoeiro ou vento. Conforme o período do dia, 59% dos acidentes ocorreram durante o período diurno, ou seja, mais da metade dos acidentes ocorridos, 30% ocorreram a no período noturno e 11% durante o amanhecer ou entardecer. Observam-se esses percentuais na Figura 5.

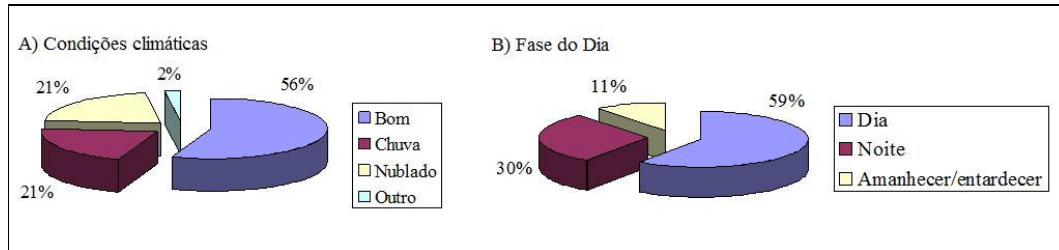


Fig. 5 Condições climáticas e fase do dia de acidentes de trânsito (2007 e 2008)

Os veículos envolvidos nos acidentes de trânsito na rodovia no período em estudo totalizaram 2425 veículos. A grande maioria dos envolvidos em acidentes de trânsito foram os automóveis (51,2%), que se destacam pelo incentivo à indústria automobilística e a facilidade de aquisição para estes. No entanto o envolvimento de veículos pesados em acidentes de trânsito, principalmente no que diz respeito aos caminhões, 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 que geram a economia regional.

4.3 Segmentos críticos

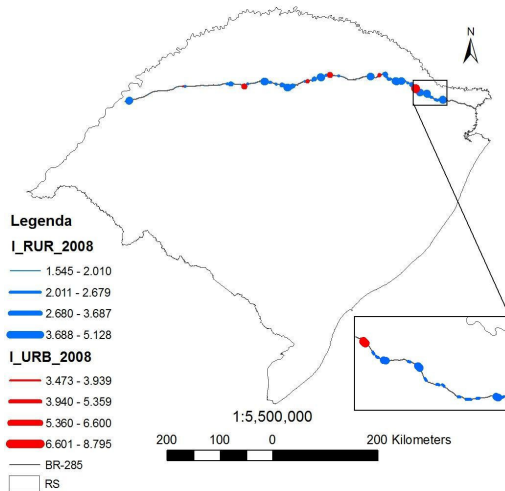
Da extensão total da rodovia (674.2 km) totalizou 641 segmentos, os quais variam suas extensões de 1 a 1.9 km, sendo 580 segmentos rurais e 61 segmentos urbanos. Para cada método de cálculo obtiveram-se números diferentes de segmentos críticos rurais e urbanos, nos anos de 2007 e 2008. Observou-se que em média 14% dos segmentos rurais e 25% dos segmentos urbanos foram considerados críticos.

Através da aplicação do método proposto foram criados diversos mapas temáticos, os quais representam a rodovia e suas características agregadas. Optou-se pela representação dos índices e taxas críticas em intervalos de classe, as quais foram desenvolvidas no GIS através de rupturas naturais, pelo método analítico de otimização de Jenks (1963), 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.

A Figura 6 a seguir destaca os segmentos críticos relativos ao cálculo dos Índices críticos (I) por meio da aplicação do método do DNIT (1986) e apresenta os segmentos críticos relativos ao cálculo das taxas críticas (R) calculadas através do método do DENATRAN (1987) ambos para o período de 2008. Observa-se que nas áreas rurais os maiores índices de segmentos críticos (I_RUR) variam de 3,688 a 5,128. Já os índices de segmentos críticos urbanos (I_URB) acentuados variam de 6,601 a 8,795. As maiores taxas de segmentos críticos nas áreas rurais (R_RUR) variam de 16,240 a 27,023. As taxas de segmentos urbanos (R_URB) relevantes variam de 12,730 a 19,904.

Para o ano de 2007 em áreas rurais esses índices de segmentos críticos (I_RUR) relevantes variaram de 6,484 a 12,967. Já os índices acentuados de segmentos críticos urbanos (I_URB) variaram de 7,599 a 10,970. Salienta-se que para o ano de 2007 nas áreas rurais (R_RUR) as taxas relevantes de segmentos variaram de 22,237 a 38,900 e as taxas de segmentos urbanos (R_URB) ressaltantes variaram de 20,528 a 31,342.

A) Índices críticos



B) Taxas Críticas

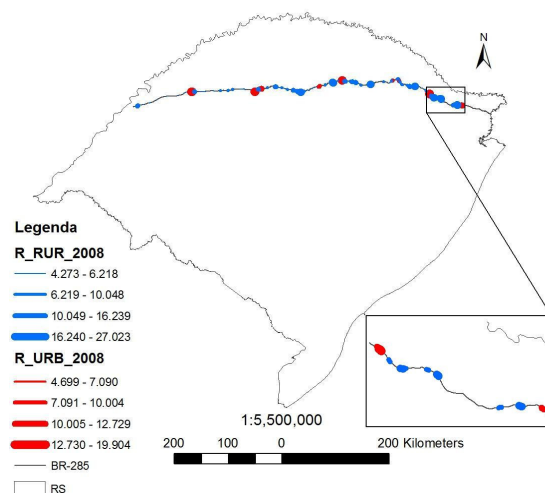


Fig. 6 Índices (I) método DNIT (1986) e Taxas (R) método DENATRAN (1987) de segmentos críticos urbanos e rurais da BR-285 no ano de 2008

Em relação aos métodos de cálculo utilizados nesta pesquisa, observou-se que o método do DENATRAN (1987) priorizou locais onde há registros de acidentes com vítimas fatais, pois consideram estas as causas de maiores perdas na sociedade. Já o método estatístico do DNIT (1986) considera a relação dos acidentes com o volume de tráfego identificando os locais com maiores probabilidades de ocorrência de acidentes. Em ambos os métodos houve coincidência na maioria dos segmentos críticos.

Através do georreferenciamento dos eventos pontuais (acidentes de trânsito), dos segmentos, da malha viária vetorizada e das imagens de satélite foi possível criar diversos cenários de análise em um GIS. Os detalhes de cada segmento crítico foram armazenados através das tabelas de atributos, onde nela constam todas as informações alfanuméricas.

Nas visitas *in loco* foram detectados ao longo da rodovia problemas na infra-estrutura básica, como defeitos ou desgaste no pavimento, nos acostamentos, na drenagem, na sinalização e também problemas de planejamento de interseções e acessos, ausência ou precariedade de travessias para pedestres em áreas urbanas, geometria com curvas de pequenos raios seguidas de tangentes que permitem desenvolver altas velocidades. Esses problemas prejudicam a segurança da rodovia, tanto em áreas rurais como em áreas urbanas e intensificam os acidentes de trânsito. Na Figura 7 são apresentados alguns desses problemas mencionados ao percorrer a rodovia.



Fig. 7 Problemas na infra-estrutura da rodovia

Notas: (A) Geometria composta por tangente seguida de curva com pequeno raio
(B) Deterioração do pavimento, sinalização e acostamento
(C) Interseção em curva e com problemas de planejamento

Elaboraram-se também propostas de medidas mitigadoras comuns para os principais segmentos críticos da rodovia em estudo, porém não serão apresentadas neste artigo. Sugere-se a verificação de tais medidas nos estudos elaborados por ITE (1993), DNIT (1998) e Menezes (2001) que fornecem soluções para os problemas relacionados à segurança viária.

5 CONCLUSÕES

O trabalho apresentado possibilitou analisar espacialmente os segmentos críticos da rodovia em estudo e seu planejamento, através de um GIS foram criadas várias interfaces de análise e de visualização de cenários dos dados alfanuméricos. A sobreposição das imagens de satélite, da malha viária, dos segmentos e dos pontos de acidentes de trânsito permitiram uma melhor percepção e possibilitam intervir com diagnósticos do problema.

Os volumes de tráfego de grande parte das rodovias brasileiras excedem a sua capacidade projetada, como é o caso da rodovia em estudo. Além disso, o tráfego de veículos pesados representa altos percentuais se comparados com os países desenvolvidos.

Observou-se que a região em estudo exerce uma grande importância econômica e representa uma rota em destaque no modal rodoviário do Brasil e do Mercosul, desta forma, a infra-estrutura e a segurança viária carece de investimentos e melhorias do setor.

Salienta-se que a carência da intermodalidade, a qual envolve mais de um meio de transporte para o deslocamento e distribuição, principalmente de cargas, sobrecarregam o sistema rodoviário e trazem problemas na infra-estrutura da rodovia e na segurança viária que acarretam os acidentes de trânsito.

6 AGRADECIMENTOS

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

7 REFERÊNCIAS

DENATRAN (1987) **Manual de Identificação, Análise e Tratamento de Pontos Negros**, Departamento Nacional de Trânsito, Brasília, DF, Brasil.

DENATRAN e DETRAN (2006) **Anuário Estatístico de Acidentes de Trânsito – Brasil – RENAEST – 2006**, Departamento Nacional de Trânsito e Departamentos Estaduais de Trânsito, Roraima, Brasil.

DNIT (1986) **Um Modelo para Identificação dos Segmentos Críticos de Uma Rede de Rodovias**, Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes, Diretoria de Trânsito, Divisão de Engenharia e Segurança de Trânsito, DEST/Dr, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

DNIT (1998) **Guia de redução de acidentes com base em medidas de engenharia de baixo custo**, Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transporte, RJ, Brasil.

DNIT (2006) **Manual de estudos de tráfego**, (IPR. Publ., 723) 384 p., Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transporte, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

DNIT (2008) **Divisão em trechos do PNV versão 2008**, Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transporte, Disponível em: http://www.dnit.gov.br/menu/rodovias/Rodovias_federais/PNV2008_Internet.xls, Acesso em: 16 Mar. 2009.

Erdogan, S.; Yilmaz I.; Baybura T. and Gullu M. (2008) Geographical Information Systems Aided Traffic Accident Analysis System Case Study: City of Afyonkarahisar, **Accident Analysis and Prevention**, Vol. (40), 174–181.

Hasenack, H. (2006) **Base Cartográfica Digital do Rio Grande do Sul**, Editora UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil.

ITE (1993) **The Traffic Safety Toolbox: A Primer on Traffic Safety**, 2^a Ed. Institute of Transportation Engineers, Washington, D.C.

Jenks, G.F. (1963) Generalization in statistical mapping. **Annals of the Association of American Geographers**, 53: 15-26.

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.

Meneses F. A. B. De (2001) **Análise e Tratamento de Trechos Rodoviários Críticos em Ambientes de Grandes Centros Urbanos**, Tese de Doutorado, COPPE/UFRJ, RJ, Brasil.

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 20º Congresso Luso-Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado, Sustentável – PLURIS**, Braga, Portugal.

Santos, L. e Raia Jr, A. A. (2008) Análise de acidentes de trânsito com o uso de SIG 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.

WHO (2004) **World report on road traffic injury prevention**, World Health Organization.