

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**  
**Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo**

**INFLUÊNCIA E REPRESENTAÇÃO ESPACIAL DE  
ALGUNS PARÂMETROS AMBIENTAIS  
RELACIONADOS AO PERIGO DE CONTAMINAÇÃO  
DE CURSOS D'ÁGUA**

**VIVIAN SANCHES KRAUSE**

**CAMPINAS**  
**2007**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**  
**Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo**

**INFLUÊNCIA E REPRESENTAÇÃO ESPACIAL DE ALGUNS  
PARÂMETROS AMBIENTAIS RELACIONADOS AO PERIGO  
DE CONTAMINAÇÃO DE CURSOS D'ÁGUA**

**Eng<sup>a</sup> Vivian Sanches Krause**

**Orientador:** Prof. Dr. Antonio Carlos Zuffo

Dissertação de Mestrado apresentada à Comissão de pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração de Recursos Hídricos.

**CAMPINAS – SP**  
**Agosto / 2007**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

K868i Krause, Vivian Sanches  
Influência e representação espacial de alguns  
parâmetros ambientais relacionados / Vivian Sanches  
Krause.--Campinas, SP: [s.n.], 2007.

Orientador: Antonio Carlos Zuffo.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de  
Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e  
Urbanismo.

1. Recursos hídricos. 2. Bacia hidrográfica. 3.  
Sistema de informação geográfica. 4. Transporte de  
cargas. 5. Análise de riscos. I. Zuffo, Antonio Carlos.  
II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de  
Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

Título em Inglês: Influence and spatial representation about some environmental  
boundaries related to water course contamination.

Palavras-chave em Inglês: Water resources, Watershed, Risk mapping,  
Geographic information system, Hazardous material  
transportation.

Área de concentração: Recursos Hídricos.

Titulação: Mestre em Engenharia Civil

Banca examinadora: Rozely Ferreira dos Santos, José Henrique Conti.

Data da defesa: 31/8/2007.

Programa de Pós-Graduação: Engenharia Civil.

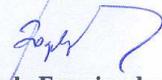
**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E  
URBANISMO**

**INFLUÊNCIA E REPRESENTAÇÃO ESPACIAL DE ALGUNS PARÂMETROS  
AMBIENTAIS RELACIONADOS AO PERIGO DE CONTAMINAÇÃO DE  
CURSOS D'ÁGUA**

**Vivian Sanches Krause**

**Dissertação de Mestrado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:**

  
**Prof. Dr. Antonio Carlos Zuffo**  
**Presidente e Orientador(a)/ UNICAMP/ FEC**

  
**Prof. Dr. Rozely Ferreira dos Santos**  
**UNICAMP/ FEC**

  
**Prof. Dr. José Henrique Conti**  
**Câmara dos Vereadores de Valinhos**

Campinas, 31 de agosto de 2007

Dedico este trabalho ao meu pai, Wolfgang Krause e à memória de minha mãe, Tereza Sanches, meus exemplos de vida, perseverança, amor e honestidade.

## AGRADECIMENTOS

À DEUS que até hoje me deu fé e forças para prosseguir e alcançar meus sonhos e meus objetivos, por mais distantes e difíceis que estes pareciam ser.

Ao professor Antonio Carlos Zuffo pela orientação e paciência durante o desenvolvimento deste trabalho.

À professora Rozely Ferreira dos Santos pela atenção e consideração a mim dispensadas.

Ao LAPLA (Laboratório de Planejamento Ambiental) do Departamento de Recursos Hídricos da FEC pelo apoio.

Aos funcionários da secretária da Pós-graduação, em especial a Paula, pelos conselhos, informações e pela grande ajuda.

Ao pesquisador do IAC, Samuel Adami pela colaboração indispensável a este trabalho, amizade, solicitude e otimismo.

À CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental) por repassar dados utilizados nesta pesquisa. Em especial ao gerente da Divisão de Gerenciamento de Riscos – EIP, Edson Haddad por todo o apoio e atenção.

Aos professores e colegas do Departamento de Recursos Hídricos da FEC – UNICAMP pelo aprendizado e amizade.

Aos amigos que me apoiaram nas horas difíceis e me deram força para continuar.

À todos aqueles que de alguma forma ajudaram neste trabalho.

# SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE ABREVIATURAS.....	x
RESUMO.....	xi
ABSTRACT.....	xii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS.....	3
3 GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS.....	4
3.1 Manejo de Microbacias Hidrográficas.....	7
4 RISCO DE ACIDENTES COM CARGAS PERIGOSAS.....	9
4.1 Panorama Geral do Transporte Rodoviário.....	9
4.1.1 Produtos Perigosos.....	16
4.1.2 Legislação.....	21
4.2 Panorama Geral de Risco.....	22
4.3 Ações e Recomendações de Prevenção e Remediação de Acidentes.....	26
5 SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS.....	30
6 MATERIAL E MÉTODOS.....	35
6.1 Estudo de Caso.....	35
6.1.1 Mapeamento da Bacia do Rio Cotia.....	38
7 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	49
8 CONCLUSÃO.....	60
ANEXO A: Estatística de acidentes com produtos perigosos.....	61
ANEXO B: Cadastro de acidentes com produtos perigosos na rodovia Raposo Tavares.....	63
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65

## LISTA DE FIGURAS

	Páginas
Figura 4.1. Transporte de carga em 2004, Boletim Estatístico CNT.....	10
Figura 4.2. Estatística de acidentes ocorridos no Estado de São Paulo.....	11
Figura 4.3. Percentual de acidentes entre tipos de vias.....	13
Figura 4.4. Percentual de acidentes de acordo com as regiões.....	15
Figura 4.5. Percentual de acidentes de acordo com as classes de risco.....	18
Figura 6.1. Mapa da bacia hidrográfica do rio Cotia.....	36
Figura 6.2. Foto da pista sem acostamento na rodovia Raposo Tavares.....	39
Figura 6.3. Foto da pista sem faixa de acesso.....	40
Figura 6.4. Foto da sinalização de curva perigosa e comércio instalado próximo à via.....	41
Figura 6.5. Recorte do mapa de acidentes, pontos críticos a cada 2 km.....	42
Figura 6.6. Mapa base da bacia do rio Cotia.....	44
Figura 6.7. Mapa de declividade da bacia.....	45
Figura 6.8. Fluxograma de obtenção dos mapas.....	47
Figura 6.9. Fluxograma do mapa da figura 7.7.....	48
Figura 7.1. Mapa de classes de distância da malha viária utilizado na matriz 1.....	50
Figura 7.2. Classes de distância considerando a malha viária completa, na matriz 1.....	51
Figura 7.3. Mapa de áreas permeáveis e impermeabilizadas em virtude da ocupação humana.....	52
Figura 7.4. Mapa A - Risco de contaminação por produtos perigosos em vias primárias.....	54
Figura 7.5. Mapa B - Risco de contaminação por produtos perigosos em todas as vias.....	55
Figura 7.6. Mapa de vulnerabilidade dos recursos hídricos à contaminação.....	58
Figura 7.7. Pontos de interseção dos recursos hídricos com a malha viária primária .....	59

## LISTA DE TABELAS

	Páginas
Tabela 3.1: Disponibilidade hídrica em alguns países do mundo.....	5
Tabela 4.1: Número de veículos envolvidos em acidentes, por classe de veículo.....	10
Tabela 4.2: Relação das vias e o número de acidentes ocorridos.....	13
Tabela 4.3: Incidência anual de ocorrências por região.....	14
Tabela 4.4: Incidência de ocorrências por região e classes de risco dos produtos.....	17
Tabela 4.5: Definições relativas à análise de risco do estudo da AISCHE (1995).....	24
Tabela 4.6: Fatores de vulnerabilidade em rodovias.....	27
Tabela 6.1: Matriz 1, cruzamento das classes de declividade e distância da rodovia.....	43
Tabela 6.2. Matriz 2, cruzamento das classes resultantes da matriz 1 e da permeabilidade do solo.....	46

## LISTA DE ABREVIATURAS

AICHE – American Institute of Chemical Engineers

CADAC – Cadastro de Acidentes da CETESB

CADEQ - Cadastro de Emergências Químicas

CBH - Comitês de Bacia Hidrográfica

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

CERH - Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal

CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos

CNT – Confederação Nacional do Transporte

DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem

EPA – Environmental Protection Agency

ETA - Estação de Tratamento de Água

EUA – Estados Unidos da América

GEIPOT – Grupo Executivo de Integração da Política de Transportes

IBP - Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás

NAS - National Academy of Sciences

OIT – Organização Internacional do Trabalho

PERH - Plano Estadual de Recursos Hídricos

PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento

RFMG - Reserva Florestal do Morro Grande

RMSP – Região Metropolitana de São Paulo

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SNGRH - Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

TKU – Tonelada por Quilômetro Útil

WHO - World Health Organization

## RESUMO

Krause, Vivian Sanches. Influência e representação espacial de alguns parâmetros ambientais relacionados ao perigo de contaminação de cursos d'água. Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2007. 73 pág. Dissertação (Mestrado).

O risco de acidentes rodoviários com produtos perigosos tem estimulado estudos que possam prever os locais mais críticos a essas ocorrências e seus efeitos em relação à contaminação do solo, da água e suas conseqüências à saúde humana. O mapeamento de risco é uma das formas de obter essas informações, tendo a vantagem de proporcionar uma leitura clara da informação. O presente trabalho tem como objetivo elaborar mapa que represente a potencialidade de risco de contaminação dos recursos hídricos, que poderá ser utilizado como ferramenta para os gestores de bacias nos planos de prevenção de acidentes e sistemas de alerta. Foi escolhida como área de estudo a bacia hidrográfica do rio Cotia em virtude da sua importância para o abastecimento de água da zona oeste da Grande São Paulo, além de ser uma área com grande desenvolvimento industrial no eixo da rodovia Raposo Tavares, que corta a bacia. O mapa foi obtido por meio da utilização da metodologia de Sistemas de Informações Geográficas (IDRISI 3.2), o qual foi produzido com uma visão genérica da problemática, dando maior importância às vias de maior tráfego em relação aos recursos hídricos, a declividade da área e a permeabilidade de solo. O mapa elaborado demonstrou ser capaz de representar a potencialidade ao risco de contaminação de determinada área, podendo ser usado como ferramenta no auxílio da prevenção e remediação de acidentes. Esta metodologia pode ser adaptada para outras bacias, subsidiando os gestores a alocar equipes e recursos para o atendimento emergencial, agilizando o processo de resgate e contenção de produto e também pode ser utilizado no planejamento de outras bacias.

Palavras-chave: recursos hídricos, bacia hidrográfica, mapeamento de risco, sistema de informação geográfica, transporte de produtos perigosos.

## **ABSTRACT**

Krause, Vivian Sanches. Influence and spatial representation about some environmental boundaries related to water course contamination. Campinas, College of Civil Engineering, Architecture and Urbanism, State University of Campinas, 2007. 73 p. Master Thesis.

The highway accidents risk with hazardous materials have been stimulating studies to forecast what are the critical locations that these accidents can occur and how they affect the soil and water contamination, as well as their consequences to human health. One way of getting a clear picture of this information is the risk mapping. This study aims to elaborate a risk map of potential water resources contamination, and can be used by watershed managers in the accident prevention and alert system. Due to its water supply importance to the west of the Metropolitan Region of São Paulo and because of its significant industrial development around the Raposo Tavares highway, the Rio Cotia watershed was chosen for this study. The methodology is based on the Geographic Information System (IDRISI 3.2), and the map was elaborated with a generic view of the problem, focusing on roads with heavy traffic near water resources, local slope and soil permeability. The map elaborated represents the contamination risk potential of the studied area, and can be used as a support tool in accident prevention and remediation. This methodology can be adapted to other basins, allowing managers to relocate teams and resources in case of emergency and accelerating the product rescue and restrain. It can also be used for other water basins planning.

Key words: water resources, watershed, risk mapping, geographic information system, hazardous materials transportation.

# 1 INTRODUÇÃO

Vivencia-se em todo planeta uma crise ambiental ligada, intimamente, ao modelo de desenvolvimento sócio-econômico, em que há exploração insustentável dos recursos naturais. Um dos mais importantes recursos é a água, que é necessária à manutenção da vida no planeta, bem como a realização de atividade humana e serviços que satisfazem as nossas necessidades.

O uso inadequado e a poluição dos recursos hídricos estão levando a redução da disponibilidade hídrica, que está sendo cada vez mais perceptível com a crescente demanda de água pela população, atividades industriais e agrícolas. A proteção de nossos recursos torna-se de vital importância. A qualidade da água é afetada pela contaminação por resíduos, sejam eles agrícolas, esgotos, resíduos industriais, lixo ou sedimentos vindos de erosão e principalmente aqueles oriundos de acidentes de cargas transportadas.

Nas estradas brasileiras correm diversos produtos (tóxicos ou não) e na maioria das vezes sem qualquer controle ou fiscalização. Entre os possíveis produtos tóxicos transportados em nossas rodovias e ferrovias estão: gasolina, ácidos, solventes, fertilizantes, corantes, etc.

Não obstante, a conservação e segurança de nossas redes viárias e ferroviárias não apresentam condições ideais de transporte. Segundo CNT (2003), a malha rodoviária brasileira apresenta sérios problemas de infra-estrutura, sendo que 82,8% dos 56.798 km avaliados possuem algum tipo de imperfeição, seja na pavimentação, geometria da via ou sinalização. Tem-se que, deste total 41% são deficientes, 25% são ruins e 16,8% são péssimas. Nesta mesma pesquisa identificou-se que 27.885 km possuem o pavimento em estado deficiente, ruim ou péssimo; 36.977 km de extensão não tem sinalização adequada; e ainda que, em 8.077 km existe a presença de buracos, ondulações ou afundamentos na pista. Assim, pode-se considerar que o risco de acidentes com cargas perigosas é grande, e o destino desses produtos, líquidos ou não, é o sistema de drenagem natural, ou seja, os cursos d'água.

Considera-se como acidente ambiental um evento que não pode ser antecipado e tem a possibilidade de causar danos ao meio ambiente ou a saúde humana. Isso é consequência de

derramamento ou lançamento, proposital ou acidental, de produtos gasosos, líquidos ou sólidos sobre o solo, corpos hídricos ou atmosfera, causando impacto no ambiente.

A poluição e a contaminação são caracterizadas quando a água passa a ter seu uso afetado por esses resíduos. A contaminação da água traz prejuízo à saúde humana e aos animais que a ingerem, assim, a água passa a desempenhar papel de veículo transmissor do agente contaminante, causando doenças de veiculação hídrica como a hepatite (ZUFFO, 2006).

A partir de dados da CETESB (1995) no período de 1985 a 1994, foram registradas 71 ocorrências que provocaram danos decorrentes de acidentes rodoviários com produtos perigosos, sendo que 51 desses acidentes causaram contaminação dos recursos hídricos (TEIXEIRA, 1998).

Em virtude do risco iminente de acidentes e conseqüentemente da contaminação de solo e água, vem sendo realizados estudos que possam prever o efeito destes. Um dos métodos usados é o mapeamento, ou seja, a confecção de mapa de risco para determinada área, avaliando os pontos vulneráveis e as possíveis conseqüências do derramamento. Muitas são as tecnologias que podem fornecer este tipo de abordagem, neste trabalho será utilizado o SIG IDRISI 3.2.

O sistema de informação geográfica é um tipo de programa de computador para gerenciar dados espaciais. Foi planejado para trazer ao mesmo tempo dados espaciais de diferentes fontes dentro de uma base unificada, empregando uma variedade de dados digitais e representando a variação do fenômeno como uma série de camadas de dados que se sobrepõem corretamente em todos os locais (BONHAM-CARTER, 1996).

Este trabalho envolveu a produção de mapa de risco que tem a intenção apresentar uma possível representação da realidade nos casos de acidentes com derramamento de produtos perigosos nos recursos hídricos, que escolheu como área de estudo a Bacia do Rio Cotia, São Paulo. Tendo como propósito a colaboração com os agentes de bacias hidrográficas na prevenção de acidentes e no reforço dos cuidados e da fiscalização nos pontos encontrados de maior vulnerabilidade e no desenvolvimento de unidades de atendimento emergencial. Desta maneira, deseja-se colaborar na tomada de decisão em alguns dos aspectos do gerenciamento dos recursos hídricos na gestão das bacias hidrográficas.

## **2 OBJETIVOS**

O presente trabalho tem como objetivo realizar ensaios para a espacialização da suscetibilidade ao risco de contaminação dos cursos d'água por produtos perigosos derivados de acidentes rodoviários em relação à alguns critérios ambientais, como: declividade, hidrografia e permeabilidade do solo. A ferramenta utilizada é o mapeamento por meio do sistema de informação geográfica. Assim, possibilitando a utilização do referido instrumento como ferramenta no auxílio à tomada de decisão em relação à bacia estudada.

### **3 Gerenciamento de Recursos Hídricos**

O gerenciamento de recursos hídricos teve sua primeira expressão no Brasil em 1904 com a criação da Comissão de Açudes e Irrigação, de Estudos e Obras contra os Efeitos das Secas e Comissão de Perfuração de Poços. Em 1906, criou-se a Superintendência dos Estudos e Obras contra os Efeitos das Secas que reuniu as comissões anteriores (SETTI, 2000; ZUFFO, 2006).

Em 10 de julho de 1934, foi decretado o Código das Águas, marco legal do gerenciamento dos recursos hídricos, o qual trata de usos para irrigação, abastecimento de água para o semi-árido e aproveitamentos hidro-energéticos. O código efetua a normatização e o controle do uso dos recursos hídricos (LANNA, 1995; ZUFFO, 2006).

Atualmente, o gerenciamento nacional dos recursos hídricos é regido pela Política Nacional dos Recursos Hídricos, Lei Federal nº 9.433/97. A gestão dos recursos hídricos é uma atitude política provocada pela escassez da água e pela necessidade de preservação para as gerações futuras (SETTI, 2000).

No decorrer da história, tem-se observado a implementação da gestão em regiões ou países onde a escassez ocorre por motivo de aridez climática ou por poluição severa que causa a redução de desenvolvimento sócio-econômico (SETTI, 2000).

A água é o recurso vital que mantém a população mundial. Infelizmente, este recurso não é distribuído igualmente pelo mundo, nem por lugar e nem por estação climática. Alguns lugares sofrem com a seca, fazendo da água um bem valioso e escasso. Já, em outras partes do mundo, as enchentes são problemas graves que resultam em perdas inestimáveis. Em algumas regiões do globo, a manutenção da vida é dependente da demanda e oferta de água, energia e alimentos (WALTZ, 2005).

O crescimento populacional, além das variáveis climáticas, é outro fator na relação de equilíbrio do mercado da água, o aumento da população exige maior demanda pelo recurso, seja

essa pelo consumo, irrigação, geração de eletricidade, etc. A relação de oferta e demanda depende da disponibilidade de água, tanto da quantidade como da qualidade, que pode interferir na destinação de seu uso. Com o maior desenvolvimento de uma região, maior será a diversidade de uso da água, porém quando a oferta de água torna-se menor que a demanda verifica-se a ocorrência de conflitos de uso e interesse, restrição do desenvolvimento econômico, competições, crises de escassez e impedimento à preservação ambiental (SETTI, 2000; WALTZ, 2005). Na tabela 3.1 podem ser observados os dados de disponibilidade hídrica de alguns países.

Tabela 3.1: Disponibilidade hídrica em alguns países do mundo.

País	Área (10 <sup>3</sup> km <sup>2</sup> )	População (10 <sup>3</sup> hab)	Volume disponível médio (km <sup>3</sup> /ano)	Disponibilidade hídrica	
				Por área (m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> .ano)	Per capita (m <sup>3</sup> /hab.ano)
Austrália	7.680	17.900	352	45.833,3	19.664,80
Argélia	2.380	27.300	13,9	5.840,3	509,16
<b>Brasil</b>	<b>8.512</b>	<b>157.070</b>	<b>5.745</b>	<b>674.918,9</b>	<b>36.575,46</b>
Canadá	9.980	29.100	3.290	54.444,4	1.470,00
China	9.600	12.090.000	354	465.789,5	25.285,71
Estados Unidos	9.360	261.000	2.810	300.213,7	10.766,28
França	550	57.800	168	305.454,5	2.906,57
Índia	3.270	919.000	1.456	445.259,9	1.584,33
Jordânia	100	5.200	0,96	9.600,0	184,62
Líbano	10	3.060	2,8	280.000,0	915,03
Mauritânia	1.030	2.220	0,4	388,3	180,18
Paquistão	810	137.000	85	104.938,3	620,44
Peru	1.280	23.300	1.100	859.375,0	47.210,30
Suriname	160	420	230	1.437.500,0	547.619,05
Tunísia	160	8.730	3,52	22.000,0	403,21

Fonte: modificado de SETTI (2000).

Segundo Freitas (2000), a necessidade do suprimento hídrico da população dobra em um período de 20 anos. Nos locais onde existe abundância do recurso hídrico e o próprio meio é capaz de assimilar os resíduos humanos, ocorre o fenômeno chamado de *economia de mercado*, pois não existe a preocupação no tratamento e disposição dos resíduos. Já em regiões onde o recurso é limitado e se faz necessário o tratamento dos resíduos e o reaproveitamento da água, é nomeado de *economia de espaçomave*, pois é parte do processo a reciclagem e o reuso dos bens utilizados, tornando-se base do desenvolvimento sustentável.

Enquanto o recurso hídrico mantiver-se em um estado de disponibilidade, não haverá a necessidade de regulamentar seus usos e os usuários. A partir do momento em que se mostrar conflitante o uso da água, tornar-se-á indispensável à organização deste sistema, assim chamado *gerenciamento dos recursos hídricos*, que consiste na aplicação de medidas estruturais e não estruturais para controlar os sistemas hídricos, naturais ou artificiais, em benefício humano e atendendo objetivos ambientais (CAMPOS e STUDART, 2001 de GRIGG, 1996).

A Política Nacional dos Recursos Hídricos foi instituída pela Lei Federal nº 9.433/97, e é composta por fundamentos, objetivos, diretrizes de ação e instrumentos, além de criar o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

O Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH) é integrado pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados (CERH) e do Distrito Federal, Comitês de Bacia Hidrográfica (CBH), órgãos dos poderes públicos federal, estaduais e municipais cujas competências se relacionem com a gestão dos recursos hídricos e pelas Agências de Águas (SETTI, 2000; GRABHER, 2003).

Segundo Cavalcanti (2003), a gestão dos recursos hídricos ainda seja prematura e apesar do CBH ter a função de gerir a bacia, observa-se deficiências em sua estrutura, aplicabilidade, banco de dados; e a participação pública que faz parte dos comitês, é pouco conhecida entre a população, restringindo-se a uma pequena parcela que busca a melhoria do recurso hídrico, contrapondo-se ao Princípio da Participação Pública, que visa abranger a população como um todo. Além disso, o dinamismo da poluição, da escassez e da proteção dos recursos hídricos

continua em seu ciclo habitual independente da lentidão dos meios jurídicos que conduzem as decisões desses episódios.

Cavalcanti (2003) pondera que os itens mais importantes da Política Nacional de Recursos Hídricos são: a utilização da bacia hidrográfica como unidade de gestão e que a água passe a ser tratada como um bem econômico. Todavia, ressalta que as práticas realizadas de gerenciamento em bacia hidrográficas não estão bem equacionadas. O autor considera a bacia hidrográfica como um assunto de grande complexidade composto por relações internas, onde um subsistema influencia no outro de acordo com o fator analisado, e tal dinâmica leva a uma avaliação da sustentabilidade do sistema. O autor também aponta que à medida que a degradação ambiental sobre os recursos hídricos aumenta, é que se organiza a gestão integrada por bacias hidrográficas, tornando-se cada vez mais relevante sua existência, exercendo suas funções de descentralização e organização dos usuários, podendo assim favorecer o desenvolvimento social e econômico sustentável.

### **3.1 Manejo de Microbacias Hidrográficas**

De acordo com Lanna (1995), microbacia hidrográfica *“é área geograficamente delimitada pelos divisores de água, que alimentam pequenos tributários”*. Como se restringe a uma área bem menor que a bacia hidrográfica, acredita-se que para haver o desenvolvimento econômico sustentável da área, faz-se necessário a participação integrada de seus habitantes e proprietários em trabalhos comunitários.

A origem do manejo de microbacias é proveniente de dois momentos independentes: no último quarto do século XIX, nos Alpes europeus, visando sua reabilitação por meio da recuperação de terras e correção de cursos d'água caudalosos; e por volta de 1930 nos Estados Unidos com o manejo conservacionista para vegetação, solo e água. Ambas as situações ocorreram em áreas de baixa atividade antrópica. A partir dessas experiências, os países que estavam se desenvolvendo, após a segunda guerra, aplicaram tais conhecimentos em bacias

povoadas com a finalidade de organizar o crescimento nos centros populacionais, de proteger os cultivos e as obras hidráulicas. No entanto, os resultados obtidos não foram como o esperado, pois não se observou as peculiaridades entre as diferentes situações (LANNA, 1995).

No Brasil, os programas de microbacias surgiram na década de 80, primeiramente no estado do Paraná. Em seguida, o PROVÁRZEAS criou um subprograma para utilização racional da água em território nacional. Porém, apenas os estados de Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul tiveram pequena participação (LANNA, 1995).

O Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas, instituído pelo Decreto Federal nº94.076 de 1987, foi considerado a experiência oficial de manejo no Brasil. De acordo com o programa, a microbacia hidrográfica é uma área inserida dentro de uma determinada bacia hidrográfica na qual se propõe o seu planejamento e ocupação racional com a perspectiva de desenvolvimento sustentável de sua produção e produtividade agro-silvo-pastoris, promovendo a elevação dos níveis de renda e a melhoria das condições de vida da população que nela vive e com ela se relaciona, de origem quase sempre rural. No entanto, o programa não evoluiu como o previsto principalmente por não ter havido apoio financeiro suficiente para alavancar o programa (LANNA, 1995).

Segundo Attanasio (2004), alguns estados brasileiros com o apoio do Banco Mundial, seguiram com seus programas de manejo. Entre eles, destacam-se os estados da região sul que vem sendo acompanhados pelo Banco Mundial desde o final da década de 80 pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD). No estado do Paraná foram feitos projetos em 2.433 microbacias, em Santa Catarina em 520 microbacias e no Rio Grande do Sul em 240 microbacias. Em análise realizada, percebe-se que nem sempre é possível concretizar todas as metas propostas, porém, há resultados visíveis no comportamento de produtores rurais e técnicos envolvidos no programa.

## **4 RISCO DE ACIDENTES COM CARGAS PERIGOSAS**

### **4.1 Panorama Geral do Transporte Rodoviário**

A história do desenvolvimento automobilismo no Brasil teve início pelo Estado de São Paulo nos anos de 1920. Os registros compreendidos entre 1920 e 1939, mostram que o número de carros de passeio saltou de 5.596 para 43.657 e o de caminhões foi de 222 para 25.858. Com a Segunda Guerra Mundial as importações de veículos automotores foram prejudicadas. O governo do Presidente Juscelino Kubitschek foi o que deu o impulso necessário à implantação definitiva da indústria automotiva. A chamada revolução automotiva da década de 1950 trouxe ao estado paulista a tecnologia de ponta da época, juntamente com empregos e o desenvolvimento industrial. Em consequência dessa política de industrialização do País, o sistema de escoamento da produção, feito até então pelos eixos ferroviários, entra em declínio e o governo passa a optar pelos circuitos rodoviários, de implantação inicial mais barata que a ferroviária (SÃO PAULO, 2006).

O setor de transporte tornou-se muito relevante para a economia nacional, já que afeta a utilização de matéria prima e bens processados, a relação de empregos e a arrecadação de impostos. Segundo Humayta (2001) a Organização Internacional do Trabalho (OIT, 1999) indica que o setor de transporte representa de 2 a 12% dos empregos em países industrializados e o modal rodoviário é o mais utilizado para o transporte de bens e passageiros. No âmbito do transporte de carga, este é realizado por caminhões que podem ser caminhão-baú, caminhão-tanque, caminhão com carroceria ou camionetas com peso bruto que varia de 3 a 80 toneladas e que conduzem todos os tipos de produtos, desde alimentos até produtos perigosos.

De acordo com o Boletim estatístico 2005 da CNT, o movimento de cargas em 2004 foi da ordem de 455,5 milhões de toneladas no modal rodoviário. Isto representa 46,8%, enquanto que o modal aquaviário ficou com 28,1% e o ferroviário com 25,1%, como se observa na figura 4.1. Quando se avalia o número pela matriz do transportes de cargas, observa-se que o transporte

rodoviário de cargas (TRC) passa para 485,6 milhões de toneladas por quilômetro útil (TKU) e assim representa 61,1% no setor, seguido pelo ferroviário com 20,7% e o aquaviário com 13,6%.

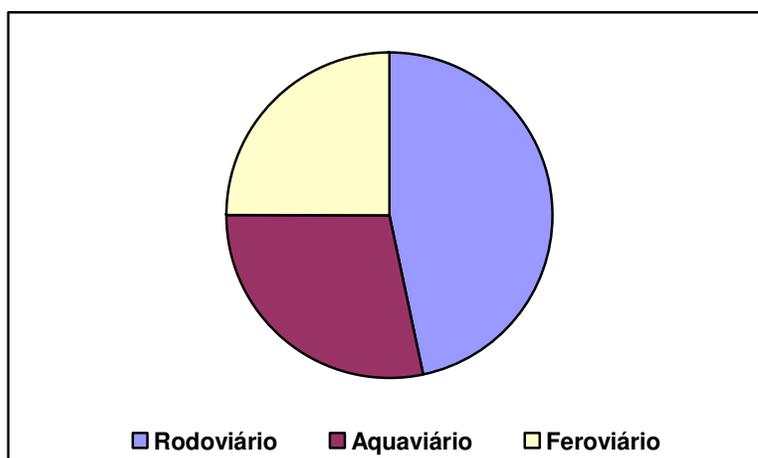


Figura 4.1. Transporte de carga no Brasil em 2004, Boletim Estatístico CNT.

De acordo com anuário estatístico dos transportes do GEIPOT - Grupo Executivo de Integração da Política de Transportes (2005) pode ser visto na tabela 4.1 o número de veículos envolvidos em acidentes rodoviários conforme classe do veículo, dando destaque aos números relativos ao transporte de carga.

Tabela 4.1: Número de veículos envolvidos em acidentes, por classe de veículo.

<b>CLASSE DE VEÍCULO</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>
Passeio	113.590	125.286	122.471	117.268	108011
Coletivo	8.586	8.425	8.050	7.788	8.506
<b>Cargas</b>	<b>57.246</b>	<b>60.795</b>	<b>56.139</b>	<b>51.560</b>	<b>50.342</b>
Outros	6.617	7.842	7.562	8.465	7.457
Total	186.039	202.348	194.222	185.081	174.316

FONTE: DNER publicado por GEIPOT.

NOTA: Os dados referem-se apenas aos acidentes ocorridos nas rodovias federais policiadas.

GEIPOT (2005) relata os mesmo dados da Tabela 4.1, e que nesse período os acidentes ocorridos, independente da classe de veículo, somaram no Estado de São Paulo 13.801, 14.069, 12.759, 12.441, 11.971 veículos nos respectivos anos, num total de 1.466km de rodovias federais policiadas.

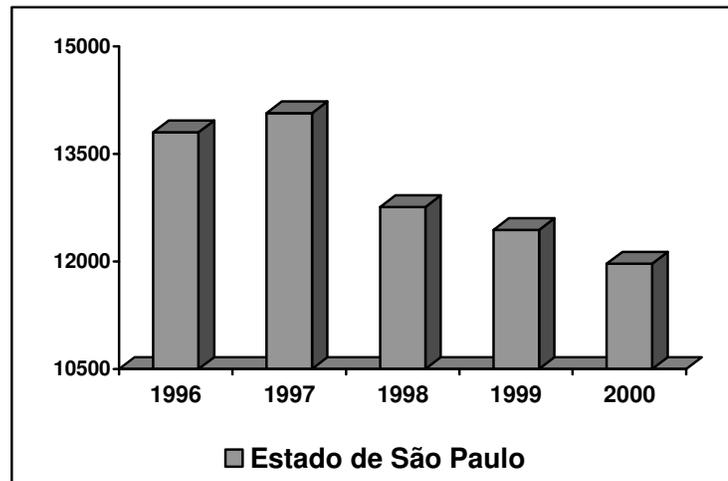


Figura 4.2. Estatística de acidentes ocorridos no Estado de São Paulo.

Observa-se na Figura 4.2, elaborada a partir dos números obtidos do GEIPOT (2005), que de forma geral, houve uma tendência de diminuição no número de acidentes, embora se verifique um aumento nos casos ocorridos em 1997.

Segundos dados de Teixeira (2005), foram registrados 40 acidentes no transporte rodoviário apenas na Região Metropolitana de São Paulo em 2004, num total de 208 acidentes registrados no mesmo período no Estado inteiro. De acordo com período de registro de 1983 a 2004, houve um total de 2202 acidentes no transporte rodoviário de produtos perigosos no Estado, dos quais 752 na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). Sendo que do total, 35,5% não tiveram a causa do acidente detectado; e outros fatores como: colisão, falha mecânica e operacional, que juntas somam 52,5% das causas. Outro item levantado foi a classe de risco dos produtos envolvidos. Dos 752 acidentes, 30% eram líquidos inflamáveis e 26% corrosivos.

Bartholo (1992) salienta que a grande industrialização e a população de cidade de São Paulo conduzem ao elevado número de movimentação de produtos de alta periculosidade por

suas vias. E recorda que estes produtos não são apenas utilizados nas indústrias químicas, mas em quase todas as atividades produtivas instaladas no grande centro. Basicamente, a maior escala de armazenagem e distribuição vem dos derivados de petróleo.

Além do tráfego com destino ou saída da cidade, existe o tráfego de passagem o qual não permanece no local, apenas passam pelas vias rodoviárias. De acordo com dados do Cadastro de Acidentes da CETESB (CADAC) obtidos no período de 21 de novembro de 1983 a 03 de dezembro de 1992, o autor estabelece algumas considerações sobre o problema, tais como: a maioria dos motoristas acidentados é constituída por profissionais autônomos; que não possuem preparo suficiente para lidar com tal situação, seja por falta de informação específica ou falta de infra-estrutura técnica e de socorro; os combustíveis e os corrosivos são relatados na maioria dos acidentes registrados; e que cargas carregadas em carroceria aberta, normalmente mal acomodadas respondem por mais de 70% dos acidentes registrados (BARTHOLO, 1992).

Como relata Campos (1993), foram registrados 415 acidentes com produtos perigosos atendidos pela CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental) em sete anos de pesquisa. Dentro dos quais, 122 acidentes, que corresponde a 29,4%, ocorreram em ruas e avenidas da RMSP, Campinas, Vale do Paraíba, Baixada Santista e Vale do Ribeira. Os outros 51,3% estão reunidos em dez rodovias paulistas sendo elas: Anhanguera, Anchieta, Bandeirantes, Castelo Branco, Dom Pedro I, Imigrantes, Presidente Dutra, Raposo Tavares, Régis Bittencourt e Washington Luiz.

Conforme Tabela 4.2 e Figura 4.3, pode-se ressaltar que dentre as rodovias estaduais a rodovia Anhanguera possui o maior número de acidentes, registrando 38 casos, seguida pela rodovia dos Bandeirantes com 24 casos e rodovia Anchieta com 23 casos. Entre as rodovias federais destaca-se a rodovia Presidente Dutra com 46 casos registrados.

Tabela 4.2: Relação das vias e o número de acidentes ocorridos.

Vias	Número de acidentes
Ruas e avenidas	122
Anhanguera	38
Anchieta	23
Bandeirantes	24
Castelo Branco	09
Dom Pedro I	10
Imigrantes	10
Presidente Dutra	46
Raposo Tavares	16
Régis Bittencourt	28
Washington Luiz	09
Outros	80
<b>Total</b>	<b>415</b>

Fonte: modificado de Campos (1993)

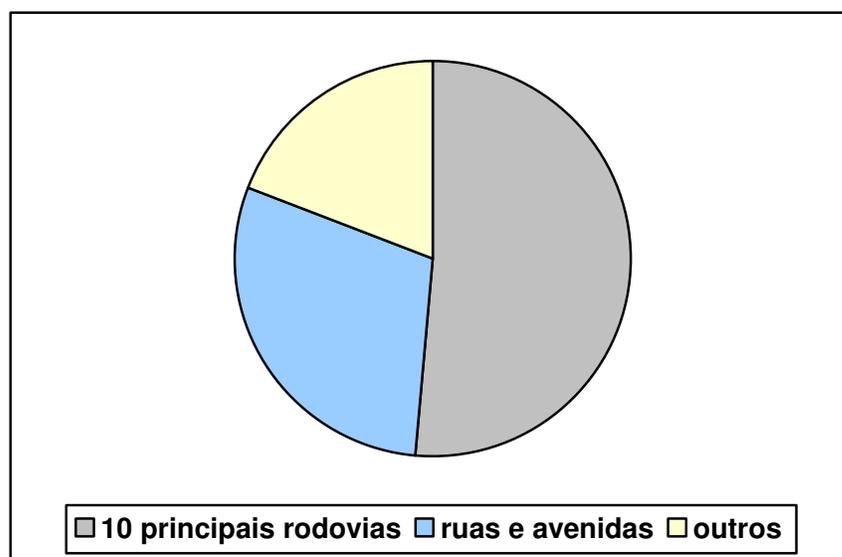


Figura 4.3. Percentual de acidentes entre tipos de vias.

Campos (1993) considera que tais percentuais revelam a grande quantidade de veículos de transporte de produtos perigoso que se locomovem em locais de alta densidade populacional. Tal fato deve ocorrer em virtude da localização dos transportadores, expedidores, destinatários e consumidores de matérias-primas e produtos acabados e pela vasta existência da malha viária municipal a qual é aproveitada como rota de passagem de veículos.

Conjuntamente, Teixeira (1998) considera que do total de acidentes ocorridos nas rodovias paulistas 69% deles estão compreendidos em apenas dez rodovias, sendo as mesmas relacionadas anteriormente.

Quando considerado os mesmo valores e regiões já citados, porém, tratados diferentemente, observa-se claramente a importância da RMSP para a questão dos acidentes com produtos perigosos. Isso que será melhor ilustrado na Tabela 4.3 e Figura 4.4.

Tabela 4.3: Incidência anual de ocorrências por região.

<b>REGIÃO</b>	<b>1986</b>	<b>1987</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>TOTAL</b>
Município de São Paulo	14	9	10	22	7	21	25	108
Demais municípios da RMSP	16	14	11	17	11	13	17	99
Baixada Santista	4	6	3	2	2	3	6	26
Campinas	7	6		8	6	6	6	39
Vale do Paraíba	7	4	2	3	3	2	10	31
Vale do Ribeira		2	7	5	3	7	3	27
Outras	5	8	10	14	11	19	18	85
<b>TOTAL</b>	<b>53</b>	<b>49</b>	<b>43</b>	<b>71</b>	<b>43</b>	<b>71</b>	<b>85</b>	<b>415</b>

FONTE: Campos (1993).

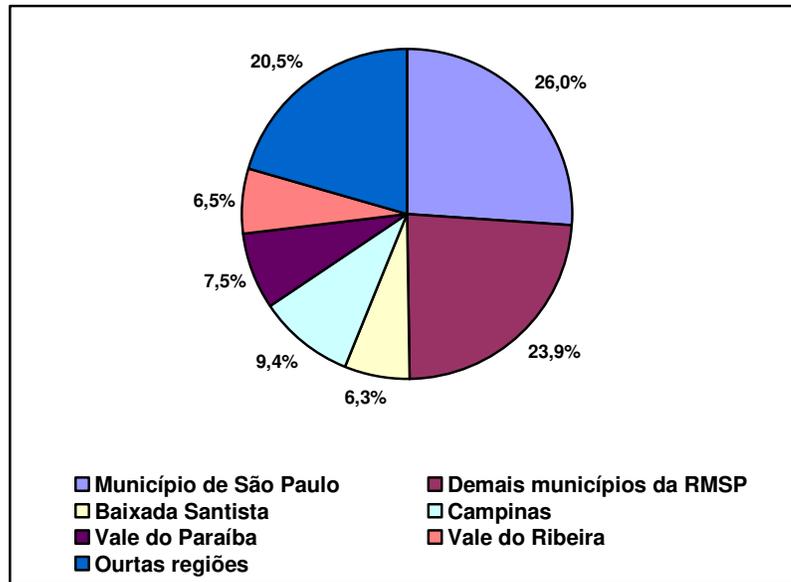


Figura 4.4. Percentual de acidentes de acordo com as regiões.

Os valores percentuais apresentados na Figura 4.4 ressaltam a relevante importância da RMSP que soma quase 50% dos acidentes registrados, num total de 207 casos.

Para Campos (1993), dentre alguns dos fatores relacionados para a não existência de tendência a regressão no número de acidentes no período do estudo, pode ser citada a questão da legislação vigente (Decreto 96.044/1988) e à fiscalização. Apesar de não ser possível determinar ao certo as influências destes fatores, em ambos os casos acredita-se que esse elevado número de acidentes reflete a fragilidade da legislação vigente, assim como a falta de rigor na fiscalização.

Segundo pesquisa americana, o número de acidentes constatados com produtos perigosos cresceu de 8.880 em 1990 para 13.853 em 1997. A maior parte desses acidentes ocorreu no modal rodoviário. Apesar do aumento no número de incidentes, há certa incerteza do motivo que causou esse crescimento. Isto pode estar relacionado em parte pela melhoria do serviço de informações de acidentes e pelo crescimento da atividade econômica. Sabe-se que houve aumento de frota e de toneladas transportadas nos anos 1990, porém não existem dados disponíveis sobre os níveis de carregamentos de produtos perigosos em âmbito nacional (EPA 1999).

Wolff (1997) apud Teixeira (1998) ressalta que além dos impactos causados pela construção das rodovias, o solo e os recursos hídricos sofrem o risco de serem contaminados por acidentes ocorridos no transporte de produtos tóxicos.

Conforme Lara (2003), presidente da CETESB, os acidentes rodoviários com produtos perigosos representam 36% dos danos ambientais no Estado de São Paulo, sendo este a maior causa de contaminação. Em média o número de acidentes ambientais chega a 500 por ano em São Paulo, além dos acidentes rodoviários, estão os vazamentos de postos de combustível e acidentes industriais entre outros. Para maiores informações sobre os dados estatísticos de acidentes com produtos perigosos no estado de São Paulo consultar Anexo 1.

#### **4.1.1 Produtos Perigosos**

A classificação adotada para os produtos considerados perigosos é realizada segundo o tipo de risco que apresentam. Conforme recomendações para o Transporte de Produtos Perigosos das Nações Unidas (7ed. revisada, 1991) são divididas em 9 classes (CETESB, 2004). De acordo com dados de Campos (1993), pode ser visto na Tabela 4.4 a relação das classes de produtos envolvidos nos 415 acidentes registrados pela pesquisa.

Tabela 4.4: Incidência de ocorrências por região e classes de risco dos produtos.

REGIÃO	CLASSE DE RISCO DE PRODUTOS PERIGOSOS									TOTAL
	2	3	4	5	6	8	9	NC	NI	
Município de São Paulo	10	32	4	5	8	26	4	10	9	108
Demais municípios RMSP	14	27	5	2	8	29	-	12	2	99
Baixada Santista	1	11	-	1	2	11	-	-	-	26
Campinas	4	11	-	1	4	16	-	3	-	39
Vale do Paraíba	-	11	3	2	1	9	1	3	1	31
Vale do Ribeira	4	12	1	1	3	6	-	-	-	27
Outras	10	24	4	4	19	23	1	9	1	85
<b>TOTAL</b>	43	128	17	16	35	120	6	37	13	415

NOTA: 1. As classes 1 e 7, respectivamente explosivos e substâncias radioativas não estão inclusas no estudo, pois são regidas por legislação especial. 2. NC significa não classificado e NI significa não identificado.

FONTE: Campos (1993).

Desta maneira, verificamos que a classe 3 (líquidos inflamáveis) e a classe 8 (corrosivos) são as principais classes envolvidas em acidentes, respondendo por 30,8% e 28,9% respectivamente.

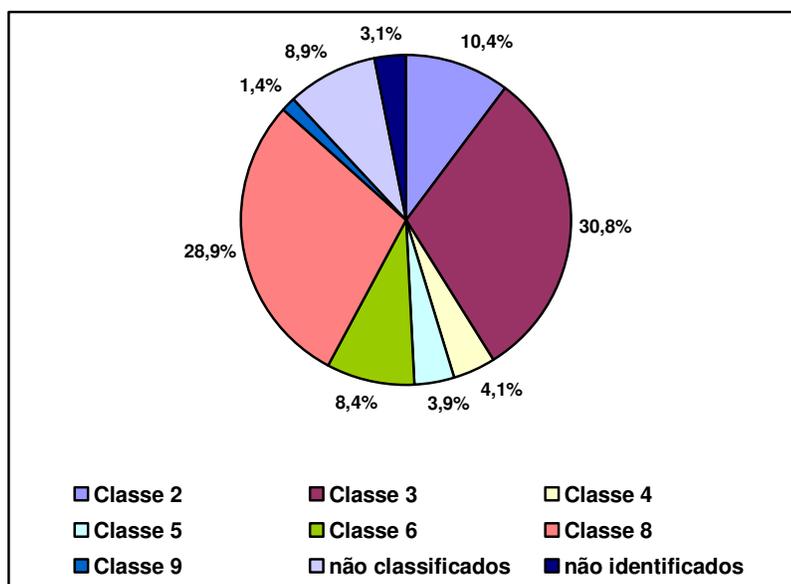


Figura 4.5. Percentual de acidentes de acordo com as classes de risco.

De acordo com EPA (2000), não existe estatísticas de quantificação de dispersão dos produtos acidentados, ou seja, não é possível determinar qual é o número de espécies e o tamanho da área afetada pelo derrame de tais produtos. Além disso, é mencionado que em média 646.000 galões de produtos perigosos foram derramados por ano em rodovias americanas de 1990 a 1994 segundo casos registrados, e que em 55% dos casos estavam envolvidos substâncias inflamáveis e combustíveis, informação esta também fornecida por Abkowitz (2000). Isto representa em média 10.000 casos de acidentes registrados anualmente para o mesmo período. Ainda, é relatado que é desconhecida a quantidade de material remanescente no meio ambiente após o processo de limpeza do local.

Os produtos perigosos vertidos acidentalmente podem impor custos substanciais pela perda do produto, danos na frota, danos em propriedades, evacuações, responsabilidade pessoal e equipamentos (ABKOWITZ, 2000; EPA, 2000). Porém, o número de acidentes de materiais perigosos não é necessariamente indicativo de impacto ambiental, desde que seja possível a realização do procedimento de limpeza e remediação da maior parte da substância transbordada. Quando esta limpeza não é possível, isto se torna um dano ambiental, com a poluição do ar e da água, danos para vida marinha e animais silvestres e destruição de habitat. O impacto ambiental por qualquer tipo de material perigoso permanece altamente concentrado no local. Isto depende

do tipo e da quantidade de produto derramado, do montante recuperado durante a limpeza, das propriedades químicas dos produtos derramados (como toxicidade e grau de combustão) e das características da área afetada (condições climáticas, flora e fauna e geologia local). Deve-se notar que o impacto total de qualquer incidente deste tipo pode ser pequeno para a nação como um todo, no entanto, pode haver um grave impacto na flora e fauna do local atingido. Por fim, são indicados os principais fatores a serem observados em acidentes com produtos perigosos (EPA, 2000):

- Quantidade de material transportado e distância percorrida;
- Taxa de acidente ou derramamento;
- Tipo e quantidade de material derramado;
- Esforços efetivos de limpeza e remediação;
- Densidade de população;
- Sensibilidade do habitat e espécies locais.

Conforme IBP - Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás (1980) em análise realizada nos acidentes ocorridos em transportes de produtos perigosos, verificou 4 inter-relações:

- Forma de dispersão promovida pelo derrame e o tipo e dimensão da embalagem usada para o transporte;
- Forma de dispersão e as condições do ambiente;
- Forma de dispersão, a localização das vítimas e a intensidade do dano causado;
- Comportamento no tempo em relação às vítimas e a forma de dispersão.

Normalmente, os relatórios de acidentes visam investigar as causas do ocorrido, desconsiderando informação sobre o comportamento do produto derramado e seus efeitos imediatos no ambiente. Caso essas informações fossem armazenadas em um banco de dados, seria possível fazer previsões dos danos e, assim, facilitar e agilizar a ação de remediação, vindo a reduzir os impactos do acidente (IBP, 1980).

Ainda assim, o processo de minimização de impactos é bastante complexo. O grau de degradação desses produtos é baixo e a maioria deles é solúvel ou miscível em água, que torna a recuperação ambiental extremamente difícil. Métodos tradicionais utilizados em indústrias e

laboratórios são realmente eficientes para tais situações, entretanto, quando o local é um curso d'água estes métodos tornam-se limitados em virtude de condições desfavoráveis e do volume a ser tratado após a diluição do produto com a água. Mesmo existindo pouca tecnologia disponível para retirada de produtos da água, é possível realizar ações que diminuam os danos causados ao meio ambiente e a comunidade local (HADDAD, 1993).

Haddad (1993) cita que, para as substâncias solúveis em água é recomendado, no caso de água parada (ex: lagoas), como ações básicas, a drenagem do corpo d'água ou monitoramento por análises de acordo com as especificações do produto, ou neutralização, se esta não for tão agressiva ao meio quanto a própria substância. Para água corrente somente é possível o monitoramento por análises da água. Dependendo do tipo de uso da água, como captação de água para consumo humano, a estação deve ser imediatamente informada das condições.

Já para substâncias insolúveis com densidade menor que 1, os procedimentos em corpo d'água parado seriam a remoção do produto, neutralização, e em caso de produto biodegradável fazer monitoramento de acompanhamento de biodegradação. Em corpo d'água corrente com produto líquido deve-se avaliar as possibilidades de contenção da substância para posterior remoção. Deve-se ressaltar que não é possível a remoção total do produto, sendo necessário monitoramento posterior de água.

Por fim, em caso de substâncias insolúveis em água com densidade superior a 1 que atingir corpo d'água parado, primeiramente deve-se ponderar o poder de biodegradação do produto, caso contrário as ações devem ter o propósito de remoção da substância visando diminuir a provável contaminação do solo e lençol freático. Em caso de corpo d'água corrente a única solução é o monitoramento das águas através de análises, pois a contenção e a remoção do produto torna-se irrealizável.

Segundo Bellia (1992) acidentes envolvendo produtos perigosos é o mais importante fator entre os possíveis causadores de contaminação de cursos d'água. E comenta ainda que esses acidentes possuem a tendência de ocorrer na maioria das vezes nos chamados *pontos negros*, que seriam pontos sujeitos a acidentes de trânsito, por exemplo em trechos sem visibilidade. E deve-se

melhorar a segurança em pontos onde o curso d'água é próximo à rodovia, principalmente dependendo da utilização feita do mesmo.

#### **4.1.2 Legislação**

No setor de transporte terrestre de produtos perigosos as legislações concernentes são: o Decreto nº 96.004 de 18 de maio de 1988, Portaria nº 349 de 4 de junho de 2002 e a Resolução nº 420 de 12 de fevereiro de 2004.

O Decreto nº 96.004 aprova o regulamento para o transporte rodoviário de produtos perigosos. Em seus artigos 2º, 3º e 4º, constam que os veículos e equipamentos utilizados devem portar rótulos de risco e painéis de segurança específicos e conter conjunto de equipamentos para situações de emergência, conforme norma brasileira ou especificações do fabricante. Todos devem ser fabricados de acordo com estas normas e vistoriados em prazo inferior a três anos. Em outros artigos são mencionados que o veículo que transportar tais produtos deve evitar a circulação em vias densamente povoadas ou de proteção de mananciais, reservatórios de água ou reservas florestais e ecológicas, ou perto delas. As autoridades poderão impor restrições ao uso de vias, sinalizando caminho alternativo ou estabelecer locais e períodos restritos para parada, carga e descarga desses produtos.

O condutor tem o dever de interromper a viagem e avisar a transportadora e as autoridades caso ocorram alterações que possam colocar em risco vidas, bens ou o meio ambiente. Assim sendo, o veículo só poderá circular levando os documentos exigidos pela lei, como por exemplo, a Ficha de Emergência e o Envelope para o Transporte.

Se ocorrer acidente ou avaria que imobilize o transporte do produto, o condutor deve seguir as instruções contidas na ficha de emergência e no envelope para o transporte para cada um dos diferentes produtos transportados e informar a autoridade de trânsito mais próxima. Por fim, no artigo 38 estão explicitados os deveres e obrigações do transportador, descritos em treze incisos.

A Portaria nº 349 aprova as instruções para a fiscalização do transporte rodoviário de produtos perigosos no âmbito nacional. Tem como objetivo orientar o agente de fiscalização na aplicação dos dispositivos legais regulamentados pelo Decreto 96.044 em âmbito nacional e facilitar a fiscalização por meio de etapas estabelecidas no roteiro de fiscalização desta Portaria.

A Resolução nº 420 aprova as instruções complementares ao regulamento do transporte terrestre de produtos perigosos. Este regulamento especifica exigências detalhadas aplicáveis ao transporte terrestre de produtos perigosos, minuciando as especificações de segurança dos tipos de transporte, procedimentos de segurança para transporte, carga, descarga e identificação de produtos e disposições sobre cada uma das classes existentes.

Para Moraes (2001), a legislação vigente é suficiente para a realidade brasileira, dispensando a criação de licenças especiais pelos estados e municípios para o trânsito de tais substâncias, gerando redundância de documentação e tributação excessiva, salvo apenas para controle estatístico e melhoria de sistema de prevenção e emergências.

## **4.2 Panorama Geral de Risco**

De acordo com a National Academy of Science (1996) Risco é *“um conceito utilizado para dar significado a coisas, forças ou circunstâncias que apresentam perigo para as pessoas ou para aquilo que elas valorizam”*. E ao identificar o risco, devem reconhecer as probabilidades de ocorrência de danos ou de perdas agregadas a certa fonte de perigo. Esta pode ser conceituada como algo que traga perigo iminente, cause danos ou sujeite pessoa ao perigo. Rhine (1994) apud Hartman (2003) complementa que além da probabilidade deve-se levar em consideração a consequência que o risco pode acarretar.

Para Ribeiro (2006), a avaliação de risco é o processo usado para determinar o nível de risco de dano ou lesão associada a cada fonte de perigo identificada com o propósito de controlar

esse risco. Se a fonte de perigo não for identificada ou o que representa a fonte de perigo não for definida, a avaliação de risco falhará.

Segundo pesquisa realizada pela *American Institute of Chemical Engineers* – AICHE (1995), a análise de risco tem sido usada como uma ferramenta de gerenciamento objetivando entender e controlar os riscos do setor de transportes por mais de 20 anos. Entretanto, apesar da similaridade da análise de risco para setores de infra-estrutura fixa e das técnicas em comum em ambos os casos, o uso da análise de risco no setor de transporte é limitado. Nesse período, algumas empresas passaram a combinar o setor de infra-estrutura fixa e o setor de transportes nas atividades de gerenciamento de risco. Isso gerou crescimento na quantidade de estudos sobre a análise de risco no setor de transporte. Entretanto, as exigências regulatórias para os setores de infra-estrutura fixa cresceram enormemente desde 1992, desviando a atenção e os recursos da análise de risco no setor de transporte.

Com o intuito de esclarecer os termos relativos à análise de risco no setor de transporte, o estudo da AISCHE (1995) traz as seguintes definições apresentadas na Tabela 4.5.

Tabela 4.5: Definições relativas à análise de risco do estudo da AISCHE (1995).

<b>Fonte de perigo</b>	Condição química ou física que possui o potencial de causar danos às pessoas, às propriedades ou ao meio ambiente.
<b>Modal</b>	Tipo específico de transporte de carga.
<b>Transporte</b>	Atividades que ocorrem entre o carregamento e o descarregamento de certo produto.
<b>Resultado de acidente</b>	É a expressão física do acontecimento, para produtos tóxicos o resultado de acidente é o derramamento tóxico.
<b>Zona afetada</b>	No caso de um acidente com substância tóxica, se refere a área na qual a concentração da nuvem tóxica iguala ou supera um nível preocupante. A zona afetada será diferente para cada caso.
<b>Probabilidade</b>	É a medida esperada da probabilidade ou frequência da ocorrência de um evento. Pode ser expresso em frequência que é a probabilidade de ocorrência de um evento em determinado período.
<b>Risco</b>	A mensuração do potencial de perda econômica, danos ao homem ou ao meio ambiente de acordo com a probabilidade de acidente e a magnitude da perda ou do dano.
<b>Avaliação de risco</b>	É o processo pelo qual os resultados da análise de risco são usados para tomar decisões através da priorização de estratégias de redução de risco ou comparação com metas de risco.
<b>Análise de risco no setor de transporte</b>	É o desenvolvimento de estimativas quantitativas e qualitativas para o risco do setor de transporte baseada em avaliação de engenharia e técnicas matemáticas para obter estimativas combinadas das consequências e frequências de acidentes.

E o processo para análise de risco no setor de transporte envolve (AICHE, 1995; CASTRO, 1998; HEINRICH, 2004):

- Definir o objetivo da análise;
- Descrever o sistema;

- Identificar fontes de perigo;
- Enumerar os acidentes;
- Selecionar os acidentes e suas conseqüências;
- Estimar freqüências;
- Estimar conseqüências;
- Combinar freqüências e conseqüências para obter a estimativa de risco;
- Avaliar alternativas de redução de risco.

AICHE (1995) também afirma que estimativas quantitativas de risco geralmente levam em consideração experiência, julgamento, boas práticas, treinamento, procedimentos, inspeção e manutenção, códigos e padrões, desempenho anterior entre outros.

No transporte de carga, o vazamento pode acontecer em qualquer lugar ao longo da rota. A imprevisibilidade do exato local que ocorrerá o acidente exige o uso de aproximações generalizadas para delimitar o dado necessário e o número de casos de acidentes (AICHE, 1995).

Segundo Heinrich (2004), o *Research and Special Programs Administration – RSPA* (1998) apresenta o Gerenciamento de Riscos como a aplicação sistemática de políticas, práticas e recursos na avaliação e no controle de riscos que interferem na segurança, na saúde humana e no meio ambiente. O Gerenciamento de Riscos não garante que não haverá o aparecimento de acidentes e perigos, já que este busca a minimização sustentável do risco e não os suprimir. O objetivo é conciliar ações balanceadas que reduzam os riscos sem custos demasiados. O controle de riscos atua nos elementos que geram o risco. Os recursos que podem ser empregados são: medidas educacionais, técnicas gerenciais, legais ou políticas, por parte pública ou privada.

Real (2002) relata que quando são aplicados mecanismos de controle, a exposição ao perigo pode não resultar em efeitos adversos. Obtêm-se duas informações relativas: quanto melhores os mecanismos de controle empregados à fonte de perigo, menor será a intensidade do risco e mesmo com a máxima utilização destes mecanismos haverá a redução do risco, porém não sua extinção.

Na pesquisa realizada por Hartman (2003), para a escolha das rotas de transporte de produtos perigosos é necessária a disponibilidade de dados confiáveis sobre as taxas de acidentes com caminhões para refinar o cálculo das probabilidades de vazamento. Outros itens devem ser levados em consideração, a saber:

- Em rodovias com velocidade livre, a taxa de acidentes é menor que em rodovias com velocidades controladas;
- Em vias urbanas o número de acidentes registrados é maior que em vias rurais;
- Deve ser restrito o transporte de cargas perigosas e caminhões em alguns tipos de rodovias e áreas com boa correlação a taxas de acidentes.

O autor ainda julga ser difícil conseguir dados relativos às quantidades de produtos perigosos em trânsito, de pessoal envolvido, de severidade dos acidentes desse tipo, dos riscos e dos custos à sociedade (HARTMAN, 2003).

Para WHO (1993), a meta principal do controle do risco é proteger e melhorar a saúde pública e o bem-estar. A avaliação de risco pode ser considerada como o mecanismo vital de provimento da informação necessária para a tomada de decisão.

Nos carregamentos de materiais perigosos, o risco pode diferir dependendo do perigo associado com o material que está sendo transportado e o nível correspondente às atividades do transporte (ABKOWITZ, 2000).

### **4.3 Ações e Recomendações de Prevenção e Remediação de Acidentes**

De acordo com CETESB (2001), as características ambientais que podem interferir no tráfego de uma rodovia seriam: a ocorrência de chuva, neblina ou vento que afetasse a visibilidade na pista; o uso e ocupação das bordas da rodovia; a quantificação da população residente em um raio de 500 m da rodovia; e a proximidade ou cruzamentos com mananciais, rios ou represas, e neste caso, é essencial que sejam levantados os tipos de uso, afluência e a

existência de pontos de captação da água e sua respectiva distância da rodovia. Ainda, ressalta a importância de um mapeamento onde existam áreas consideradas vulneráveis na malha viária.

Para Porath (2005), dentre os principais fatores que influenciam a ocorrência de acidentes rodoviários com produto perigosos estão os conflitos descritos na tabela 4.6:

Tabela 4.6: Fatores de vulnerabilidade em rodovias.

Conflitos com a população lindeira	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Áreas urbanas a menos de 500 m e núcleos habitacionais a menos de 200 m;</li> <li>▶ Indústrias e/ou de armazéns de produtos perigosos a menos de 200 m;</li> </ul>
Conflitos com a geometria da rodovia	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Passeios, acostamentos ou refúgios inadequados;</li> <li>▶ Declives acentuados;</li> <li>▶ Segmento com sinuosidade perigosa;</li> <li>▶ Interseções perigosas;</li> <li>▶ Ponte estreita e/ou curva perigosa;</li> </ul>
Conflitos com a operação da rodovia	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Ponte sem proteção lateral e/ou em desnível;</li> <li>▶ Superfície de rolamento defeituosa;</li> <li>▶ Escorregamento de taludes;</li> <li>▶ Volume de tráfego elevado (&gt;3000 veículos/dia);</li> <li>▶ Fiscalização rodoviária inexistente;</li> <li>▶ Sinalização deficiente;</li> </ul>
Conflitos com o suporte emergencial	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Unidade PRE<sup>1</sup> c/ capacidade insuficiente p/ o atendimento emergencial;</li> <li>▶ Unidade DC<sup>2</sup> c/ capacidade insuficiente p/ o atendimento emergencial;</li> <li>▶ Unidade BOMBEIROS c/ capacidade insuficiente p/ o atendimento emergencial.</li> </ul>

Fonte: modificado de Porath (2005).

<sup>1</sup> - Polícia Rodoviária Estadual.

<sup>2</sup> - Defesa Civil.

Esses conflitos indicam possíveis vulnerabilidades que possam haver em rodovias que transportam produtos perigosos. Isto gera um aumento do risco para o meio ambiente e a população, seja em função do aumento da frequência de acidentes ou das conseqüências (PORATH, 2005).

Segundo o DNER (1997), o atendimento emergencial é o ato mais importante entre os agentes da rodovia e os usuários, o qual é distinguido pelo apoio e suporte oferecidos nas condições críticas, e podem ser separados em três momentos:

- Vítimas de acidentes de tráfego;
- Derramamento de carga;
- Veículos acidentados ou falha mecânica.

Este tipo de atendimento é instalado em vias pedagiadas com tráfego superior a 10.000 veículos por dia. Quando identificado o acidente, neste caso com cargas perigosas, o agente deve proceder da seguinte maneira:

- Isolar a área em um raio de 500 metros;
- Identificar à distância o número de identificação do produto e avisar central de operação;
- Aproximar-se do local com cuidado;
- Evitar inalar gases e vapores e pisar ou tocar em qualquer material exposto;
- Dependendo da natureza do produto chamar defesa civil, bombeiros, órgãos do meio ambiente e fabricantes do produto.

De acordo com Teixeira (2005), os setores público e privado vêm realizando diversos programas que visam a redução de acidentes com produtos perigosos no modal rodoviário e a minimização dos impactos ambientais decorrentes. Para auxiliar na efetivação dos objetivos propostos, são recomendadas as seguintes ações de caráter genérico:

- a) Criar e gerir no âmbito nacional e regional um sistema integrado de informações que colete, compare, analise e divulgue as estatísticas relativas aos acidentes envolvendo o transporte rodoviário de produtos perigosos;

- b) Desenvolver e implantar no âmbito nacional um sistema integrado de informações sobre substâncias químicas que forneça o suporte técnico necessário às equipes de atendimento a emergências em acidentes envolvendo o transporte rodoviário de produtos perigosos;
- c) Estabelecer e manter um banco de dados de âmbito nacional e regional sobre recursos humanos e materiais mobilizáveis em casos de acidentes envolvendo o transporte rodoviário de produtos perigosos;
- d) Criar e gerir no âmbito nacional e regional um sistema de informação toxicológica que permita o acesso rápido às informações sobre as características toxicológicas e outros parâmetros indicativos da periculosidade das substâncias envolvidas em acidentes;
- e) Analisar as conseqüências, sob o ponto de vista técnico, jurídico, administrativo e econômico da competência comum da União, Estados e Municípios em licenciar a atividade de transporte rodoviário de produtos perigosos;
- f) Considerar a aplicação de técnicas clássicas de gerenciamento de riscos em rodovias, principalmente nos trechos rodoviários que cruzam ou margeiam áreas urbanas densamente povoadas, identificando alternativas que possibilitem prever e prevenir os danos ocasionados por acidentes envolvendo essa modalidade de transporte;
- g) Incentivar o desenvolvimento de pesquisas com vista a identificar e propor soluções quanto às características construtivas e aos pontos vulneráveis de perda de contenção em unidades de transporte a granel e fracionada de produtos perigosos;
- h) Identificar e propor a instalação ou o remanejamento de postos de fiscalização e Serviços de Atendimento ao Usuário – SAU, em trechos rodoviários considerados vulneráveis e ambientalmente sensíveis a acidentes envolvendo produtos perigosos.

## 5 SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

Em 1962, no Canadá foi desenvolvido o primeiro Sistema de Informação Geográfica - SIG, que foi nomeado como CGIS (*Canada Geographic Information Systems*). Esse *software* almejava registrar características nacionais de fundo sócio-econômico e ambiental. Nas décadas de 1970 e 1980 apareceram novos programas, a maioria nos EUA, que se expandiram rapidamente e foram usados principalmente por agências do governo. Na década de 1990, o uso do SIG se expandiu para o setor privado (LAGROTTI, 2000; ROSE, 2001).

No Brasil, os setores que mais utilizaram dessa tecnologia foi o setor de energia e o ambiental. Para Rose (2001), o SIG é considerado a melhor ferramenta para a resolução de situações que carecem de organização de dados em modelos espaciais. Está sendo largamente utilizado para tomada de decisão em planejamento e gerenciamento de diversas empresas dos setores público e privado.

Para Burrough (1998), SIG pode ser definido como um “conjunto poderoso de ferramentas para coletar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar dados sobre o mundo real com um determinado propósito”.

De acordo com Bonham-Carter (1996) o sistema de informação geográfica, ou SIG é um programa de computador para gerenciar dados espaciais. A palavra **sistema** implica que o SIG é constituído por muitos componentes inter-relacionados e ligados que possuem diferentes funções. Sendo assim, o SIG tem a capacidade de capturar, armazenar, processar, transformar, visualizar, combinar, restaurar, analisar e emitir informações. A palavra **informação** implica que os dados no SIG estão organizados para produzir conhecimento utilizável, como em mapas e imagens coloridas, mas também em gráficos estatísticos, tabelas e respostas interativas. A palavra **geográfica** implica que os locais dos dados são conhecidos, ou podem ser calculados, em relação às coordenadas geográficas (latitude, longitude). O SIG foi planejado para trazer ao mesmo tempo dados espaciais de diferentes fontes dentro de uma base unificada, empregando uma variedade de dados digitais e representando a variação do fenômeno com uma série de camadas de dados que se sobrepõe corretamente em todos os locais.

O SIG agiliza a saída de respostas gráficas, em que se pode relacionar de dados estatísticos a mapas georeferenciados, principalmente no caso de banco de dados muito extenso. Assim, o usuário tem a possibilidade de agrupar e analisar os mapas decorrentes com maior clareza e rapidez (ASSAD, 1998; BURROUGH, 1998; LAGROTTI, 2000; ROSE, 2001; PRADO, 2004).

Assad (1998) e Burrough (1998) complementam citando que o SIG pode integrar dados de diversas fontes em seu banco de dados, provenientes, por exemplo, de mapas cartográficos, dados de censo e de cadastro urbano e rural, imagens de satélites, redes e Modelo Numérico do Terreno (MNT). Um diferencial do SIG é o armazenamento da topologia de um mapa, sendo que topologia pode ser considerada a estrutura de relacionamentos espaciais que venham a se estabelecer entre objetos geográficos.

Um SIG faz o tratamento computacional de dados geográficos. Ele armazena a geometria e os atributos de dados com posição geográfica conhecida. Sendo sua principal característica a variedade de fontes geradoras e de formatos apresentados. Pode ser utilizado de três modos (ASSAD, 1998; FERREIRA, 2005):

- Como ferramenta para produção de mapas;
- Como suporte para análise espacial de fenômenos;
- Como um banco de dados geográficos, com funções de armazenamento e recuperação da informação espacial.

Um SIG é uma poderosa ferramenta e mostra-se capaz de dar resoluções para questões ambientais. A maioria destas questões está relacionada à análise e distribuição espacial, em que o SIG atua com certa liberdade. Relata que esta é uma ferramenta computacional que tem permitido uma ótima integração das variáveis da qualidade da água, a partir de um formato compreensível (GOODCHILD, 1993).

Em virtude da multidisciplinariedade do SIG, sua utilização é aplicável nas mais diversas áreas, tais como: geociências, agronomia, ambiental, transportes, arquitetura e urbanismo entre outras (ROSE, 2001).

Segundo CORWIN (1998), a complexidade no tempo e no espaço da superfície e sub-superfície da terra faz do problema de modelagem de fonte difusa para poluentes em águas subterrâneas um grande desafio. O volume de informações necessárias para caracterizar o parâmetro físico, químico e biológico e variáveis requeridas num simples modelo de funções é enorme. A habilidade de captar, ordenar e mostrar a imensa coleção de dados espaciais é perfeitamente compatível ao SIG. Este fornece tanto o instrumento de organização como o de processamento de dados espaciais, além de prover a visualização desses dados. A finalização do SIG usado no transporte de poluentes de fonte difusa se dá por meio de mapas que mostram a distribuição dos poluentes pelo perfil do solo até encontrar com a água subterrânea.

De acordo com Carrara et al. (1999) apud Perotto-Baldiviezo (2004) alguns esforços têm sido realizado com a utilização do SIG na avaliação e na prevenção do perigo potencial de deslizamentos de terra. Para o autor, o SIG vem sendo mais usado como ferramenta de visualização de dados do que como ferramenta de análise de dados para aquisição de novas informações. Entretanto, alguns modelos espaciais têm a capacidade de auxiliar a modelagem de perigos naturais. E conclui que metodologias baseadas em SIG são apropriadas para o desenvolvimento de mapas de perigo de deslizamento de terra. Esta tecnologia foi utilizada por organizações em desenvolvimento que buscavam melhorar a definição de áreas vulneráveis nas práticas de conservação e assim, diminuir perdas em eventos futuros de alta precipitação.

O SIG é largamente utilizado para processar dados espaciais que representem fatores de poluição e estudar quanto uma área é vulnerável à poluição de águas subterrâneas ou o risco potencial da poluição da água superficial (GIUPPONI, 2005).

Na engenharia de transportes, o SIG vem sendo cada vez mais utilizado nas mais variadas áreas, desde oferta e demanda de transportes, projeto geométrico de vias até prevenção de acidentes, otimização de rotas e controle de operação em rodovias (ROSE, 2001).

Vale ressaltar que o SIG é uma ferramenta de análise e otimização de processos, ou seja, que ele depende de outros fatores para realizar sua tarefa. É importante que se tenha em mente que ele não resolverá tudo sozinho, ele depende que sejam utilizados dados e procedimentos corretos para que haja uma resposta desejável (ROSE, 2001).

No SIG, um considerável potencial é a utilização do banco de dados para a geração de novas informações de maneira simples. Isso se mostra importante em casos que o resultado final deve ser obtido por levantamentos básicos. Mostra-se importante também em estudos sócio-econômicos que visam firmar indicadores quantitativos de informação espacial. Porém, persiste a dúvida na elaboração de novos mapas, pois é oferecida uma grande variedade de funções algébricas e pode se tornar uma decisão trabalhosa dependendo de qual é a finalidade (INPE, 2004 apud PRADO, 2004; FERREIRA, 2005).

Para Ferreira (2005), a análise espacial realizada num SIG tem como função expressar uma problemática de modo espacial. Nas inúmeras aplicações do SIG, a maioria tem como fim gerar mapas de análise espacial por meio de modelos e associações feitas entre mapas, possibilitando assim, caracterizar, compreender e prever o fenômeno espacial. Em um estudo que leva em consideração a localização geográfica e seus fatores integrados, é interessante o uso de mecanismos que assimilem essas variáveis, tal como o SIG, devido seu potencial em cruzar diversos atributos e variáveis, espaciais ou não e, além disso, estabelecer múltiplas operações analíticas. Apesar do grande avanço do SIG e sua utilização em diversas áreas, deve-se ressaltar que existem restrições técnicas ao seu emprego. Longley et. al. (2001) apud Ferreira (2005) salienta que são identificadas dúvidas no desempenho de algumas funções, tais como: confiabilidade da acuidade de alguns resultados e o desconhecimento de princípios fundamentais para a geração de mapas.

De acordo com Prado (2004), um SIG pode ser usado em pesquisas que tratam do meio ambiente e dos recursos naturais, para previsão de eventos ou como ferramenta de tomada à decisão, reproduzindo tais dados de maneira que represente a realidade. Entretanto, para um SIG produzir resultados confiáveis, é imprescindível que os profissionais envolvidos em todo o processo sejam habilitados e possuam visão global da problemática.

Mostra-se clara a importância dos sistemas de informações geográficas como estratégia para implementação dessa metodologia integradora. A maior contribuição gerada pela utilização desse sistema de gerenciamento automático de dados, integrado a ferramentas computacionais de análises espaciais e apresentação de resultados, é possibilitar a integração do caráter preventivo do plano diretor de recursos hídricos. Tendo caráter corretivo de ações emergenciais mitigadoras, em que a fiscalização e o monitoramento do uso da água tornam-se processos ágeis e comuns (ZUFFO, 2006).

## 6 MATERIAL E MÉTODOS

### 6.1 Estudo de Caso

A área de estudo é a bacia hidrográfica do rio Cotia, com aproximadamente 243 km<sup>2</sup> de área, localizada nas coordenadas geográficas 46°50', 47°02' W; 23°33', 23°50' S. O rio Cotia é um dos afluentes da margem esquerda do rio Tietê, sendo sua bacia uma das sub-bacias formadoras da bacia do Alto Tietê, na área oeste da Região Metropolitana de São Paulo. Esta bacia é responsável pelo abastecimento urbano de algumas cidades da região, tais como os Municípios de Cotia, Vargem Grande Paulista, Embu Guaçú, Embu (parcialmente), Barueri, Jandira, Itapevi e Carapicuíba. A SABESP opera os dois sistemas produtores de água potável nesta bacia, sendo eles os Sistemas do Alto e do Baixo Cotia, nomeados assim em virtude de uma característica geográfica, na qual a topografia desta bacia sofre uma ruptura abrupta do relevo, dividindo a bacia em duas, o alto e o baixo Cotia. Pode-se observar a grande diferença no grau de urbanização entre essas duas áreas e, conseqüentemente, entre esses dois sistemas produtores.

Esta bacia é de grande importância para preservação dos mananciais da Região Metropolitana de São Paulo, pois atende ao abastecimento de água, como mencionado anteriormente, à zona oeste da Grande São Paulo. Na década de 1960 houve grande expansão industrial e urbana na região que causou processo de degradação dos recursos hídricos. Atualmente, observa-se que apesar da bacia ser um sistema produtor de água para muitos municípios da região, a porção do Sistema Baixo Cotia encontra-se extremamente poluída, sendo o manancial mais poluído na RMSP.

O Sistema Alto Cotia possui duas represas que estão interligadas e conduzem água para a estação de tratamento de água (ETA) Morro Grande. Em virtude da Reserva Florestal do Morro Grande (RFMG) os recursos hídricos locais estão preservados pela presença da mata atlântica. Mesmo estando protegido e conservado, existe o risco de danos por interferências humanas (OKA & ROPERTO, 2002). Já o Sistema Baixo Cotia, que se localiza na porção inferior da bacia hidrográfica, sem a devida fiscalização sofreu intenso processo de contaminação das águas e de

assoreamento em virtude da ocupação e das atividades humanas, chegando ao ponto de comprometer o abastecimento de água da população.

Na figura 6.1 pode ser visualizada, por meio de uma ilustração, a bacia hidrográfica do rio Cotia.

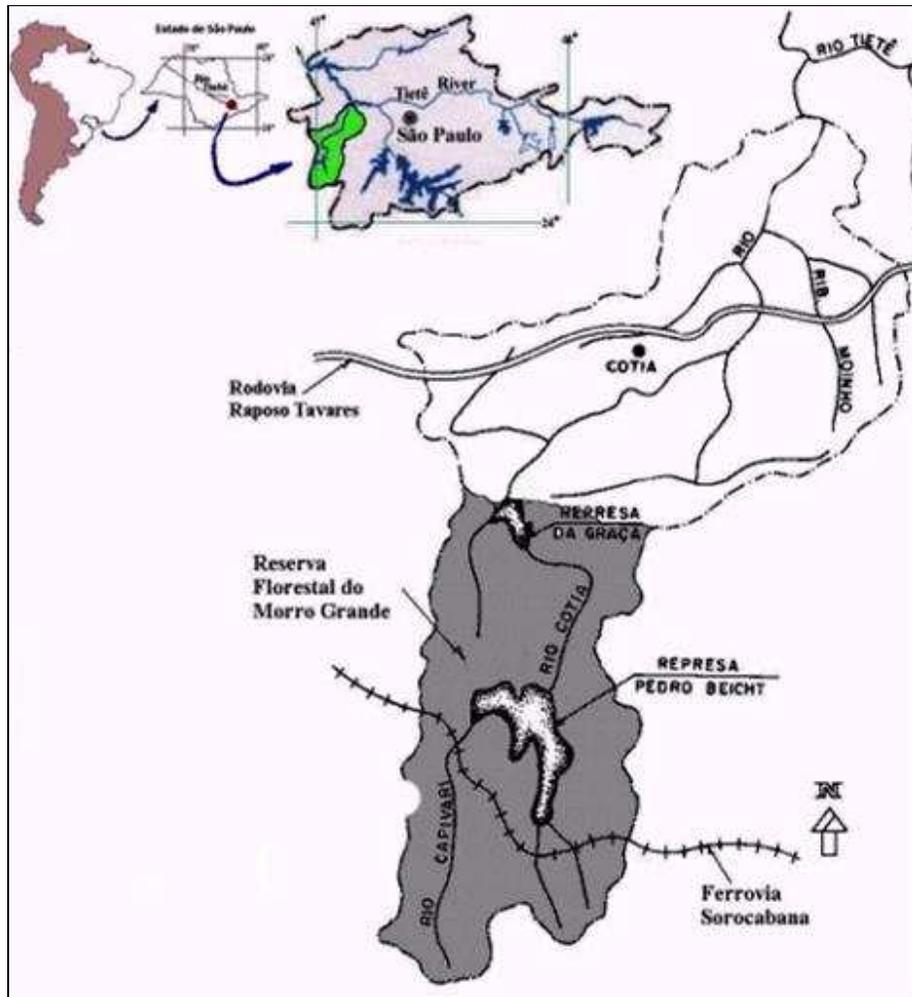


Figura 6.1. Mapa da bacia hidrográfica do rio Cotia.

Fonte: Modificado de Zuffo (1998).

A Rodovia Raposo Tavares corta a Bacia do Baixo Cotia que serve de acesso para a cidade de Cotia e é um fator de influência para a industrialização e urbanização do entorno. Segundo DER (2007), o volume médio de trânsito (VDM) registrado em 2005 foi de 103.951 veículos e em 2006 foi de 108.109 veículos, de acordo com o posto de coleta do km 25 da

rodovia, que corresponde ao trecho que está inserido na bacia. Na porção do Alto Cotia há um trecho da Ferrovia Sorocabana que atravessa a Reserva Florestal do Morro Grande, área protegida sob os cuidados da SABESP. Ainda próximo, encontram-se a Rodovia Régis Bittencourt e o Rodoanel Mário Covas (OKA & ROPERTO, 2002).

De acordo com Santos et al. (2005), indústrias metalúrgicas, têxteis, farmacêuticas, químicas e alimentícias são as mais encontradas na bacia hidrográfica do rio Cotia. Estas indústrias estão, em sua maioria, localizadas ao longo da Rodovia Raposo Tavares e arredores e podem ser de pequeno, médio e grande porte. A maior quantidade vem das empresas de pequeno porte, que em sua maioria não são cadastradas e, possivelmente, não recebem fiscalização.

A proposta que foi desenvolvida neste estudo teve como base o banco de dados coletado no Projeto de Reabilitação, Expansão e Conservação do Sistema Baixo Cotia, realizado pela Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável (FBDS) em 1997. Nos trabalhos realizados por Zuffo (1998), Zuffo (2002) e Santos et al. (2005) também foi utilizado o mesmo banco de dados. Santos et al. (2005) usou a bacia do rio Cotia com o objetivo de desenvolver uma estratégia metodológica para obter uma proposta de planejamento regional integrado levando em consideração a atividade industrial e a conservação dos recursos hídricos. Na pesquisa de Santos et al. (2005) houve produção de mapas da área a partir de dados de saúde pública em relação a doenças veiculadas pela água e de pontos de possíveis acidentes ao longo das vias e de interceptação de corpos d'água e rodovias, em virtude da probabilidade de acidentes onde pode haver contaminação dos cursos d'água em caso de vazamento.

Um dos passos realizados na pesquisa de Santos et al. (2005), foi localizar todas as vias de acesso relacionadas às indústrias que possam oferecer perigo à acidentes. Além disso, foram adicionados dados relativos aos acidentes ocorridos na região, obtidos pelo cadastro da CETESB (Gerência de Riscos Ambientais). As vias foram classificadas de acordo com suas características tais como: estradas pavimentadas, estradas secundárias, ferrovias e arruamentos. Nos pontos de interseção com os recursos hídricos, foi utilizado o modelo *buffer* que criou faixas de 1000m ao longo das vias e também gerou raios de 100m no entorno das indústrias.

Essa preocupação deveu-se ao grande volume de produtos perigosos transportados e manuseados na região por causa da grande concentração de indústrias, além dos possíveis acidentes de trânsito nas rodovias ao redor. A partir de dados do cadastro de acidentes da CETESB, observou-se a ocorrência de 25 casos na região (Rodovia Castelo Branco, bairro Tamboré e Rodovia Raposo Tavares), e apenas três casos ocorreram na bacia do rio Cotia, entretanto, dois deles atingiram o rio Cotia, causando graves conseqüências. Mesmo sendo um número baixo de acidentes, considerou-se importante esse estudo para o conhecimento dos pontos críticos, e em caso de possíveis acidentes com cargas perigosas já haveria um plano de gerenciamento para prevenção e mitigação dos danos causados. Observou-se que essas áreas concentram-se ao longo da Rodovia Raposo Tavares e estrada de ferro Sorocabana que atravessa a Reserva Florestal de Morro Grande (SANTOS et al., 2005).

Foi disponibilizado pela CETESB (CADEQ) o cadastro de acidentes ocorridos com produtos perigosos no trecho da Rodovia Raposo Tavares que engloba a bacia do Rio Cotia desde 1988, nele vem descrito o acidente, o tipo de carga, quantidade e classe de risco. Estes dados são apresentados no ANEXO B.

### **6.1.1 Mapeamento da Bacia do Rio Cotia**

Em visita realizada a área, pôde-se perceber o intenso tráfego na rodovia, com um grande número de caminhões. Observou-se que, apesar de ser uma rodovia de três pistas, esta não possui acostamento a maior parte do percurso que corta a bacia, como também apresenta diversas sinalizações de “curva perigosa” e declives ou aclives acentuados, que também recebem sinalizações de alerta. Além disso, a urbanização da região é de alta densidade demográfica, existe tanto a presença de indústrias, comércios, postos de gasolina como também de residências. E, esta urbanização mostra-se tão aglomerada ao redor da rodovia, que sua distância em muitos lugares não ultrapassa 20m e os acessos são estreitos e diretos, sem recuo ou demarcação da faixa de acesso, como se observa nas figuras 6.2, 6.3 e 6.4.



Figura 6.2. Foto da pista sem acostamento na rodovia Raposo Tavares.



Figura 6.3. Foto da pista sem faixa de acesso.



Figura 6.4. Foto da sinalização de curva perigosa e comércio instalado próximo à via.

Para ressaltar a importância da Rodovia Raposo Tavares como uma via de grande movimento, é novamente citado que segundo DER (2007), o volume médio de trânsito (VDM) em 2006 foi de 108.109 veículos, de acordo com o posto de coleta do km 25 da rodovia. E também de acordo com mapa de acidentes obtido na página da *web* do DER (DER, 2006) visto na figura 6.5, a rodovia se enquadra na classe de maior número de acidentes, representada pela cor vermelha indicando a ocorrência de 51 a 466 acidentes por trecho de 2 km.



Figura 6.5. Recorte do mapa de acidentes, pontos críticos a cada 2 km.

Fonte: modificado de DER (2006).

A partir do banco de dados existente sobre a bacia do rio Cotia, foram utilizados alguns mapas criados pelo relatório da FBDS (1997) do local na escala 1:25.000 e 1:50.000. Os mapas utilizados foram os de declividade, de vias completas (estradas pavimentadas, estradas secundárias, ferrovias e arruamentos) e o de vias simplificadas (apenas estradas pavimentadas, estradas secundárias e ferrovias), de uso e ocupação da terra, e o de hidrografia. Desses mapas originais, foram obtidos, por meio de processamento e cruzamentos, novos mapas que representassem a potencialidade de risco da área em caso de acidentes com cargas perigosas. Para tanto, foi utilizado como ferramenta computacional o *software* SIG IDRISI 3.2.

A figura 6.6 apresenta a área de estudo, a bacia do rio Cotia, composto por seus limites, rede viária simplificada e hidrografia.

Com base nos mapas de declividade na escala de 1:50.000 e de vias simplificadas na escala de 1:25.000, criou-se uma matriz, nomeada como Matriz 1 (Tabela 6.1), na qual se utilizou a porcentagem de declividade, dividida em 5 classes *versus* a distância da via, dividida em 5 faixas. Considerou-se relevante usar o intervalo de 0 a 40% de declividade, separados em intervalos menores a cada 10% ; e no caso do mapa de vias criaram-se faixas de 100 em 100m ao redor da via mapeada usando o intervalo de 0 a 500m, como recomendado no artigo do DNER (1997), dando ênfase aos primeiros 200m no entorno de um suposto acidente. Assim, ambos os mapas foram reclassificados de acordo com a matriz 1 em 5 classes, de muito baixo (MB) a muito alto (MA), e com esta metodologia foi gerado um mapa intermediário, que foi denominado de mapa de potencial de escoamento superficial em relação à taxa de declividade e a distância das vias.

Tabela 6.1: Matriz 1, cruzamento das classes de declividade e distância da rodovia.

		Declividade %				
		0 < x < 10	10 < x < 20	20 < x < 30	30 < x < 40	> 40
Distância rodovia m		MB	B	M	A	MA
200 < x	MA	M	A	A	MA	MA
201 < x < 300	A	B	M	M	A	A
301 < x < 400	M	B	B	M	M	A
401 < x < 500	B	MB	B	B	M	M
x > 501	MB	MB	MB	B	B	M

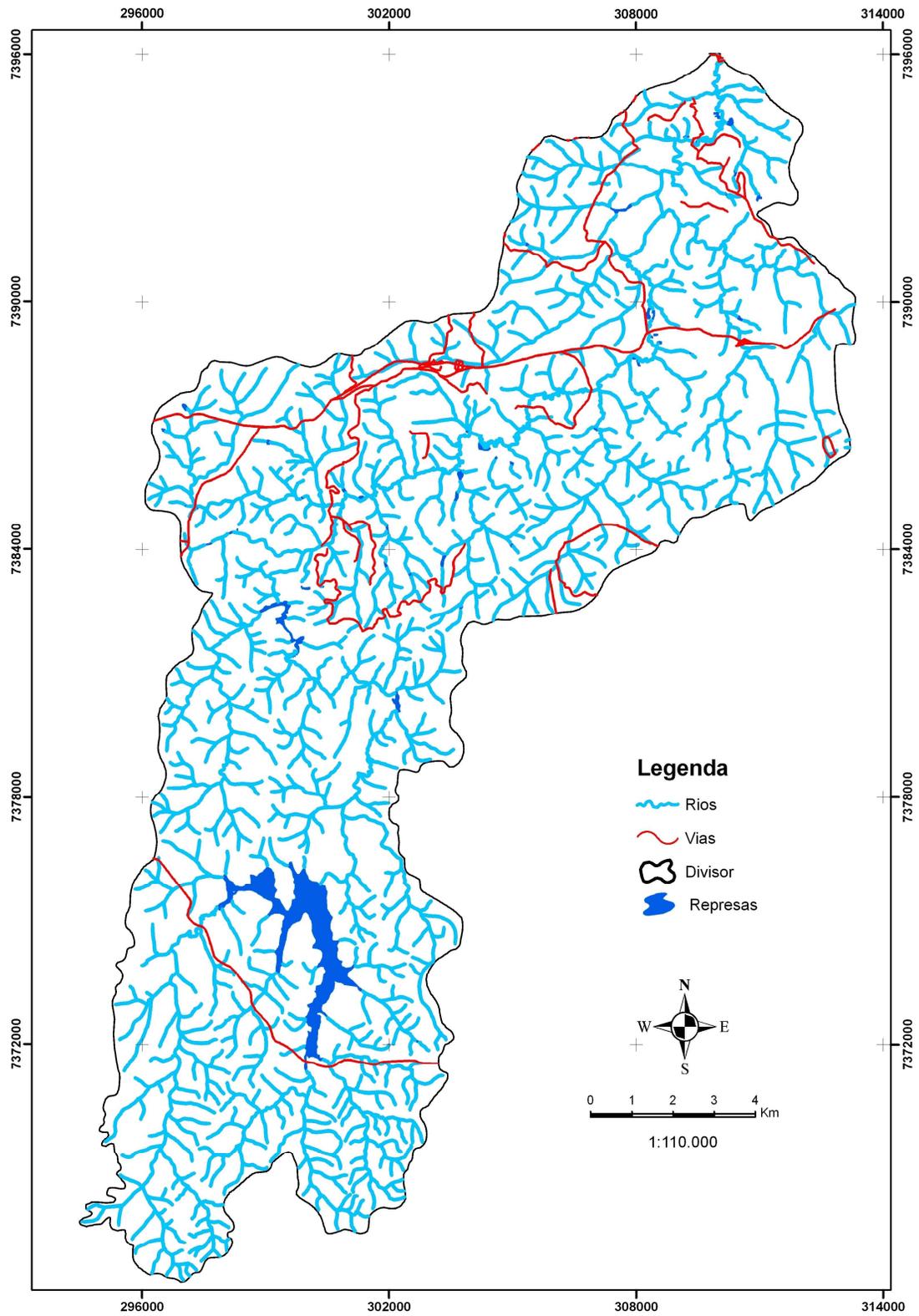


Figura 6.6. Mapa base da bacia do rio Cotia.

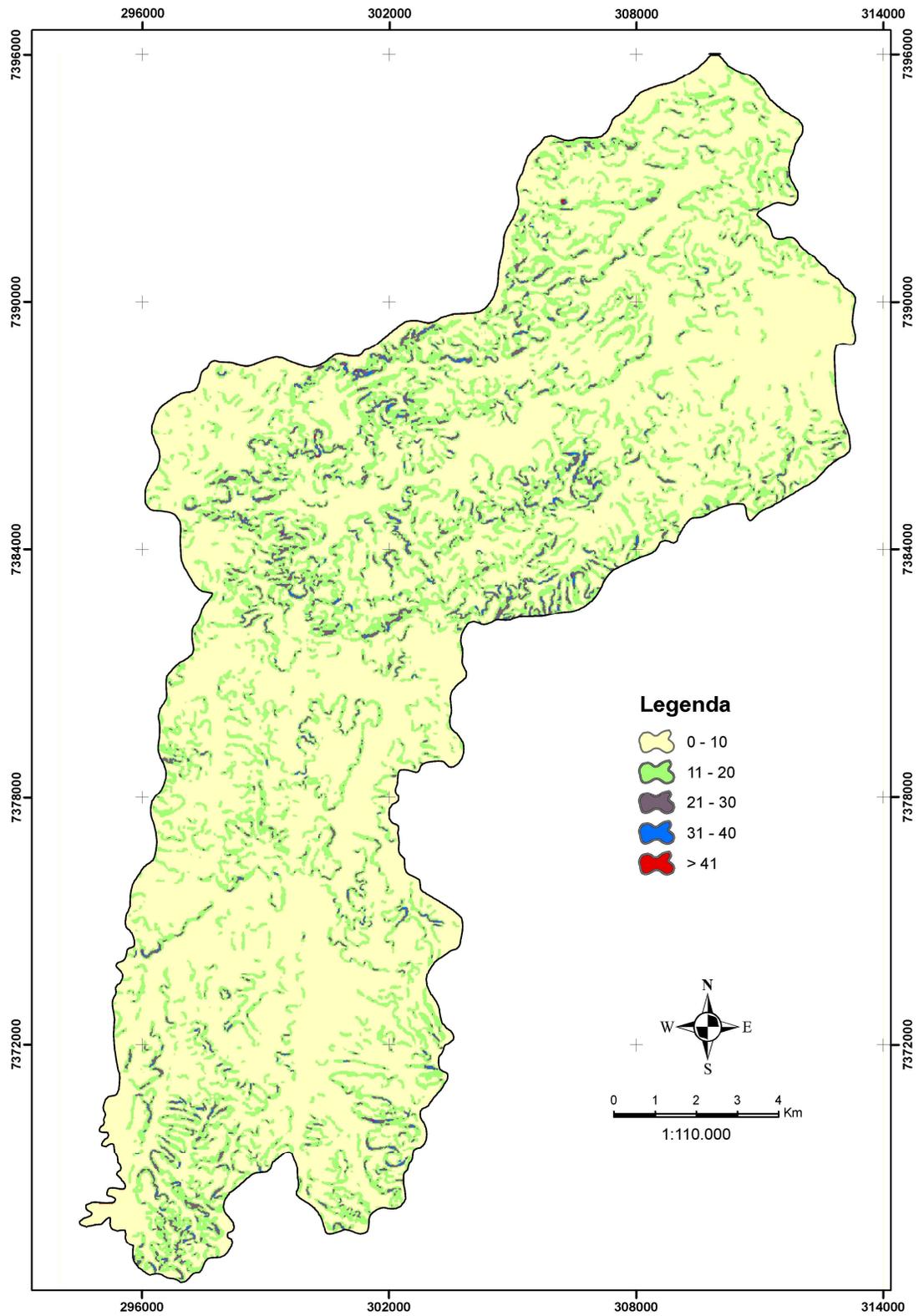


Figura 6.7. Mapa de declividade da bacia.

Foi realizado um novo cruzamento a partir dos mapas intermediários já descritos, para o qual se fez uma nova matriz, chamada de Matriz 2 (Tabela 6.2). A Matriz 2 foi obtida, então, utilizando as mesmas cinco classes usadas para a Matriz 1, que estão representadas nas colunas da Matriz 2, enquanto que as linhas representam as duas categorias de uso da terra, com e sem impermeabilização, definidas pelas classes “permeável” e “não-permeável”, em virtude da ocupação antrópica (figura 7.3). O resultado desta matriz também gerou 5 classes nomeadas de forma semelhante à matriz anterior, assim gerando um terceiro mapa, que levou em consideração a declividade, a distância das vias e a permeabilidade do solo. Para fins de analogia, criou-se dois mapas, aqui denominados Mapa A e o Mapa B em que, um foi elaborado a partir do mapa de vias simplificadas e o outro a partir do mapa vias completas. Assim, pretende-se comparar os mapas e verificar se há diferenças significantes entre as áreas de risco de ambos. Este é o principal mapa resultante do estudo, devendo-se ressaltar que as características de fundamental importância para este estudo são: a declividade e a permeabilidade do solo em relação à localização das vias de tráfego.

Tabela 6.2. Matriz 2, cruzamento das classes resultantes da matriz 1 e da permeabilidade do solo.

Áreas permeáveis		Resultado Matriz 1				
		MB	B	M	A	MA
Permeável	<b>MB</b>	MB	B	B	M	M
Não permeável	<b>MA</b>	M	A	A	MA	MA

Utilizando-se o resultado do Mapa A (figura 7.4), fez-se a sobreposição com o mapa original de hidrografia do banco de dados (rios) na escala de 1:50.000. A partir deste cruzamento é inserido um *buffer* de 50 metros de largura no entorno dos rios, que gerou um mapa de vulnerabilidade dos rios à contaminação por produtos perigosos (figura 7.6).

Apresenta-se o fluxograma (figura 6.8) dos mapas já descritos, que demonstra visualmente o processo de obtenção dos mapas por meio do software IDRISI 3.2.

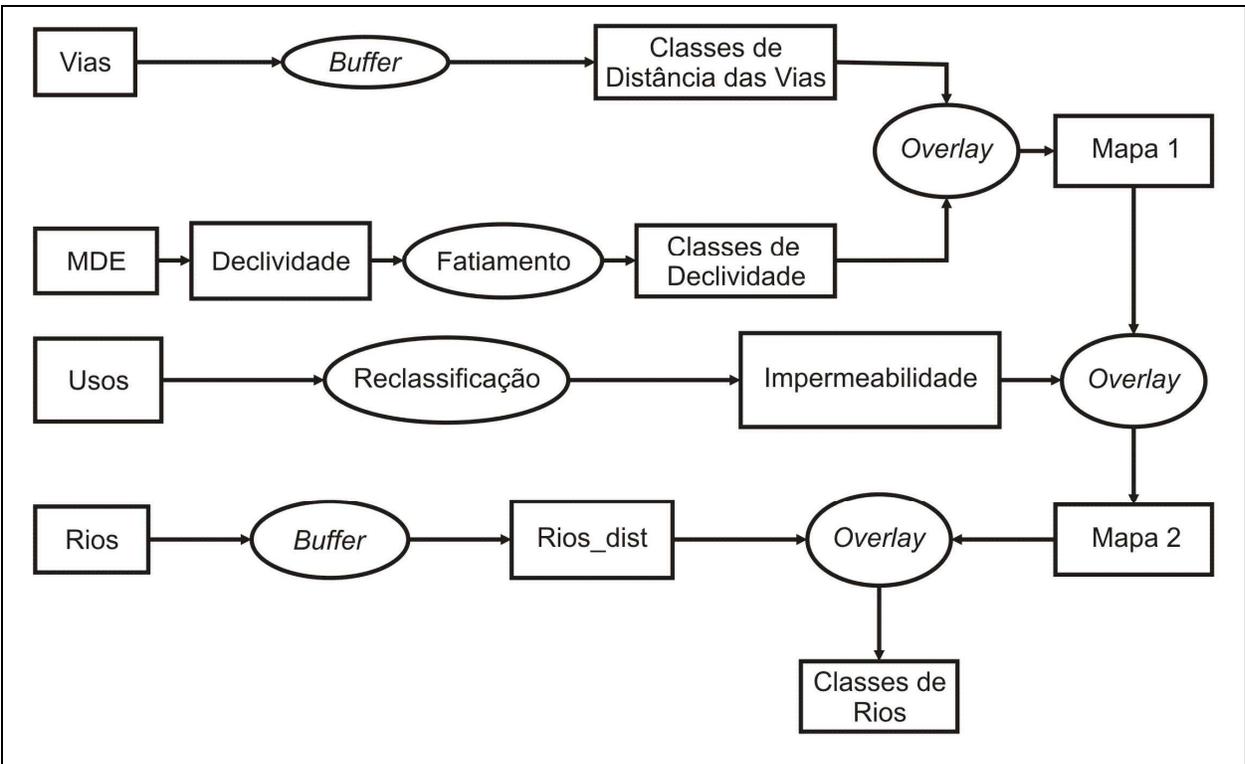


Figura 6.8. Fluxograma de obtenção dos mapas.

Como se considera que o local de maior risco de contaminação ou o pior local para ocorrer um acidente seria quando a estrada cruza com um curso d'água, foi produzido um mapa que mostra os pontos de interseção dos recursos hídricos com as vias simplificadas ou primárias. Para a obtenção deste mapa foi realizada a sobreposição do mapa de hidrografia com o mapa de vias simplificadas e nos pontos de interseção foram feitos *buffers* para realçar esses locais críticos a acidentes.

O seguinte fluxograma (figura 6.9) descreve os passos utilizados para a obtenção da figura 7.7, por meio do software IDRISI 3.2.

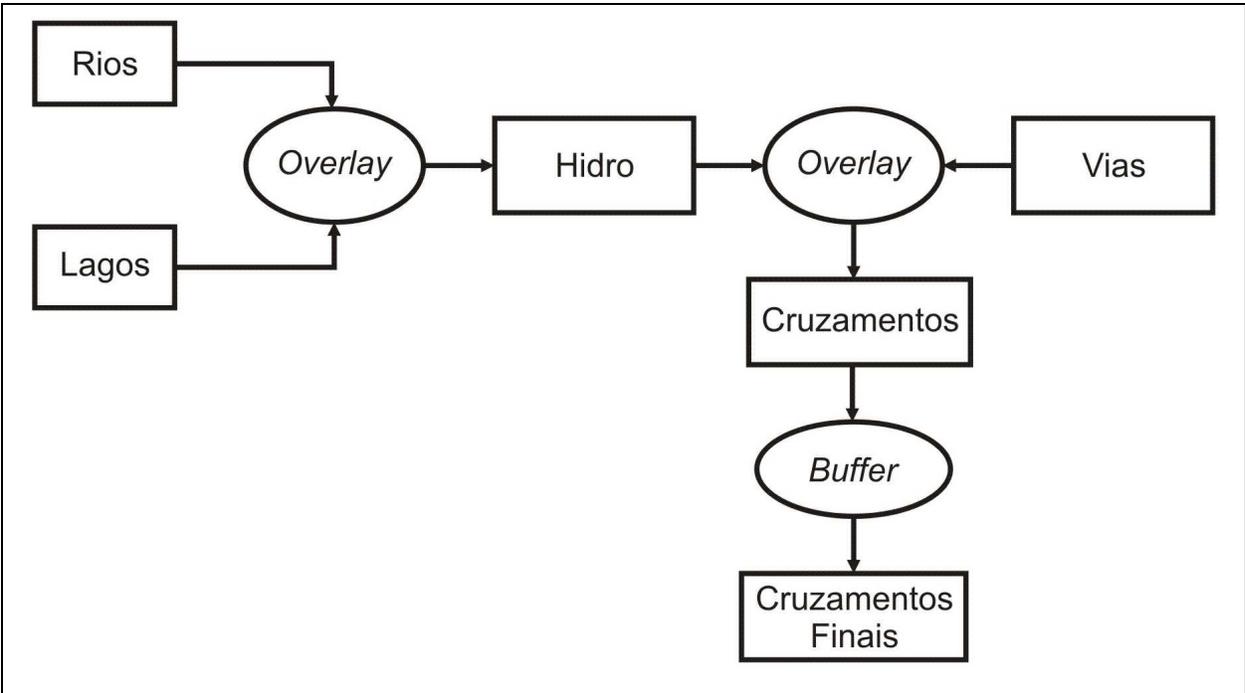


Figura 6.9. Fluxograma do mapa da figura 7.7.

## **7 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A partir da metodologia descrita e dos fluxogramas apresentados, foram gerados diversos mapas para a composição do estudo de caso.

Anteriormente, foi citada a existência de dois mapas, um da malha viária simplificada e outro da malha viária completa. A partir desses dois mapas foi realizada a comparação entre estes diferentes mapas. O mapa que ilustra as vias simplificadas é a figura 7.1. E o mapa da rede viária completa, ou seja, de vias primárias e secundárias da bacia está ilustrado na figura 7.2, vale ressaltar que ambos os mapas foram gerados por meio da mesma classificação utilizada na Matriz 1.

O mapa de uso e ocupação da terra, na escala de 1:25.000 do banco de dados, tinha sua classificação dividida em 27 classes e foi reclassificado em permeável, representando a classe de muito baixo risco (MB) e não-permeável, representando a classe de muito alto risco (MA), que resultou no mapa da figura 7.3.

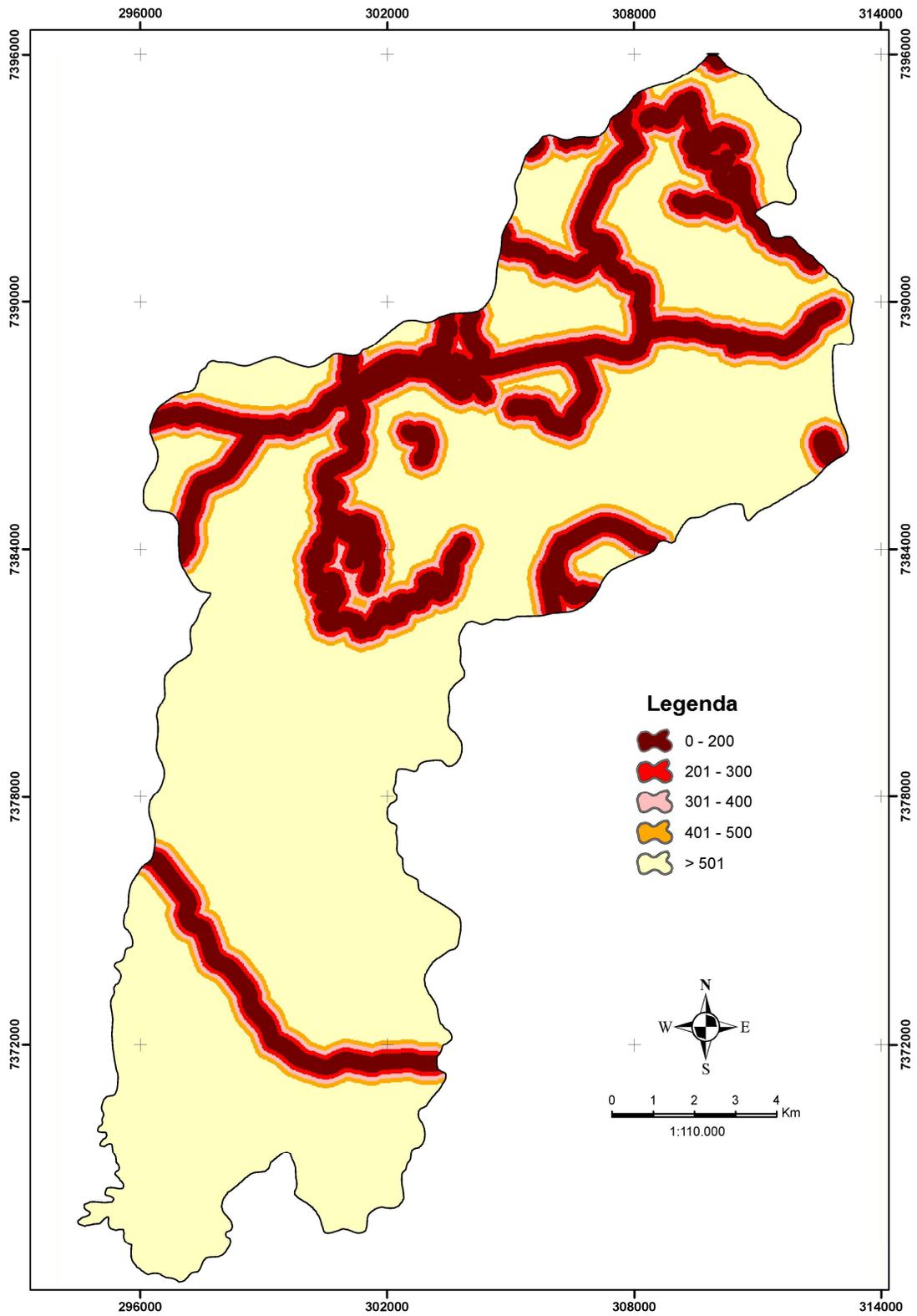


Figura 7.1. Mapa de classes de distância da malha viária utilizado na matriz 1.

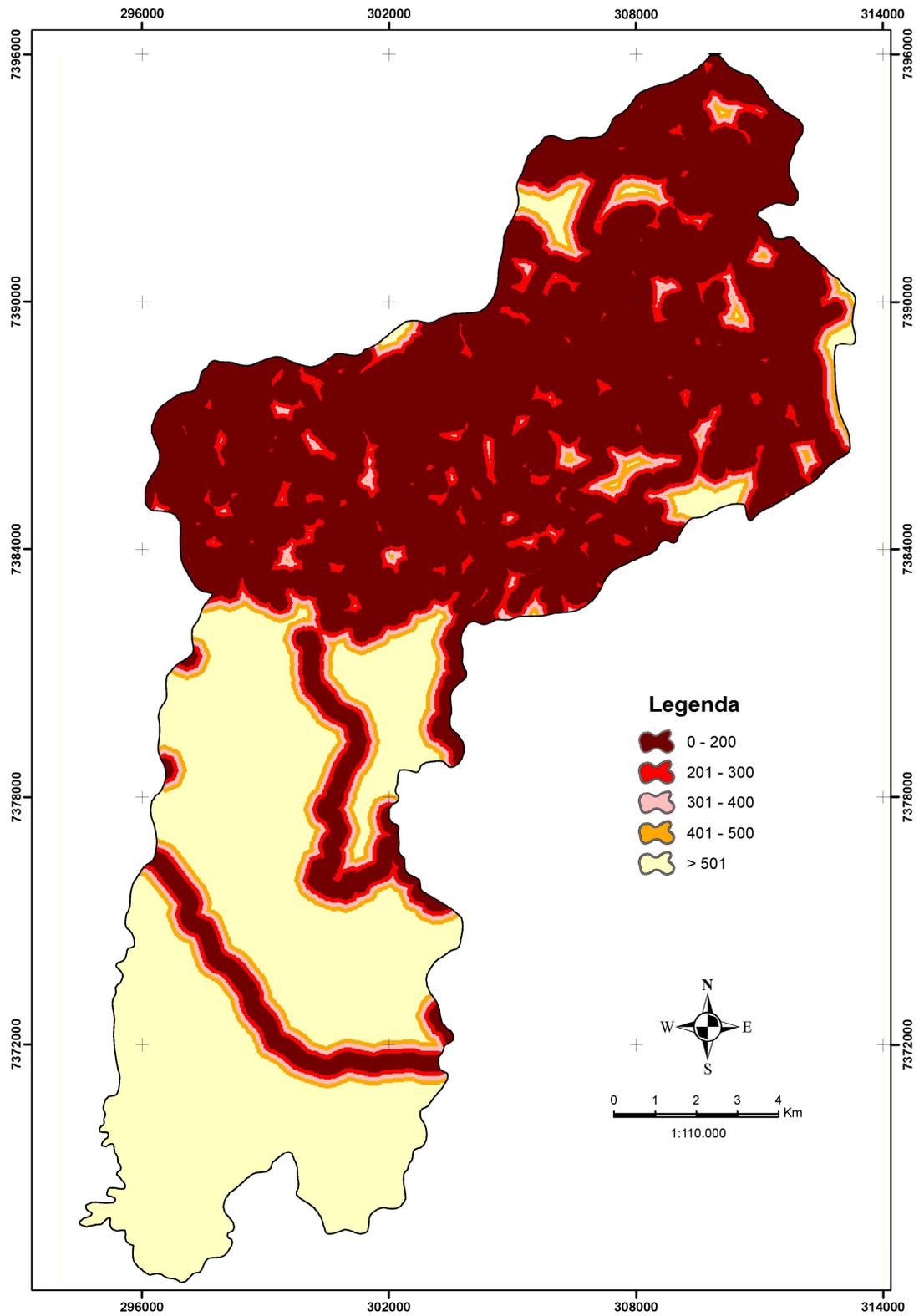


Figura 7.2. Classes de distância considerando a malha viária completa, na matriz 1.

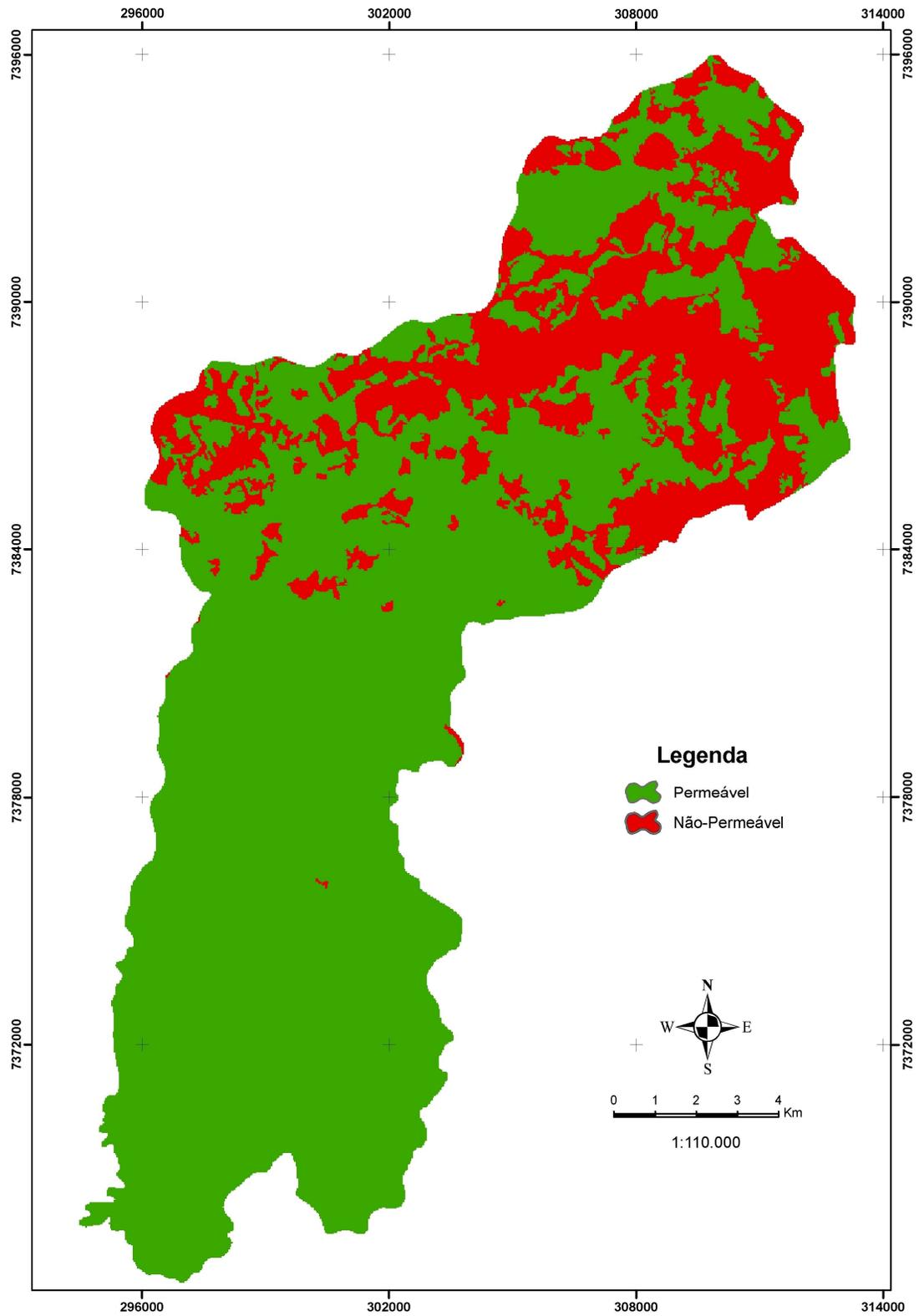


Figura 7.3. Mapa de áreas permeáveis e impermeabilizadas em virtude da ocupação humana.

Devido ao grande adensamento de vias, conforme ilustrado pela figura 7.5, o mapa resultante mostra-se bem diferente da figura 7.4. Quando se compara os mapas A e B, vê-se claramente a diferença entre os dois, já que a figura 7.5, no que abrange a porção do Baixo Cotia, possui áreas bem maiores das classes de alto e baixo riscos em relação ao outro mapa. De fato, percebe-se que onde havia porções de áreas de risco muito baixo, nesta figura vê-se que as áreas passaram a ser de risco baixo e o mesmo acontece em relação à classe de risco médio que passou, em alguns pontos, a ser de risco alto. Porém, observa-se que na figura 7.4 a área de risco muito alto está, em sua maior parte, bem concentrada ao longo da rodovia Raposo Tavares, já na figura 7.5, essas áreas apresentam-se dispersas, tendo um predomínio maior da classe de alto risco. No geral, as demais classes também se mostram dispersas.

Se for considerado que a via de principal tráfego, tanto de carga perigosas como de qualquer outro tipo de carga ou veículo, está na rodovia Raposo Tavares e nas estradas que dão acesso a ela, entende-se o porquê da região da rodovia representar o maior nível de risco apresentado pela figura 7.4. Este trecho além de ser o foco do acidente, é a área de maior declividade e com grande parte do solo impermeabilizado pela urbanização, ou seja, no caso de ocorrer um acidente, a possibilidade do escoamento ou dispersão do produto é muito alta, podendo não só atingir os cursos d'água contaminando-os, como também causar danos às pessoas que moraram e/ou circulam pela região.

No mapa com a malha viária completa, ou seja, com os arruamentos, como já foi comentado, resultou em uma dispersão das classes. Se a Raposo Tavares for tomada como principal referência no mapa devido sua importância no transporte de produtos perigosos, pode-se dizer que este mapa mascara a suscetibilidade ao risco da rodovia. Isso se deve ao fato de que no processamento dos dados existe uma sobreposição das vias em virtude do adensamento local, somado a utilização do *buffer* em uma extensão de 500m e a escala do mapa. Além disso, os arruamentos não devem associar o mesmo grau de risco que a rodovia, pois nesses locais a probabilidade de acidentes é muito menor, já que o fluxo de tráfego e transporte de cargas é menor e praticamente não existem os fatores peculiares a acidentes em rodovias, como velocidade limite alta e abalroamentos.

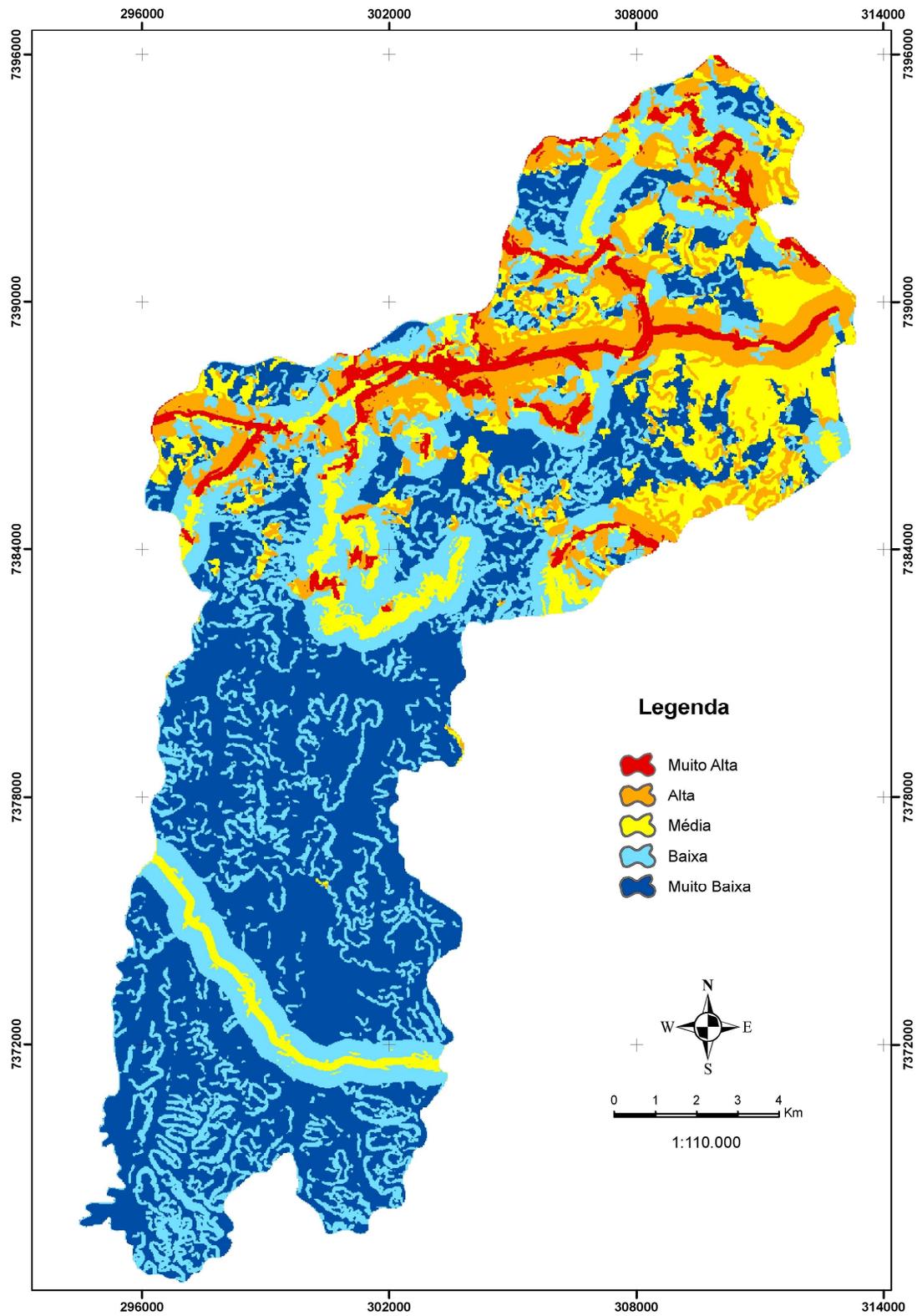


Figura 7.4. Mapa A - Risco de contaminação por produtos perigosos em vias primárias.

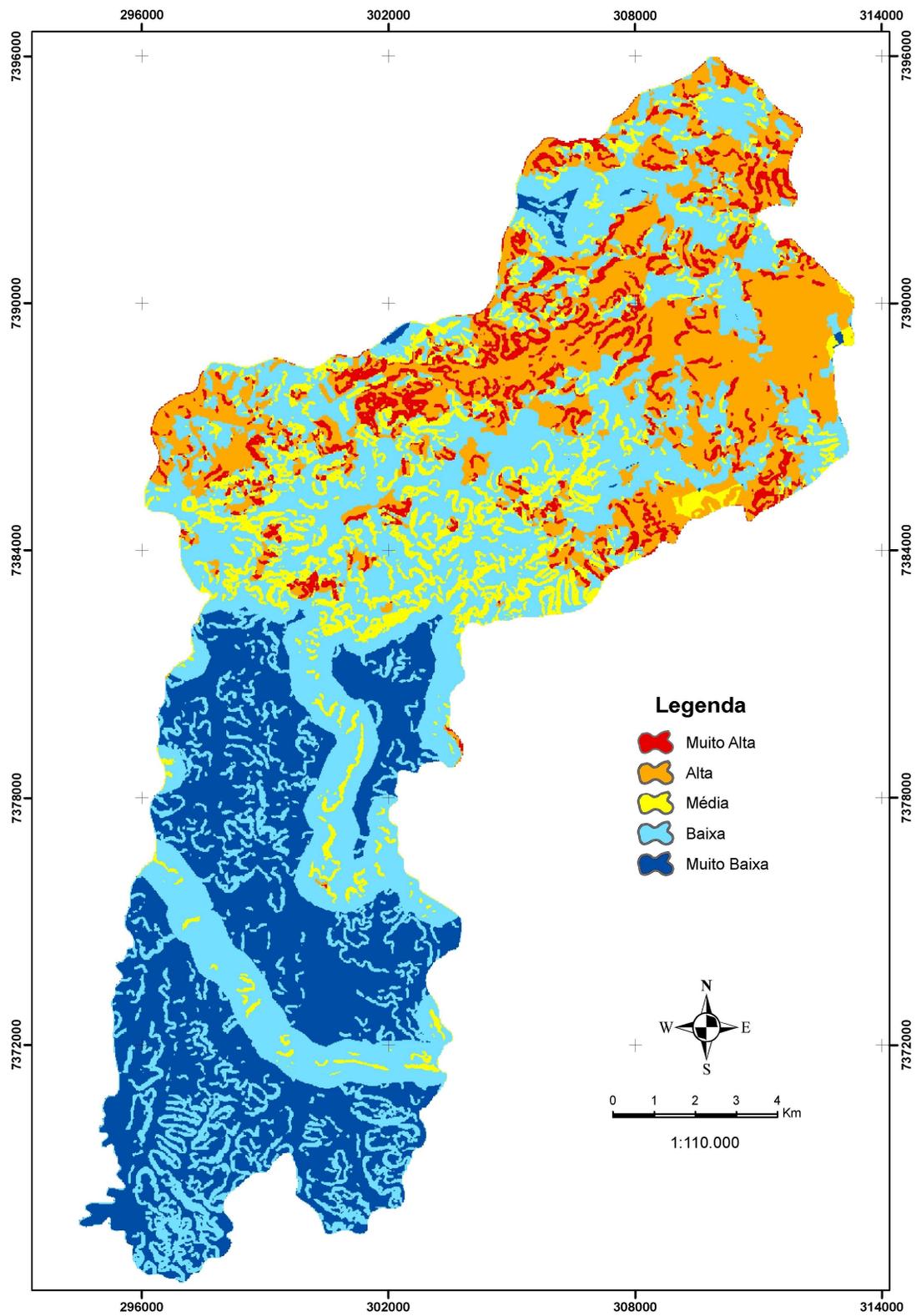


Figura 7.5. Mapa B - Risco de contaminação por produtos perigosos em todas as vias.

Outra característica que pode ser observada é a grande diferença entre a parte do Alto Cotia e do Baixo Cotia. No Alto Cotia há o predomínio de áreas de muito baixo risco, isso se deve a existência da Reserva Florestal do Morro Grande, que garante a preservação ambiental e dos recursos hídricos e ainda impede o avanço da urbanização.

Como se observa na figura 6.6 e no histórico da bacia, esta é uma área rica em cursos d'água, tanto no sistema do Alto como do Baixo Cotia, que alimentam parte do abastecimento de água RMSP. Deste modo, é importante ressaltar que uma contaminação por produtos perigosos, nesta região, poderá acarretar sérios problemas no abastecimento de água, no ecossistema aquático e, conseqüentemente, para a saúde humana.

A figura 7.6 tem a finalidade de representar a suscetibilidade à contaminação dos cursos d'água. Nesta figura, em que se inclui a rede hidrográfica, observa-se que as áreas de maior suscetibilidade se concentram nos cursos d'água próximo a rodovia e a medida que se afasta, essa suscetibilidade diminui.

Pela figura 7.7 é possível notar a grande quantidade de pontos que realçam os cruzamentos entre as principais estradas e os cursos d'água, mostrando a relevância de um estudo de mapeamento de risco desta bacia, em virtude das características já discutidas. Assim, existe a possibilidade de se incluir este tipo de avaliação no plano de gerenciamento da bacia e auxiliar na tomada de decisão no processo de prevenção e remediação de acidentes, no posicionamento de equipes de resgate e emergências químicas e quem sabe, em um melhor planejamento de desenvolvimento regional.

Deve-se comentar que a escala escolhida para este trabalho gerou mapas que dão uma visão mais genérica da área, de acordo com os fatores selecionados. Se a escala for modificada para uma escala menor, conseqüentemente os fatores a serem escolhidos podem e devem ser alterados, levando em consideração a nova abordagem que pode ser feita da região, adicionando detalhes que antes não poderiam ser distinguidos no mapa. Assim, poderiam ser incluídos no estudo parâmetros como: galerias pluviais, tipo e quantidade de produto perigoso e as características de sua dispersão, entre outros. Desta forma, pode-se obter diferentes resultados dependendo da variação usada e para qual finalidade o estudo está sendo desenvolvido. No presente

trabalho deu-se maior importância à localização de vias de maior tráfego em relação à localização dos recursos hídricos, de acordo com a declividade da área e a permeabilidade de solo.

Por esta descrição, este trabalho teve a finalidade de possibilitar uma visão da potencialidade de risco na área estudada dando maior importância às vias. No entanto, poder-se-ia priorizar o fluxo de dispersão de produtos derramados até o curso d'água, avaliando com maior exatidão a área e o grau de contaminação do local, auxiliando as equipes de emergência na mitigação das conseqüências. Para tanto, seria necessário um maior detalhamento da área e do produto a ser considerado, utilizando uma metodologia que permitisse o desenvolvimento desta proposta.

Considerou-se que a partir de pequenas mudanças em alguns dos parâmetros utilizados poder-se-ia obter resultados diferenciados dos apresentados. Por exemplo, modificar o raio do *buffer* utilizado no mapa de malha viária, atribuindo um raio menor para os arruamentos, ou seja, a área de influência seria menor e provavelmente a sobreposição ocorrida na figura 7.5 diminuiria e o resultado do mapa sofreria uma menor distorção. Outro fator que poderia ser alterado é a divisão de classes do mapa de permeabilidade do solo. O mapa deste estudo foi dividido em apenas duas classes, todavia, se houvesse a propositura de uma divisão em um número maior de classes, este suposto mapa poderia contribuir para uma nova distribuição das classes de risco na área de estudo.

Outro enfoque que pode ser dado ao presente trabalho é, por exemplo, um estudo para criação ou adequação da lei de zoneamento municipal. Deste modo, poder-se-ia alocar a zona industrial de acordo com o local considerado mais apropriado dentro da bacia hidrográfica em função de suas peculiaridades. Como também poderia ser usado para alocar estações de tratamento de água ou de esgoto e captação de água, entre outros.

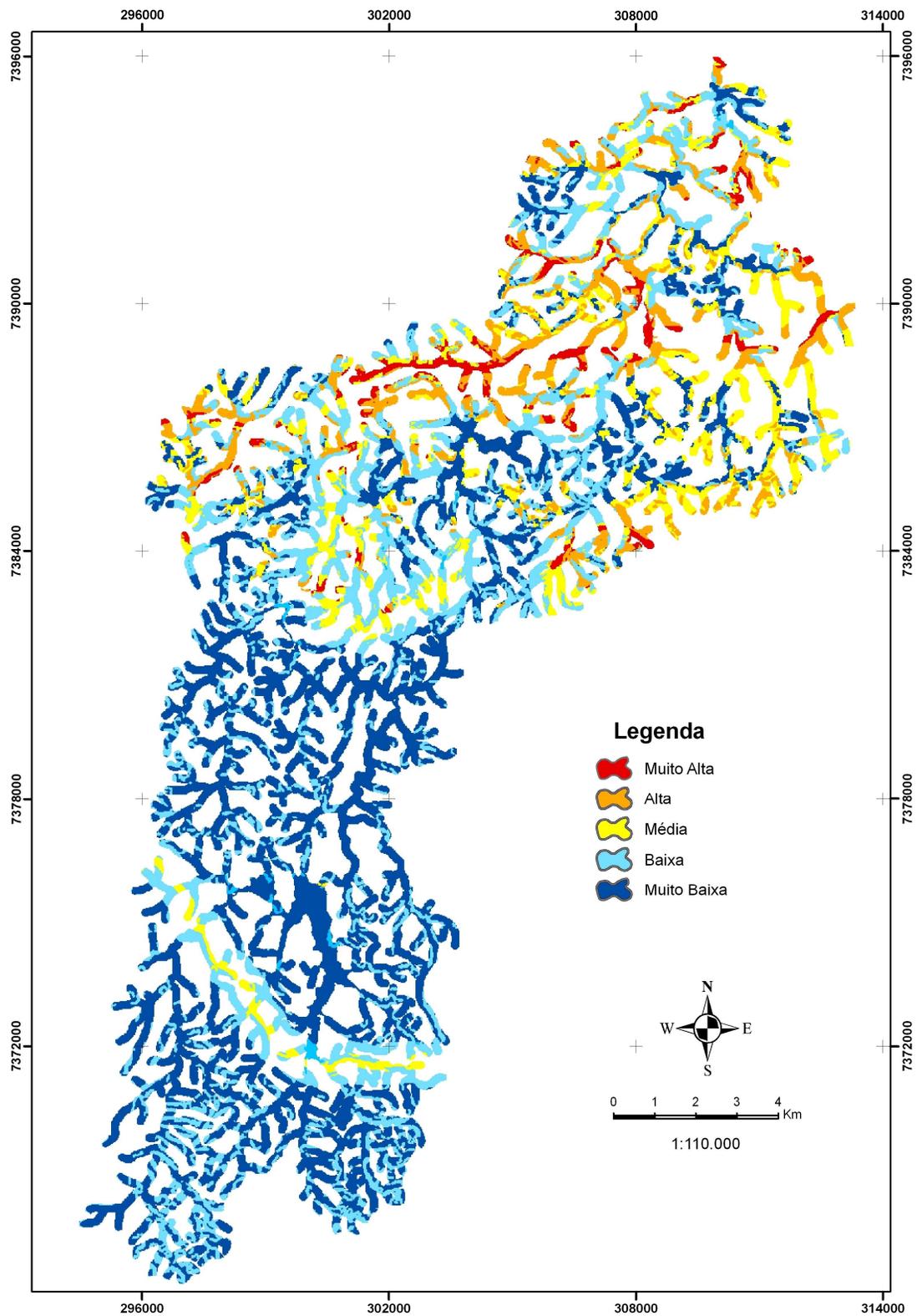


Figura 7.6. Mapa de vulnerabilidade dos recursos hídricos à contaminação.

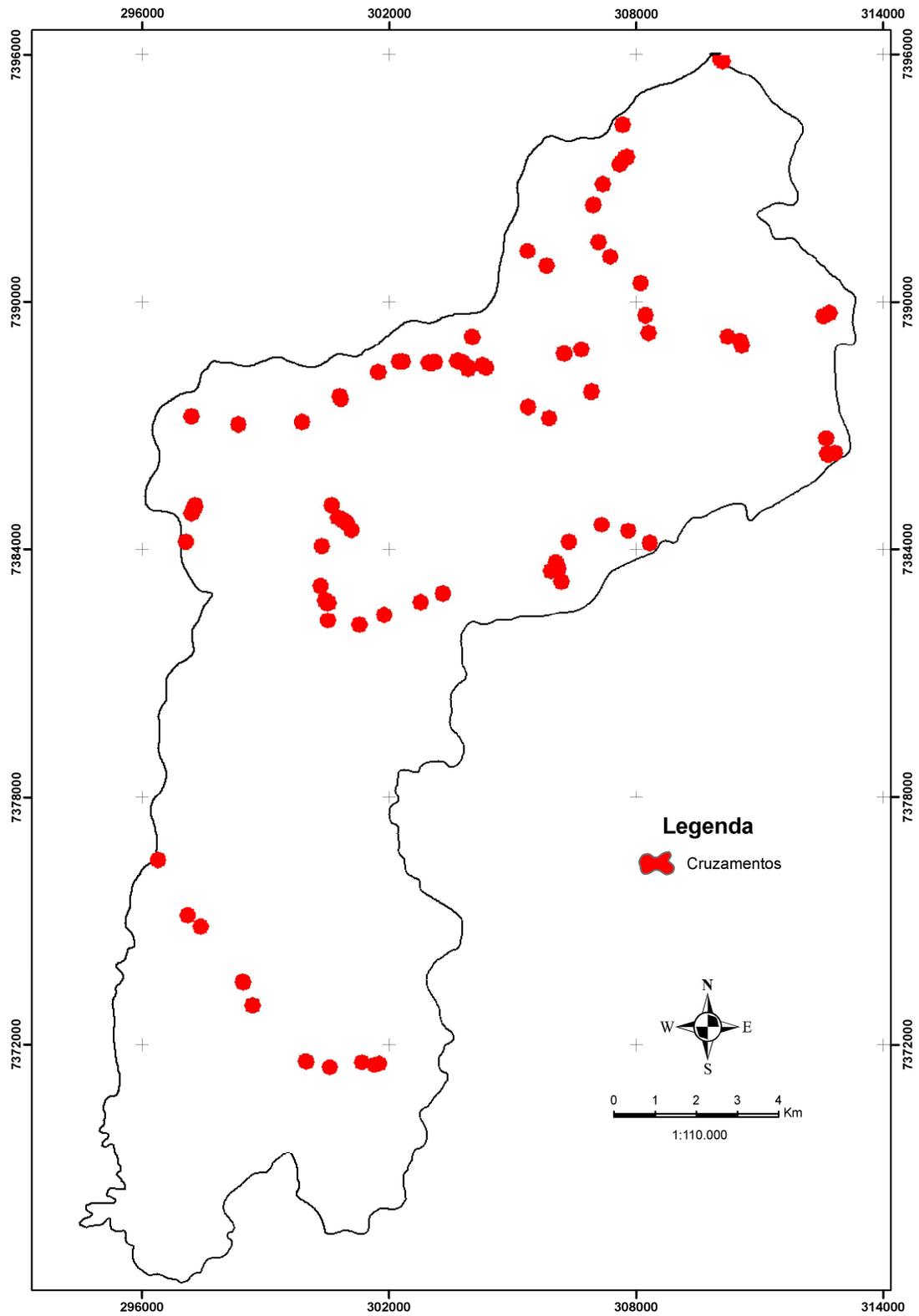


Figura 7.7. Pontos de interseção dos recursos hídricos com a malha viária primária.

## 8 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os mapas elaborados neste trabalho permitiram dar uma representação do risco em rodovias, provando-se apto a ser usado como ferramenta de auxílio na prevenção e na remediação de acidentes.

O Sistema de Informação Geográfica, neste caso o *software* IDRISI 3.2, mostrou ser capaz de produzir mapa que represente área de risco. E o mapeamento é uma ferramenta de visualização eficaz e de fácil compreensão. Todavia, visando um aprimoramento deste estudo, poderia ser realizado um ensaio para aferição comparando a situação “in locu” e o mapeamento.

Esta metodologia pode ser usada e adaptada para outras bacias gerando outros mapas que podem subsidiar os gestores de bacias a alocar equipes e recursos para o atendimento emergencial, agilizando o processo de resgate e contenção do produto, e na tomada de decisão de assuntos relacionados. Também pode ser utilizado no planejamento de desenvolvimento da bacia, com o intuito de amenizar situações críticas já presentes ou identificar pontos vulneráveis, para que sejam tomadas medidas de controle nas atividades que possam agravar a suscetibilidade ao risco de uma região.

Como pôde ser observado, nos programas para redução de acidentes e mitigação das conseqüências, diversas ações foram propostas, conjuntamente, poderia ser incluída a utilização de mapas de risco como ferramenta de orientação na tomada de decisão. Além disso, pode-se recomendar que nas áreas identificadas com maior potencial ao risco de acidente com cargas perigosas, sejam propostas a diminuição da velocidade e sonorização da pista para aumentar a segurança, conseqüentemente, diminuindo os riscos.

Para futuros trabalhos, com o objetivo de delimitar mais detalhadamente a área de dispersão e o grau de risco associado de um produto derramado em virtude de um possível acidente, sugere-se que seja conjuntamente utilizado como metodologia para o mapeamento a geoestatística. Todavia, supõe-se necessário que seja feito um recorte de uma área e seja fixado um ponto hipotético de acidente.

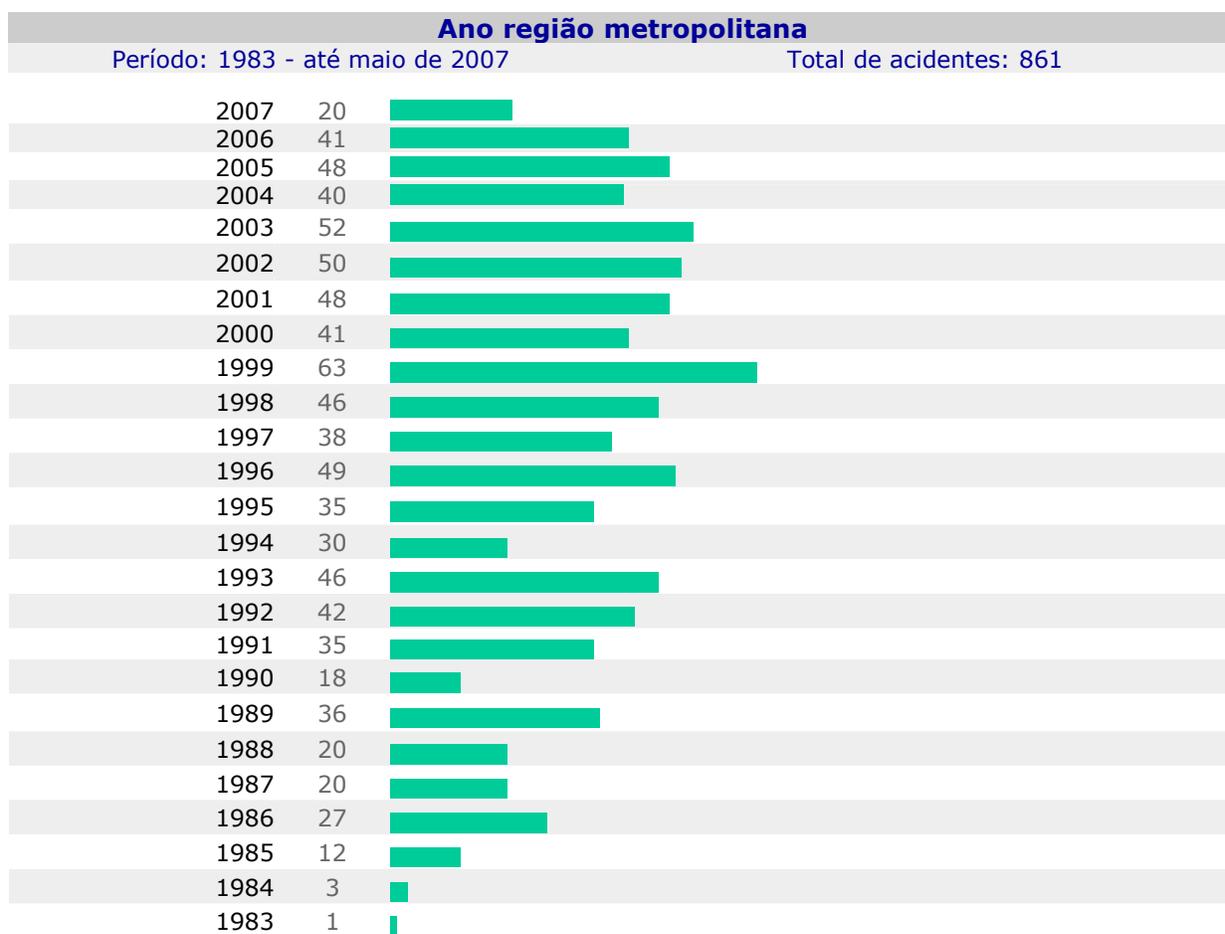
## ANEXO A

Tabela 1: Estatística de acidentes rodoviários por rodovias do Estado de São Paulo.

		<b>Rodovias</b>	
Período: 1998 - até maio de 2007		Total de acidentes: 1325	
Anchieta	42		
Anhanguera	96		
Aryton Senna	7		
Bandeirantes	72		
BR-153	2		
Brigadeiro Faria Lima	7		
Candido Portinari	6		
Castelo Branco	58		
D. Pedro I	42		
Fernão Dias	15		
Imigrantes	32		
Índio Tibiriça	4		
Marechal Rondon	40		
Marginal Pinheiros	7		
Marginal Tietê	24		
Mogi-Bertioga	4		
Mogi-Dutra	3		
Orlando Quagliato	2		
Padre Manoel da Nóbrega	24		
Piaçaguera Guarujá	3		
Presidente Dutra	107		
Raposo Tavares	35		
Régis Bitencourt	76		
Rodovias SP	354		
Ruas / Avenidas	208		
Santos Dumont	7		
Tamoios	3		
Washington Luiz	45		

Fonte: CADEQ - Cadastro de Emergências Químicas – CETESB.

Tabela 2: Estatística de acidentes rodoviários por ano nas rodovias do Estado de São Paulo.



Fonte: CADEQ - Cadastro de Emergências Químicas – CETESB.

## **ANEXO B**

Dados fornecidos pela CADEQ dos registros de acidentes com cargas perigosas ocorridos na Rodovia Raposo Tavares.

### **CADEQ -Cadastro de Emergências Químicas**

#### **CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental**

**Operação:**055/88    **Data:**15/08/1988    **Município:**COTIA    **Região:** METROPOLITANA

**Produto:**COLA    **Classe de Risco:**3    **Qtde:**2 TON

**Atividade:**TRANSPORTE RODOVIARIO

**Descrição:**DEVIDO AO TOMBAMENTO DE VEICULO NA RODOVIA RAPOSO TAVARES, KM 21, OCORREU O ROMPIMENTO DE ALGUMAS EMBALAGENS DO PRODUTO, OCASIONANDO DERRAMAMENTO SOBRE A PISTA.

**Operação:** 057/88    **Data:**16/08/1988    **Município:**COTIA    **Região:**METROPOLITANA

**Produto:** HIDROXIDO DE SODIO    **Classe de Risco:** 8    **Qtde:**NÃO ESTIMADA

**Atividade:**TRANSPORTE RODOVIARIO

**Descrição:** DEVIDO AO TOMBAMENTO DE UM VEICULO DA TRANSPORTADORA RODO-FAMA, NA RODOVIA RAPOSO TAVARES, KM 40, OCORREU O VAZAMENTO DO PRODUTO SOBRE A PISTA.

**Operação:** 009/90    **Data:** 15/01/1990    **Município:** COTIA    **Região:** METROPOLITANA

**Produto:** OLEO LUBRIFICANTE    **Classe de Risco:** NC    **Qtde:** 18 TON

**Atividade:** TRANSPORTE RODOVIARIO

**Descrição:** DEFEITO NA VALVULA DE DESCARGA DO TANQUE DO VEICULO DA TRANSPORTADORA LWART NA RODOVIA RAPOSO TAVARES, KM 27,5. O VAZAMENTO DO PRODUTO ATINGIU AS GALERIAS DE ÀGUAS PLUVIAIS DA EMPRESA LORILEUX E O RIO COTIA.

**Operação:** 023/90 **Data:** 23/02/1990 **Município:** COTIA **Região:** METROPOLITANA

**Produto:** OLEO DIESEL **Classe de Risco:** 3 **Qtde:** 5000 LITROS

**Atividade:** TRANSPORTE RODOVIARIO

**Descrição:** DEVIDO A COLISAO DE VEICULO DA TRANSPORTADORA RENO, NA RODOVIA RAPOSO TAVARES, KM 18, OCORREU O VAZAMENTO DO PRODUTO QUE ATINGIU GALERIA DE AGUAS PLUVIAIS E O RIO COTIA.

**Operação:** 120/94 **Data:** 04/08/1994 **Município:** COTIA **Região:** METROPOLITANA

**Produto:** ALCOOL METILICO **Classe de Risco:** 3 **Qtde:** 200 LITROS

**Atividade:** TRANSPORTE RODOVIARIO

**Descrição:** DEVIDO O TOMBAMENTO DO VEICULO DA TRANSPORTADORA BRASCLORO NA RODOVIA RAPOSO TAVARES, KM 21, OCORREU O VAZAMENTO DO PRODUTO QUE ATINGIU O ACOSTAMENTO DA PISTA.

**Operação:** 488/00 **Data:** 08/12/2000 **Município:** COTIA **Região:** METROPOLITANA

**Produto:** OXIGEN IO **Classe de Risco:** 2 **Qtde:** NÃO HOUVE VAZ.

**Atividade:** TRANSPORTE RODOVIARIO

**Descrição:** TOMBAMENTO DE VEICULO DA TRANSPORTADORA GAFOR TRANSPORTES NA RODOVIA RAPOSO TAVARES KM 30, SEM VAZAMENTO DO PRODUTO.

**Operação:** 371/06 **Data:** 12/12/2006 **Município:** COTIA **Região:** METROPOLITANA

**Produto:** SODA CAUSTICA **Classe de Risco:** 8 **Qtde:** 500 LITROS

**Atividade:** TRANSPORTE RODOVIARIO

**Descrição:** QUEDA DE BOMBONAS DA CARROCEIRA DO VEÍCULO QUE TRANSPORTAVA SODA CAUSTICA NA RODOVIA RAPOSO TAVARES, KM31-COTIA. HOUVE VAZAMENTO DE 500 LITROS DO PRODUTO, ATINGINDO GALERIAS DE AGUAS PLUVIAS E CÓRREGO LOCAL.

quarta-feira, 16 de maio de 2007

**CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental**

Página 1

## Referências Bibliográficas

ABKOWITZ, M. et. al. *Comparative Risk Assessment of Hazmat and Non-Hazmat Truck Shipments*. Annual Meeting of the Transportation Research Board and for publication in *Transportation Research Record*. July,2000. 38p.

AICHE. *Guidelines for chemical transportation risk analysis*. New York: American Institute of Chemical Engineers, 1995. 1-17p.

ASSAD, E. D. **Sistemas de informações geográficas: aplicações na agricultura**. 2ºed. Brasília: Embrapa-SPI/CPAC, 1998. 434p.

ATTANASIO, C. M. **Planos de manejo integrado de microbacias hidrográficas com uso agrícola: uma abordagem hidrológica na busca da sustentabilidade**. Tese (Doutorado), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2004. 193p.: il. Disponível em: <www.teses.usp.br>. Acesso em: 28 ago. 2006.

BARTHOLO, R. F. **Transporte de produtos e resíduos perigosos**. São Paulo. CETESB, 1992. p. 3-4.

BELLIA, V. **Rodovias, recursos naturais e meio ambiente**. Niterói: EDUFF;RJ:DNER,1992. 360p.

BONHAM-CARTER, G. *Geografic information systems for goescientists: modelling with GIS*. p.cm. (Computer methods in the geosciences). 1º ed, 1996.

BRASIL. **Decreto nº 96.004**, de 18 de maio de 1988. **Aprova o Regulamento para o Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos e dá outras providências**. Disponível em: <www.antt.gov.br>. Acesso em: 14 abr. 2005.

BRASIL. **Lei Federal nº 9.433**, de 08 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos**.

Disponível em: <[http://planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9433.htm](http://planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm)>. Acesso em: 27 mai. 2006, 16:08.

BRASIL. **Portaria nº349**, de 4 de junho de 2002. **Aprova as Instruções para a Fiscalização do Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos no Âmbito Nacional**. Disponível em: <[www.antt.gov.br](http://www.antt.gov.br)>. Acesso em: 14 abr. 2005.

BRASIL. **Resolução nº420**, de 12 de fevereiro de 2004. **Aprova as instruções complementares ao regulamento do transporte terrestre de produtos perigosos**. Disponível em: <[www.antt.gov.br](http://www.antt.gov.br)>. Acesso em: 14 abr. 2005.

BURROUGH, P. A. **Principles of geographical information systems**. New York: Oxford University press, 1998. p 4-16.

CAMPOS, M. A. V.de; SERPA, R. R.; AVENTURATO, H. **Diagnóstico dos acidentes no transporte rodoviário de produtos perigosos no estado de São Paulo**. São Paulo: CETESB, 1993. 44p.

CAMPOS, N.; STUDART, T. **Gestão de águas: princípios e práticas**. Porto Alegre: ABRH, 2001. 123p.

CASTRO, A. L. C. DE. **Glossário de defesa civil: estudos de risco medicina de desastres**. Coordenador: Antônio L. C. de Castro. Brasília: Ministério do planejamento e orçamento, 1998, 2 ed. 173p. Disponível em: <[www.defesacivil.gov.br](http://www.defesacivil.gov.br)>. Acesso em: 23 ago. 2006.

CAVALCANTI, R. N. et al. **Sistema de gestão de recursos hídricos através de sistema de gestão ambiental (SGA) em áreas de proteção ambiental municipais (APA ou APAM)**. Gestão de recursos hídricos. Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, 2003. 39p.

CETESB. **Planos de emergência para o atendimento a acidentes no transporte rodoviário de produtos perigosos - resolução SMA nº81, de 01/12/1998.** 2001. Disponível em: <www.cetesb.sp.gov.br>. Acesso em: 24 jul. 2007.

CETESB. **Manual de produtos químicos.** 2004. Disponível em: <www.cetesb.sp.gov.br>. Acesso em: 14 jan. 2005.

CETESB. **Estatísticas de acidentes do setor rodoviário com produtos perigosos.** CADEQ - Cadastro de Emergências Químicas. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/emergencia/estatisticas/rodoviario.asp>>. Acessado em: 24 jul. 2007.

CNT. **Boletim estatístico: rodoviário.** 2005. Disponível em: <www.cnt.org.br >. Acesso em: 16 mar. 2006.

CNT. **Pesquisa rodoviária CNT.** 8 ed. 2003. Disponível em: <www.cnt.org.br >. Acesso em: 16 mar. 2006.

CORWIN, D. L.; LOAGUE, K., ELLSWORTH, T. R. *GIS-based modeling of non-point source pollutants in the vadose zone.* *Journal of soil and water conservation*, first quarter, 1998, 53,1. 34p.

DER. **Mapa rodoviário do estado de São Paulo - mapa de acidentes.** Arquivos disponíveis. 2003 ed. Secretaria dos Transportes, Governo do Estado de São Paulo. Disponível em: <[http://www.der.sp.gov.br/malha/download\\_mapas.aspx/](http://www.der.sp.gov.br/malha/download_mapas.aspx/)> Acesso em: 31 out. 2006.

DER. **Estatística de tráfego: volume diário médio - por rodovia.** Disponível em: <[http://www.der.sp.gov.br/malha/estatisticas\\_trafego/estat\\_trafego/](http://www.der.sp.gov.br/malha/estatisticas_trafego/estat_trafego/)> Acesso em: 09 mai. 2007.

DNER. **Procedimentos básicos para operação de rodovias.** 1997. Disponível em: <<http://www.defesacivil-estrela.com.br/>>. Acesso em: 15 jan. 2005.

EPA. *Assessment of the incentives created by public disclosure of off-site consequence analysis information for reduction in the risk of accidental releases*. 2000. Disponível em: <www.epa.gov >. Acesso em: 25 jun. 2005.

EPA. *Epa report: indicators of the environmental impacts of transportation: 2*. 2 ed. 1999. Disponível em: <www.epa.gov >. Acesso em: 14 jan. 2005.

FERREIRA, R. V. **Utilização de sistemas de informações geográficas na identificação de unidades geoambientais no município de Analândia-SP**. Dissertação (Mestrado), Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2005.

FREITAS, A. J. de. **Gestão de Recursos Hídricos**. In: *Gestão de Recursos Hídricos. Aspectos Legais, Econômicos, Administrativos e Sociais*. SILVA, D. D. da (Org.) ; PRUSKI, F. F. (Org.). 1. ed. Brasília: MMA/UFV/ABRH, 2000. v. 1. p 1-120.

GEIPOT. **Anuário estatístico dos transportes**. Disponível em: < <http://www.geipot.gov.br/>>. Acessado em: 23 abr. 2005.

GIUPPONI, C. & VLADIMIROVA, I. *Ag-PIE: A GIS-based screening model for assessing agricultural pressures and impacts on water quality on a European scale*. *Science of the Total Environment*. 19p. 2005. Disponível em: <<http://www.elsevier.com/locate/scitotenv>>. Acessado em: 07 ago. 2006.

GOODCHILD, M.F.; PARKS, B. O.; STEYAERT, L.T. *Environmental modeling with GIS*. Oxford University Press, Oxford, 1993.

GRABHER, C.; BROCHI, D.F.; LAHÓZ, F. C. C. **A gestão do recursos – buscando o caminho para as soluções**. Sindicato nacional dos editores de livros, RJ. Americana, SP. 64p.:il., 2003.

HADDAD, E.; AVENTURATO, H.; RABANEDA, J. L. **Atendimento a acidentes com produtos químicos**. São Paulo: CETESB, 1993. 26-27p.

HARTMAN, L. C. **Uma metodologia para avaliação de risco do transporte de produtos perigosos por meio rodoviário.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2003.

HEINRICH, J. DA S. E S. **Aplicação da análise de riscos a atividades do transporte rodoviário de carga geral.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2004.

HUMAYTA, M. H. R.; CAMPOS, A. E. M. de; OLIVEIRA FILHA, M. T. de. **Contribuição da toxicologia para as atividades de controle ambiental: principais substâncias químicas envolvidas nos acidentes rodoviários no estado de São Paulo, 2.** São Paulo: CETESB, 2001.p. 2-3.

IBP. **Transporte de produtos perigosos.** Comissão para movimentação de produtos especiais: manual de acidentes. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás. 1980. 186p.

LAGROTTI, C. A. A. **Planejamento agroambiental do município de Santo Antônio do Jardim - SP: estudo de caso na microbacia hidrográfica do córrego do Jardim.** Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2000.

LANNA, A. E. L. **Gerenciamento de Bacia Hidrográfica: aspectos conceituais e metodológicos.** Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. 1995. 171 p.: il. (Coleção meio ambiente.).

LARA, R. **Acidentes rodoviários causam 36% dos danos ambientais.** 2003. Disponível em: <[www.jcsol.com.br/2003/10/17/17A602.php](http://www.jcsol.com.br/2003/10/17/17A602.php)>. Acessado em: 29 out. 2004.

MORAES, G. **Regulamentação do transporte terrestre de produtos perigosos o excesso de regulamentação contribui efetivamente para a redução dos acidentes no transporte de**

**produtos perigosos?.** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Engenharia de Segurança. 2001. Disponível em: <[www.sobes.org.br](http://www.sobes.org.br)>. Acessado em: 12 mar. 2005.

NAS. *Understanding risk: informing decisions in a democratic society report. Committee on risk characterization of national academy of sciences, nacional research council.* 1996.

OKA, C. & ROPERTO, A. **Plano de trabalho para o Sistema Cotia** - São Paulo, BR. Disponível em: <<http://www.cotianet.com.br/MeioAmbiente/sabesp.htm>>. SABESP: 2002. Acessado em: 01 mar. 2006.

PEROTTO-BALDIVIEZO, H. L. et al. *GIS-based spatial analysis and modeling for landslide hazard assessment in steeplands, southern Honduras. Agriculture, Ecosystems and Environment.* 103, p. 165-176, 2004. Disponível em: <[www.elsevier.com/locate/agee](http://www.elsevier.com/locate/agee)>. Acessado em: 07 ago. 2006.

PORATH, R. et al. **Modelo de análise de risco para a classificação da periculosidade de rotas de transporte de produtos perigosos com uso de procedimentos de mcd.** In: 10º Encontro Nacional de Conservação Rodoviária. Joinville, Santa Catarina, 2005.

PRADO, R. B. **Geotecnologias aplicadas à análise espaço temporal do uso e cobertura da terra e qualidade da água do reservatório de Barra Bonita, SP, como suporte à gestão de recursos hídricos.** Tese (Doutorado), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2004. Disponível em: <[www.teses.usp.br](http://www.teses.usp.br)>. Acesso em: 15 ago. 2006.

REAL, M. V. & BRAGA, M. G. DE C. **Controle de risco no transporte rodoviário de produtos perigosos no Brasil – uma proposta.** Programa de engenharia de transportes - COPPE. UFRJ, 2002.

RIBEIRO, M. G. & FILHO, W. R. P. *Risk assessment in foundries: the internacional chemical toolkit pilot-project. Journal of Hazardous Materials,* A136, 2006, 432-437p. Disponível em: <[www.elsevier.com/locate/ihazmat](http://www.elsevier.com/locate/ihazmat)>. Acessado em: 07 ago. 2006.

ROSE, A. **Uma avaliação comparativa de alguns sistemas de informação geográfica aplicados aos transportes**. Dissertação (mestrado) Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2001. Disponível em: <[www.teses.usp.br](http://www.teses.usp.br)>. Acesso em: 15 ago. 2006.

SANTOS, R. F. et al. **Conservação de Recursos Hídricos e Atividade dos Conflitos e Definição de Cenários Otimizados**. In: XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2005, João Pessoa - Paraíba. ANAIS CD-room, 2005.

SÃO PAULO (Estado). **Portal do Governo do Estado de São de Paulo**. Disponível em: <[http://www.saopaulo.sp.gov.br/saopaulo/historia/ind\\_autom.htm](http://www.saopaulo.sp.gov.br/saopaulo/historia/ind_autom.htm)>. Acessado em: 15 fev. 2006.

SETTI, A. A. et al. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. Brasília: ANEEL, superintendência de estudos e informações hidrológicas, 2000. 2ed. 207p.:il.

TEIXEIRA JUNIOR, A. A. **Avaliação do risco potencial de danos à saúde pública devido a acidentes envolvendo o transporte rodoviário de produtos perigosos no Estado de São Paulo, através do emprego da arvore de falhas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 1998.

TEIXEIRA, M. de S. **Relatório de atendimento a acidentes ambientais no transporte rodoviário de produtos perigosos 1983 a 2004**. Coordenação técnica Edson Haddad. São Paulo: CETESB, 2005. 41 p. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acessado em: 09 jan. 2007.

WALTZ JUNIOR, A.H. *Development and Management of Water Resources. United States Society on Dams Opportunities*. Disponível em: <<http://talsperrenkomitee.de/symposium/index.cgi/page/walz>>. Acessado em: 21 mai. 2005.

WHO. *Biomakers and risk assessment: concepts and principles*. World Health Organization, 1993. 56-71p.

ZUFFO, A. C. **Seleção e aplicação de métodos multicriteriais ao planejamento ambiental de recursos hídricos**. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 1998.

ZUFFO, A.C. **Proposta metodológica para gestão integrada da qualidade das águas**. *In: XXVIII Congreso interamericano de ingeniería sanitaria y ambiental*, Cancun, México, 2002.

ZUFFO, A.C. & ZUFFO, M.R. **Gerenciamento de recursos hídricos**. Apresentação em powerpoint. Universidade Estadual de Campinas, 2006.