

Diagnóstico dos Acidentes de Trânsito nas Rodovias Estaduais de Santa Catarina utilizando um Sistema de Informação Geográfica

Adão Marcos França¹
Profa. Dra. Lenise Grando Goldner²

¹ DEINFRA – Departamento Estadual de Infra-Estrutura
88.010-300 - Florianópolis – SC
adao@deinfra.sc.gov.br

² UFSC – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil
88.040-970 - Florianópolis – SC
lenise@ecv.ufsc.br

Resumo: Este artigo apresenta a aplicação de um Sistema de Informação Geográfica no diagnóstico de acidentes de trânsito nas rodovias sob jurisdição do Estado de Santa Catarina que são fiscalizadas pela Polícia Militar Rodoviária. Para a elaboração da pesquisa foram utilizados dados de acidentes de trânsito abrangendo o período de 2002 a 2005, coletados no Sistema de Acidentes de Trânsito do Departamento Estadual de Infra-Estrutura do Estado de Santa Catarina. Neste trabalho é mostrado o método utilizado exemplificado através da análise de um trecho rodoviário para o tipo de acidente “saída de pista”. A pesquisa identifica segmentos críticos no sistema de rodovias estaduais no Estado de Santa Catarina possibilitando aos gestores da infra-estrutura viária identificar os trechos problemáticos e priorizá-los de tal modo que atuem com ações bem definidas para a solução do grave problema de segurança rodoviária no Estado.

Palavras chaves: Sistema de Informações Geográficas; Segurança Rodoviária; Acidentes de trânsito; Rodovias estaduais.

Abstract: This paper presents the application of a Geographic Information System to diagnose traffic accidents in the roads administered by the Santa Catarina state government and guarded by the State Highway Police. The study relied on data on traffic accidents from 2002-2005, which were gathered by the Traffic Accident System of the State Infrastructure Department of Santa Catarina. The methodology is demonstrated through the analysis of a road stretch for the type of accident called “Lane Exit”. The study locates critical points in the state road system in Santa Catarina, thus enabling the road infrastructure managers to identify critical stretches that should be prioritized. As a consequence, these authorities may be able to take well defined measures to solve the serious problem of road safety in Santa Catarina State.

Keywords: Geographic Information System; Road Safety; Traffic Accidents; State Highways.

1 Introdução

No Brasil, conforme informações contidas na Política Nacional de Trânsito do Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN, 2004), a cada ano mais de 33 mil pessoas são mortas e cerca de 400 mil ficam feridas ou inválidas em acidentes de trânsito. Os índices brasileiros de fatalidade na circulação viária são superiores às dos países desenvolvidos e representam uma das principais causas de morte prematura da população economicamente ativa.

O estudo apresentado em 2006 pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) em parceria com a Associação Nacional de Transportes Públicos (ANTP) e com o apoio do Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN), com a finalidade de mensurar o custo social decorrente de acidentes de trânsito em rodovias, aponta um custo social anual da ordem de 22 bilhões de reais ou aproximadamente 1,2% do produto interno bruto brasileiro (valores referentes a dezembro de 2005). Nas rodovias estaduais este

custo foi da ordem de 14 bilhões de reais.

Na área rodoviária Santa Catarina tem registrado um número significativo de vítimas fatais. De acordo com dados registrados pela Polícia Militar Rodoviária (PMRv) no banco de dados corporativo do Departamento Estadual de Infra-Estrutura (DEINFRA), estes números foram de 211 em 2002 e 352 em 2005.

A ocorrência de mortes é preocupante e exige por parte das autoridades responsáveis, bem como de toda a sociedade, estudos mais detalhados para que se possam planejar ações adequadas objetivando reduzir significativamente esses números.

Diante dessa situação, a análise das ocorrências de trânsito com base nos dados obtidos em campo e posteriormente trabalhados através de uma plataforma adequada é fundamental para que se definam soluções para a redução desse quadro caótico.

2 Área de Estudo

O estudo foi realizado nas rodovias estaduais sob jurisdição do Estado de Santa Catarina cuja responsabilidade de operação é do DEINFRA e patrulhadas pela PMRv em decorrência de convênio com a Secretaria de Estado da Segurança Pública e Defesa do Cidadão.

Ao longo dos quatro anos estudados a malha rodoviária sofreu alterações em sua extensão pavimentada e patrulhada, conforme mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Extensão de malha rodoviária patrulhada entre os anos de 2002 e 2005

Ano	Extensão Pavimentada (km)	Extensão Patrulhada (km)	Percentual Patrulhado
2002	3.744,4	2.796,6	75 %
2003	3.813,0	3.414,6	90 %
2004	3.995,1	3.592,4	90 %
2005	4.048,5	3.584,8	89 %

Fonte: DEINFRA, 2002/2005; PMRv, 2006

3 O Sistema de Informação Geográfica e os Acidentes de Trânsito

Para *Gold* (1998) um acidente de trânsito pode ser definido como um evento não intencional que produz ferimentos ou danos, envolvendo ao menos um veículo que circula, normalmente por uma via para trânsito de veículos, podendo ser motorizado ou não.

O *DENATRAN* (1995) conceitua acidente de trânsito como uma ocorrência fortuita ou não, em decorrência do envolvimento em proporções variáveis do homem, do veículo, da via e demais elementos circunstanciais, da qual tenha resultado ferimento, dano, estrago, prejuízo, avaria, ruína, etc.

Diesel (2005) afirma que o acidente de trânsito se caracteriza como um evento não-intencional, com pelo menos um usuário do sistema de trânsito e que subitamente produz danos materiais e/ou pessoais aos envolvidos.

A melhor forma de apresentar, demonstrar e analisar uma distribuição de dados do tipo geográfico, demográfico ou econômico é através de imagens. Quando os dados possuem uma localização geográfica a análise das informações contidas em uma base de dados pode ser feita de forma mais adequada através de mapas, com o uso de uma ferramenta computacional chamada Sistema de Informação Geográfica (SIG).

Um SIG permite a associação de diversos objetos espaciais (referências quilométricas, siglas de rodovias, nomes de ruas, etc.) com informações alfa-numéricas que interessam agregar a estes objetos (acidentes de trânsito, tipo de pavimento, condições do tempo, etc.).

De acordo com *Câmara* (1996), sistemas de informação geográfica são sistemas automatizados usados

para armazenar, analisar e manipular dados que representam objetos e fenômenos em que a localização geográfica é uma característica inerente à informação e indispensável para analisá-la.

Um SIG é uma ferramenta que opera sobre uma base de dados com capacidade específica para referenciar dados espacialmente e capaz de realizar um conjunto de operações possibilitando a análise destes dados.

Os acidentes de trânsito podem ser referenciados através de um par de coordenadas geográficas ou um endereço previamente definido pelo órgão gestor através de um método adequado (por exemplo, rodovia e quilômetro). Devido a essa natureza espacial os acidentes de trânsito podem ser analisados por um SIG.

4 O Método Utilizado

4.1 A Organização dos Dados e o Georreferenciamento dos Acidentes de Trânsito

Para o desenvolvimento deste estudo foi utilizado o software ArcGIS Versão 9, que permite criar consultas, visualizar, analisar e apresentar informações obtidas de dados tabulares. É um pacote de aplicativos que contém o ArcMap, ArcCatalog e o ArcToolbox. Trabalhando em conjunto, estes aplicativos permitem a visualização, implementação de consultas, análise, edição e gerenciamento dos dados geográficos e tabulares.

O ArcMap pode ser usado para toda a forma de mapeamento e edição dos referidos dados, bem como na análise baseada em mapas. O ArcCatalog pode ser utilizado para administrar as propriedades de dados espaciais, criar um banco de dados, registros, visualização e administração de dados avançados. O ArcToolbox pode ser usado para conversão de dados e geoprocessamento.

Foram utilizados os registros de acidentes de trânsito armazenados no banco de dados corporativo do Departamento Estadual de Infra-Estrutura de Santa Catarina (DEINFRA), ocorridos nas rodovias estaduais pavimentadas sob jurisdição estadual e patrulhadas pela Polícia Militar Rodoviária do Estado de Santa Catarina, entre os anos de 2002 e 2005.

Os acidentes registrados não possuem coordenadas geográficas do local das ocorrências. Para permitir a realização das consultas e análises espaciais foram usados recursos avançados de segmentação dinâmica do ArcGIS, transformando as informações tabulares em arquivos vetoriais que permitiram a visualização em mapas a partir dos quais foi possível a realização de consultas e operações espaciais.

Extraídos na forma de planilhas eletrônicas, os dados dos acidentes foram editados e trabalhados de tal maneira que permitiram a geração de eventos sobre o arquivo vetorial de rodovias (*route events*) no módulo ArcMap. Isto possibilitou a criação de camadas de dados (*shapefiles*), contemplando a espacialização das ocorrências com os respectivos atributos, a partir dos quais se deu o desenvolvimento do presente estudo.

4.2 Critérios Adotados para Análise

De acordo com o que apresenta a bibliografia nacional e internacional sobre segurança viária, o número de acidentes em uma rodovia é proporcional ao volume de tráfego circulante. Deste modo, seria natural se trabalhar com a taxa de acidentes que é a razão entre o número de acidentes e o volume de tráfego médio diário da rodovia.

Entretanto, neste trabalho, optou-se por identificar os trechos com maior quantidade de acidentes como aqueles que receberiam tratamento prioritário. Decidiu-se segmentar a rede rodoviária em 3.145 segmentos de 1 quilômetro (ou menos no caso de trechos que não possuem quilômetro inteiro) totalizando-se a ocorrência de acidentes para cada segmento.

A Tabela 2 mostra um exemplo da segmentação executada na rodovia SC-401 que se localiza na ilha de Santa Catarina, no município de Florianópolis, trecho Canasvieiras – Entroncamento SC-404 (bairro do Itacorubi).

O primeiro segmento está entre os quilômetros 0 e 1, o segundo segmento inicia no quilômetro 1,001 e termina no quilômetro 2,000 e assim por diante.

Optou-se em utilizar a diferença de 1 metro pois é a precisão máxima no registro de localização dos acidentes. Observa-se que o último segmento do trecho que serve como exemplo não termina em quilômetro inteiro, pois o ponto onde se encerra a fiscalização da PMRv está sobre o quilômetro 19,970.

Tabela 2 - Segmentação da rodovia SC-401, trecho Canasvieiras – Entroncamento SC-404

SIGLA	TRECHO	Km Início	Km Fim
SC-401	Canasvieiras - Entroncamento SC-403 (p/ Ingleses)	0,000	1,000
SC-401	Canasvieiras - Entroncamento SC-403 (p/ Ingleses)	1,001	2,000
SC-401	Entroncamento SC-403 (p/ Ingleses) - Entroncamento SC-402 (p/ Jurerê)	2,001	3,000
SC-401	Entroncamento SC-403 (p/ Ingleses) - Entroncamento SC-402 (p/ Jurerê)	3,001	4,000
SC-401	Entroncamento SC-403 (p/ Ingleses) - Entroncamento SC-402 (p/ Jurerê)	4,001	5,000
SC-401	Entroncamento SC-403 (p/ Ingleses) - Entroncamento SC-402 (p/ Jurerê)	5,001	6,000
SC-401	Entroncamento SC-403 (p/ Ingleses) - Entroncamento SC-402 (p/ Jurerê)	6,001	7,000
SC-401	Entroncamento SC-402 (Jurerê) - Acesso Sambaqui	7,001	8,000
SC-401	Entroncamento SC-402 (Jurerê) - Acesso Sambaqui	8,001	9,000
SC-401	Entroncamento SC-402 (Jurerê) - Acesso Sambaqui	9,001	10,000
SC-401	Entroncamento SC-402 (Jurerê) - Acesso Sambaqui	10,001	11,000
SC-401	Acesso p/ Sambaqui - Entroncamento SC-404 (Itacorubi)	11,001	12,000
SC-401	Acesso p/ Sambaqui - Entroncamento SC-404 (Itacorubi)	12,001	13,000
SC-401	Acesso p/ Sambaqui - Entroncamento SC-404 (Itacorubi)	13,001	14,000
SC-401	Acesso p/ Sambaqui - Entroncamento SC-404 (Itacorubi)	14,001	15,000
SC-401	Acesso p/ Sambaqui - Entroncamento SC-404 (Itacorubi)	15,001	16,000
SC-401	Acesso p/ Sambaqui - Entroncamento SC-404 (Itacorubi)	16,001	17,000
SC-401	Acesso p/ Sambaqui - Entroncamento SC-404 (Itacorubi)	17,001	18,000
SC-401	Acesso p/ Sambaqui - Entroncamento SC-404 (Itacorubi)	18,001	19,000
SC-401	Acesso p/ Sambaqui - Entroncamento SC-404 (Itacorubi)	19,001	19,970

5 Resultados

As análises espaciais foram realizadas através de mapas temáticos gerados no SIG, exportados e visualizados sobre imagens de satélite disponibilizadas através do software *GoogleEarth*.

O intervalo entre as classes foi definido através do método “*natural breaks*”, disponível na ferramenta ArcMap. O software identifica os pontos de separação das classes escolhendo os pontos que agrupem valores similares e que maximizem as diferenças entre as classes. As características são divididas dentro de classes cujos limites são definidos onde há uma mudança relativamente grande no valor dos dados.

Os mapas temáticos do estudo se referem à (i) quantidade total de acidentes por segmento rodoviário, (ii) a quantidade por tipo de acidente por segmento rodoviário e (iii) a quantidade de acidentes com morte por segmento rodoviário.

Neste trabalho é apresentado um exemplo de análise feita para o tipo de acidente “saída de pista”, com uma análise mais detalhada do segmento entre os quilômetros 71 e 72 da rodovia SCT-480, localizada na região oeste do Estado.

5.1.1 Exemplo de Análise Realizada - Quantidade Total de Saídas de Pista por Segmento

Conforme mostrado na Figura 1, os acidentes de trânsito tipo “saída de pista” distribuíram-se ao longo da malha rodoviária do Estado em quantidades consideráveis. As saídas de pista ocorreram principalmente

em áreas rurais, em segmentos onde nem sempre há um alto volume de tráfego, com exceção das rodovias situadas na Ilha de Santa Catarina.

Observando-se as imagens de satélite, conforme mostrado em *França (2008)*, nota-se que as ocorrências acontecem em curvas acentuadas localizadas após tangentes onde o motorista trafega, geralmente, em velocidade acima da adequada para o local. Em muitas situações estas curvas se encontram em rampas com inclinação acentuada.

Muitos segmentos em que há maior ocorrência de “saída de pista” se localizam no interior do Estado e possuem uma característica em comum: o traçado sinuoso da rodovia. Existe em todos eles, pelo menos, uma curva acentuada, o que explica a grande quantidade de saídas de pista quando o motorista trafega em velocidade incompatível para o local.

Quinze segmentos rodoviários, assinalados na Figura 1 em cor vermelha e relacionados na Tabela 3, possuem registros de mais de 20 saídas de pista nos quatro anos analisados. A Ilha de Santa Catarina concentra a maior quantidade de segmentos, em número de 9, que são destacados na cor vermelha no mapa.

As rodovias do oeste do Estado, em sua maioria, foram implantadas praticamente sobre o traçado pioneiro. Nesses trechos é comum a existência de tangentes extensas seguidas de curvas com pequeno raio, o que obriga o motorista a reduzir consideravelmente a velocidade. Muitas vezes, aquele mais desatento não consegue a redução a tempo de evitar a saída da pista.

Tabela 3 - Relação dos segmentos rodoviários onde foram registradas mais de 20 saídas de pista

Rodovia	Trecho	Km Início	Km Fim	VMDA	Total de Saídas de Pista
SC-280A	Entroncamento SC-301 (p/ Fragosos) - Entroncamento BR-280 (São Bento do Sul)	3,00	4,00	7.210	30
SC-301	Entroncamento BR-101 (Pirabeiraba) - Campo Alegre - São Bento do Sul	91,00	92,00	3.378	28
SC-401	Entroncamento SC-403 (p/ Ingleses) - Entroncamento SC-402 (p/ Jurerê)	2,00	3,00	24.728	24
SC-401	Entroncamento SC-403 (p/ Ingleses) - Entroncamento SC-402 (p/ Jurerê)	6,00	7,00	24.728	23
SC-401	Acesso p/ Sambaqui - Entroncamento SC-404 (Itacorubi)	16,00	17,00	33.143	25
SC-401	Acesso p/ Sambaqui - Entroncamento SC-404 (Itacorubi)	17,00	18,00	33.143	29
SC-401	Acesso p/ Sambaqui - Entroncamento SC-404 (Itacorubi)	18,00	19,00	33.143	51
SC-401	Acesso p/ Sambaqui - Entroncamento SC-404 (Itacorubi)	19,00	19,97	33.143	63
SC-404	Entroncamento SC-401 (Itacorubi) - Lagoa da Conceição	0,00	1,00	16.700	24
SC-404	Entroncamento SC-401 (Itacorubi) - Lagoa da Conceição	5,00	6,00	21.329	27
SC-406	Entroncamento SC-403 (Ingleses) - Barra da Lagoa	10,00	11,00	4.826	26
SC-438	Rio Lava Tudo - São Joaquim	44,00	45,00	1.408	28
SC-438	Distrito de Guatá - Lauro Müller	150,00	151,00	1.428	27
SC-468	São Lourenço do Oeste - Formosa do Sul - Coronel Freitas	66,00	67,00	1.999	39
SC-480	Entroncamento SC-451 (Ipuaçu) - Entroncamento BR-282 (Xanxerê)	71,00	72,00	1.317	33

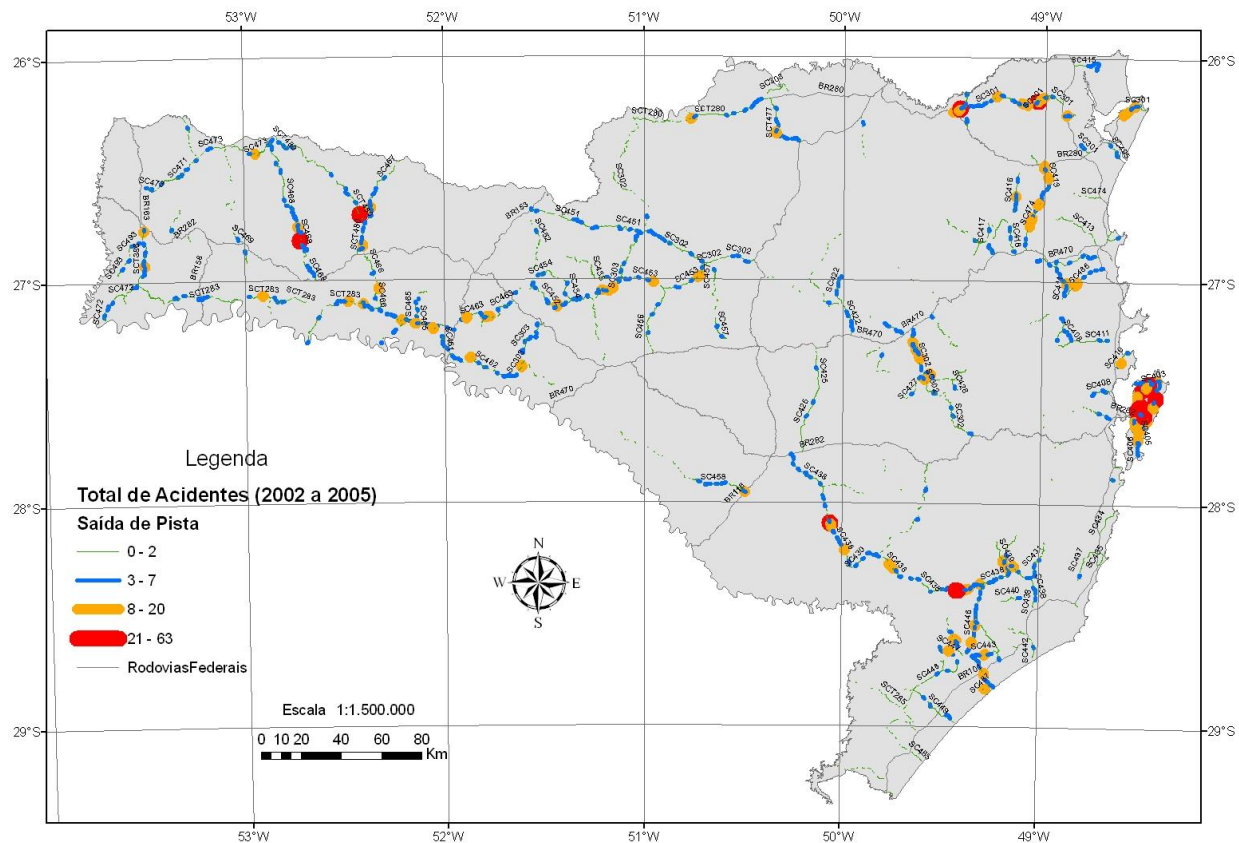


Figura 1 - Saídas de pista registradas por segmento em rodovias estaduais

Apresenta-se a seguir, na Figura 2 (pagina 7) os acidentes tipo “saída de pista” na Ilha de Santa Catarina.

Após a elaboração das tabelas (ver Tabela 3) e dos mapas (ver Figuras 1 e 2) realizou-se uma análise detalhada de cada trecho de maior número de acidentes, através da associação do SIG com imagens obtidas no software *GoogleEarth*. Para exemplificar este procedimento mostra-se na Figura 3 um trecho da rodovia SC-480, localizada no oeste do Estado, entre os quilômetros 71 e 72, destacando a curva onde ocorreu uma alta concentração de saídas de pista.

Um tratamento semelhante a este foi dado para outros locais nos quais foram registrados altas quantidades deste e de outros tipos de acidentes, como colisões, abaloamentos, atropelamentos etc, que foram analisados em *França (2008)*, mas que não sendo objeto de estudo neste artigo.

A rodovia SC-480 no trecho entre a cidade de São Domingos até o entroncamento com a SC-467, na cidade de Bom Jesus, se desenvolve numa região ondulada e sobre uma diretriz que possui muitas curvas de pequeno raio.

No segmento entre os quilômetros 71 e 72, mostrado na Figura 3, em 39 acidentes registrados no período estudado, 85% (33 acidentes) foram do tipo “saída de pista”. Estes acidentes se concentraram no segmento em curva, numa extensão aproximada de 150 metros. Essa curva fica entre duas tangentes com considerável extensão que possibilitam o desenvolvimento de velocidades excessivas.

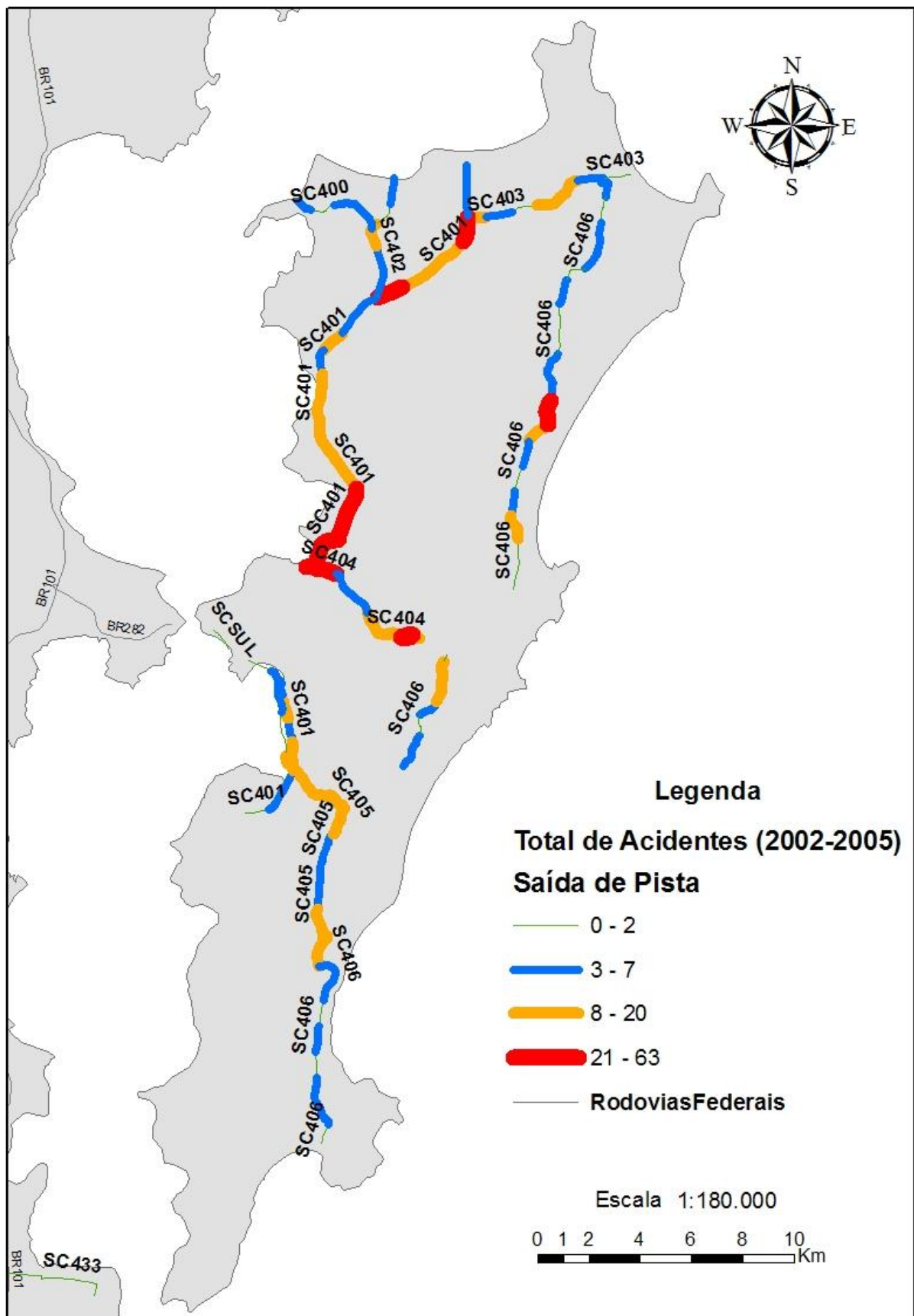


Figura 2 - Saídas de pista por segmento em rodovias estaduais na Ilha de Santa Catarina

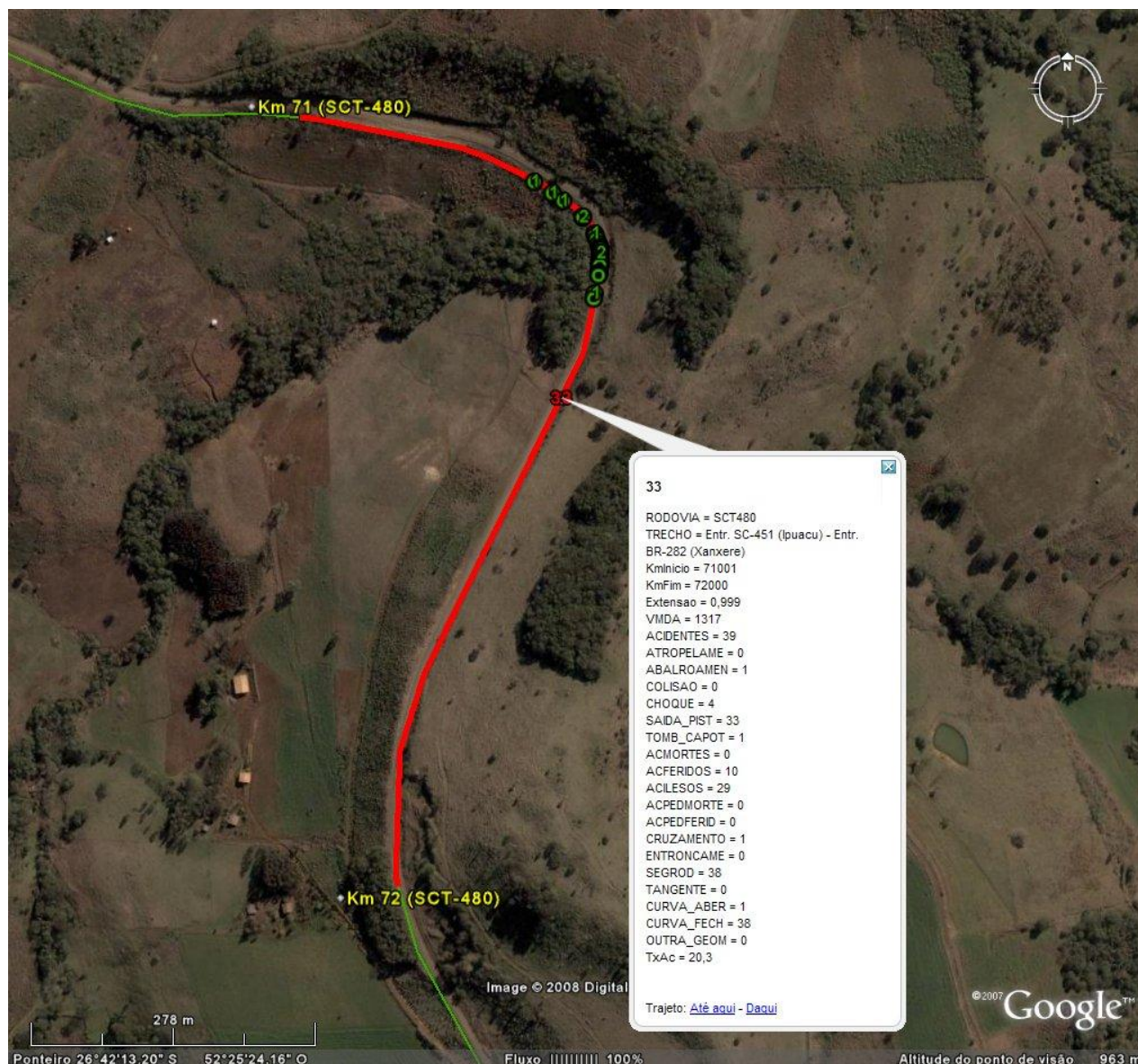


Figura 3 – Saídas de pista entre o km 71 e km 72 da rodovia SCT-480, trecho Ipuacu – Entroncamento BR-282 (Xanxerê)

Fonte: Adaptado do GoogleEarth

6 Considerações Finais

O SIG permite obter uma infinidade de análises e resultados, pois está associado a um banco de dados com grande número de variáveis. Neste trabalho optou-se em analisar as quantidades de acidentes por segmentos de um quilômetro de rodovia, desagregados pelos principais tipos de acidentes e aqueles em que ocorreu o maior número de mortes.

Através da aplicação do SIG os acidentes de trânsito foram localizados na área estudada levando em consideração a quantidade total de acidentes e a quantidade por tipo de acidente em um determinado período, considerando outras variáveis presentes no banco de dados, como por exemplo, os segmentos onde ocorreram acidentes com morte.

Aos mapas temáticos resultantes da aplicação do SIG associou-se uma imagem de satélite, obtida do software *GoogleEarth*, que permitiu uma visão abrangente do entorno do local e realizou-se uma análise crítica do mesmo, como pode ser visto com detalhes em *França (2008)*. Tudo isso forneceu suporte para a análise espacial dos eventos.

Através desse método de abordagem visualiza-se a distribuição e a concentração de acidentes que permitem identificar locais críticos. Agregando-se as características da via e do seu entorno pode-se definir, dentro de uma mesma rodovia, segmentos homogêneos de acidentes de trânsito e suas prováveis causas. Além disso, é possível comparações com trechos rodoviários de outras regiões.

A união do mapa digital das rodovias estaduais com o banco de dados de acidentes e as imagens de satélite fornecem uma melhor visualização dos trechos críticos ampliando a possibilidade na análise de acidentes de trânsito. Esta visão espacial permite ao planejador tomar as decisões mais adequadas em termos de prioridade de busca de soluções e onde elas devem ser aplicadas.

Este trabalho demonstrou que é possível montar um banco de dados geográficos que armazena e recupera informações espaciais e possibilita a integração com as imagens de satélite facilitando a compreensão do problema estudado e tornando-se assim um instrumento importante no diagnóstico da segurança viária em rodovias do Estado de Santa Catarina, bem como para outros Estados ou regiões que realizem estudos semelhantes, devidamente adaptados as suas realidades.

7 Referências

Câmara, G.: *Desenvolvimento de sistemas de informação geográfica no Brasil: desafios e oportunidades.*

In: Semana de Geoprocessamento. 1996, Rio de Janeiro. Disponível em:

<<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/present/segeo.html>>. Acesso em 05 de abr 2004.

DEINFRA: *Sistema Rodoviário Estadual.* Florianópolis, 2002/2005.

DENATRAN: *Dados estatísticos de acidentes de trânsito.* Ministério da Justiça – Sistema Nacional de estatística de Trânsito - SINET. Brasília, DF, 1995.

_____: *Política nacional de trânsito.* Brasília, 2004. 36 p.

Diesel, L.E.: *SIG na prevenção a acidentes de trânsito.* 2005. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

França, A.M.: *Diagnóstico dos acidentes de trânsito nas rodovias estaduais de Santa Catarina usando um sistema de informação geográfica.* 2008. 192 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

Gold, P.A.: *Segurança de trânsito: aplicações de engenharia para reduzir acidentes.* Washington, D. C.: BID, 1998.

PMRv: *Malha viária patrulhada [mensagem pessoal].* Mensagem recebida por <adao@deinfra.sc.gov.br> em 16 mar 2006.