

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

**ACIDENTES COM TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE PRODUTOS
PERIGOSOS: ANÁLISE E APLICAÇÃO DE MODELO CONCEITUAL
GEORREFERENCIADO PARA AVALIAÇÃO DE RISCO AMBIENTAL
NO MUNICÍPIO DE CAMPINAS-SP.**

FÁBIO GIARDINI PEDRO

ORIENTADOR PROF. DR. DIÓGENES CORTIJO COSTA

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 Saneamento e Ambiente.

**Campinas, SP
2006**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA CENTRAL DA UNICAMP

P343a

Pedro, Fábio Giardini

Acidentes com transporte rodoviário de produtos perigosos : análise e aplicação de modelo conceitual georreferenciado para avaliação de risco ambiental no município de Campinas-SP / Fábio Giardini Pedro. – Campinas, SP : [s.n.], 2006.

Orientador: Diógenes Cortijo Costa.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo.

1. Vulnerabilidade ambiental. 2. Risco - Aspectos ambientais. 3. Sistema de informação geográfica.
I. Costa, Diógenes Cortijo. II. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

Título em inglês: Highway transportation of hazardous materials accidents: characteristics and use of a conceptual model for analyzing environmental risk at Campinas, São Paulo State, Brazil

Palavras chave em inglês: Environmental vulnerability, Risk – Environmental aspects, Geographical Information System.

Área de Concentração: Saneamento e Ambiente

Titulação: Mestre em Engenharia Civil

Banca examinadora: Diógenes Cortijo Costa, Emília Rutkowski, Segundo Carlos Lopes

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

Data da Defesa: 30-08-2006

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

**ACIDENTES COM TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE PRODUTOS
PERIGOSOS: ANÁLISE E APLICAÇÃO DE MODELO CONCEITUAL
GEORREFERENCIADO PARA AVALIAÇÃO DE RISCO AMBIENTAL
NO MUNICÍPIO DE CAMPINAS-SP.**

FÁBIO GIARDINI PEDRO

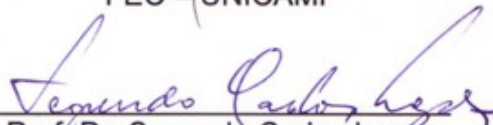
Dissertação de Mestrado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:



Prof. Dr. Diógenes Cortijo Costa
Presidente e Orientador / FEC – UNICAMP



Profª. Dra. Emília Rutkowski
FEC – UNICAMP



Prof. Dr. Segundo Carlos Lopes
DECiv – UFSCar

Campinas, 30 de agosto de 2006.

Dedicatória

*Dedico aos meus pais Mário e Ana Maria
e a Ana Paula minha irmã, sempre
presentes nos momentos mais
difíceis da minha vida*

Agradecimentos

Agradeço primeiramente ao Prof. Dr. Diógenes Cortijo Costa, pela amizade, incentivo, orientação e pelos ensinamentos transmitidos no decorrer deste trabalho.

Aos Prof. Drs. do Departamento de Saneamento e Ambiente da FEC do Curso de pós-graduação em Engenharia Civil da UNICAMP pelos ensinamentos e apoio constantes.

Aos companheiros do Laboratório FLUXUS pelo apoio e incentivo e a seus coordenadores Prof. Dra. Emília Rutkowski, Prof. Dra. Simone Narciso Lessa e Prof. Dr. Diógenes pelas sugestões.

Aos colegas do curso de pós-graduação em Saneamento e Ambiente de FEC pela amizade e companheirismo.

Ao Paulo Roberto Marchini e a Marlene Araújo do DER, Fernando Eduards, Daiane Fávaro e Alessandra Oliveira da AutoBan, Eliana Sabino da Colinas, e à Dersa pela cessão de dados indispensáveis, para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Eng. Paulo Maru Fuji, da ARTESP, pela atenção e viabilização de contatos, junto às concessionárias para obtenção de dados.

Ao Cel. Romeu Takami Mizutami e ao Sgt. Honório, da Polícia Militar do Estado de São Paulo, pela cessão dos dados de acidentes rodoviários com transporte de produtos perigosos.

Aos Pesquisadores Científicos Dr. Jener Fernando de Moraes e Dra. Roseli Buzanelli Torres do Instituto Agrônomo de Campinas pelo auxílio em assuntos correlatos a suas áreas de pesquisa.

Ao Dr. Roberto Martínez-Alegría López, que mesmo à distância, colaborou no desenvolvimento do trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	IX
LISTA DE TABELAS	XI
LISTA DE SIGLAS	XIII
RESUMO.....	XV
ABSTRACT	XVII
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	3
2.1 OBJETIVOS GERAIS	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1 CAMPINAS – PÓLO DE CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO	4
3.2 PLANEJAMENTO AMBIENTAL, SIG E TRANSPORTE DE PRODUTOS PERIGOSOS	7
3.2.1 PLANEJAMENTO	7
3.2.2 PLANEJAMENTO AMBIENTAL	8
3.2.3 SIG FERRAMENTA PARA PLANEJAMENTO	12
3.3 RISCO AMBIENTAL	13
3.3.1 FUNDAMENTOS DA PAISAGEM	13
3.3.2 ÁREAS VERDES E MATAS CILIARES	15
3.3.3 RECURSOS HÍDRICOS E PRODUTOS PERIGOSOS	17
3.3.3.1 RECURSOS HÍDRICOS EM CAMPINAS.....	18
3.3.4 SOLOS E PRODUTOS PERIGOSOS	20
3.3.5 SOLOS NO ESTADO DE SÃO PAULO E EM CAMPINAS	21
3.4 PRODUTOS PERIGOSOS E TRANSPORTE RODOVIÁRIO	22
3.4.1 LEGISLAÇÃO.....	23
3.4.2 ACIDENTES COM PRODUTOS PERIGOSOS.....	25

3.5	RISCO NO TRANSPORTE DE PRODUTOS PERIGOSOS	28
4	MATERIAIS E MÉTODO	34
4.1	MATERIAIS	34
4.1.1	ACIDENTES COM TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE PRODUTOS PERIGOSOS	34
4.1.2	VOLUME DIÁRIO MÉDIO DE TRÁFEGO	35
4.1.3	MAPAS E CARTAS BÁSICAS	35
4.1.3.1	Rodovias do município de Campinas	36
4.1.3.2	Classificação dos Solos	36
4.1.3.3	Uso da terra	36
4.1.3.4	Rede de drenagem	37
4.2	MÉTODO	37
4.2.1	ANÁLISE DE ACIDENTES COM TRPP	37
4.2.2	PREPARO DE MAPAS E CARTAS BÁSICAS	38
4.2.2.1	Mapa das rodovias	39
4.2.2.2	Mapa da rede de drenagem	39
4.2.2.3	Mapa de uso da terra	40
4.2.2.4	Mapa de textura dos solos	40
4.2.3	ANÁLISE DO RISCO AMBIENTAL DEVIDO A ACIDENTES COM O TRPP	43
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
5.1	ACIDENTES RODOVIÁRIOS COM TRANSPORTE DE PRODUTOS PERIGOSOS	50
5.1.1	ACIDENTES COM TRPP NO ESTADO DE SÃO PAULO	51
5.1.1.1	Ocorrência e características dos acidentes com TRPP	51
5.1.2	ACIDENTES COM TRPP NA EXTENSÃO TOTAL DAS RODOVIAS DO COMPLEXO RODOVIÁRIO DO MUNICÍPIO DE CAMPINAS	54
5.1.3	ACIDENTES COM TRPP NO TRECHO DAS RODOVIAS QUE CRUZAM O MUNICÍPIO DE CAMPINAS	56
5.1.3.1	Frequência de ocorrência de acidentes com TRPP no trecho que cruza o município de Campinas	56
5.1.3.2	Frequência de ocorrência por tipo de produto perigoso transportado no trecho que cruza o município de Campinas	58
5.1.3.3	Frequência de ocorrência pela classe de produto transportado	61
5.1.3.4	Frequência de ocorrência por tipo de acidente	63
5.1.3.5	Frequência de ocorrência por consequência do acidente	64
5.1.3.6	Concentração de acidentes no trecho das rodovias no município de Campinas	65

5.2	MAPAS BÁSICOS	68
5.2.1	TEXTURA DOS SOLOS	68
5.2.2	USO DA TERRA	72
5.2.3	REDE DE DRENAGEM	75
5.2.4	MAPA DE VULNERABILIDADE POPULACIONAL	78
5.2.5	MAPA DE GRAVIDADE DE DANO AMBIENTAL	80
5.2.6	RISCO DE DANO AMBIENTAL DEVIDO A ACIDENTE COM TRPP	82
5.2.6.1	Probabilidade de ocorrência de acidentes com TRPP	82
5.2.6.2	Mapas de risco de dano ambiental das rodovias do município de Campinas	83
6	CONCLUSÕES	87
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89
	APÊNDICE	100
	APÊNDICE 1 - IDENTIFICAÇÃO GRÁFICA DE PRODUTOS PERIGOSOS.....	100
	APÊNDICE 2 – DOCUMENTAÇÃO E CUIDADOS PARA O TRPP.....	108
	APÊNDICE 3 – ESQUEMA GRÁFICO DOS TIPOS DE ACIDENTES	114

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fluxograma operacional (a) e fases do processamento de dados e de planos de informação (b) do modelo de estimativa do risco de dano ambiental devido a acidentes com TRPP. (Adaptado de Martínez-Alegría, 2005).....	49
Figura 2. Freqüência de ocorrência (%) dos acidentes rodoviários com transporte de produtos perigosos ocorridos no período de 1997 a 2004, no município de Campinas.....	57
Figura 3. Freqüência de ocorrência de acidentes rodoviários por tipo de produto perigoso transportado, no município de Campinas no período de 1997 a 2004.	60
Figura 4. Freqüência de ocorrência de acidentes por classes de produtos perigosos, no município de Campinas, durante o período de 1997 a 2004.	62
Figura 5. Freqüência de ocorrência de acidentes por tipo de acidente com o transporte rodoviário de produtos perigosos, no município de Campinas, durante o período de 1997 a 2004.	64
Figura 6. Freqüência de ocorrência de acidentes por consequência com o transporte rodoviário de produtos perigosos, no município de Campinas, durante o período de 1997 a 2004.	65
Figura 7. Distribuição dos acidentes com transporte rodoviário de produtos perigosos, ao longo dos trechos das principais rodovias que cruzam o município de Campinas, no período de 1998 a 2004.	67
Figura 8. Classificação dos solos para o município de Campinas.....	69
Figura 9. Mapa das classes texturais dos solos do município de Campinas.....	70
Figura 10. Mapa de vulnerabilidade à ocorrência de acidentes com o transporte de produtos perigosos em função da textura dos solos, no município de Campinas	71
Figura 11. Mapa de uso da terra do município de Campinas.....	73

Figura 12. Mapa de vulnerabilidade devido a acidentes com o transporte rodoviário de produtos perigosos em função do uso da terra, no município de Campinas	74
Figura 13. Mapa da rede de drenagem do município de Campinas.....	76
Figura 14. Mapa de vulnerabilidade da rede de drenagem devido a acidentes com o transporte rodoviário de produtos perigosos considerando as zonas de amortecimento, para o município de Campinas	77
Figura 15. Mapa de vulnerabilidade populacional por acidentes com o transporte rodoviário de produtos, para o município de Campinas.....	79
Figura 16. Mapa de gravidade de dano ambiental por acidentes com o transporte rodoviário de produtos perigosos para o município de Campinas.	81
Figura 17. Mapa de risco por acidentes com o transporte rodoviário de produtos perigosos para o município de Campinas.	86
Figura 18. Painel de Segurança com os números de risco do produto transportado e do número ONU.....	100
Figura 19. Localização da sinalização dos veículos para o transporte de Produtos Perigosos.....	107
Figura 20. Esquema gráfico de colisão frontal e traseira	114
Figura 21. Esquema gráfico de colisão transversal e transversal frontal	114
Figura 22. Esquema gráfico de tipos de choque	115
Figura 23. Esquema gráfico de tombamento ou capotamento	115

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Distribuição (%) da matriz de transporte de carga por modal no Brasil.....	26
Tabela 2. Teor de argila e interpretação da classe textural do solo.	41
Tabela 3. Classes de vulnerabilidade, variando na escala de 0 a 4, utilizadas para aplicação do modelo de Martínez-Alegría et al. (2003) e adaptado de Martínez-Alegría (2005).	46
Tabela 4. Classes de vulnerabilidade populacional (Vp), de acordo com terminologia da EMBRAPA (2003).....	47
Tabela 5. Interpretação dos valores da gravidade de dano ambiental (G).....	48
Tabela 6. Número de ocorrências de acidentes com TRPP no Estado de São Paulo em função das características no período de 1997 a 2004.....	53
Tabela 7. Frequência de ocorrência (%) de acidentes com TRPP no Estado de São Paulo em função das características no período de 1997 a 2004.	53
Tabela 8. Número e frequência de ocorrência de acidentes com TRPP nas rodovias que cruzam o município de Campinas no período 1997 a 2004.....	55
Tabela 9. Número e frequência de ocorrência de acidentes com TRPP, por tipo de produto, nas rodovias que cruzam o município de Campinas no período de 1997 a 2004.	55
Tabela 10. Número e porcentagem de acidentes com transporte de produtos perigosos nos trechos das principais rodovias no município de Campinas, no período de 1997-2004.	57
Tabela 11. Número e frequência de ocorrência de acidentes por tipo de produto transportado e rodovia no município de Campinas, no período de 1997 a 2004.	60
Tabela 12. Número e frequência de ocorrência de acidentes por classes de produtos perigosos, no município de Campinas, durante o período de 1997 a 2004.	62
Tabela 13. Acidentes ocorridos com o transporte de produtos perigosos no município de Campinas, no período de 1997 a 2004, por tipo, usando a	

classificação do Boletim de ocorrências da Polícia Militar do Estado de São Paulo.....	63
Tabela 14. Acidentes ocorridos com o transporte de produtos perigosos no município de Campinas, no período de 1997 a 2004, pela consequência, usando a classificação do Boletim de ocorrências da Polícia Militar do Estado de São Paulo.	65
Tabela 15. Número total de acidentes, Volume Diário Médio (VDM) e Probabilidade de ocorrência de acidentes com TRPP no município de Campinas.....	82
Tabela 16. Frequência de ocorrência de classes de risco por trecho das rodovias que cruzam o município de Campinas.....	84

LISTA DE SIGLAS

ABIQUM – Associação Brasileira da Indústria Química
ANTAQ – Agência Nacional de Transportes Aquaviários
ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres
CADAC – Cadastro de Acidentes Ambientais da CETESB
CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – São Paulo
CMMAD – Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento
CONIF – Conselho Nacional de Infra-Estrutura
CONIT – Conselho Nacional de Integração de Políticas de Transporte
CTC – Capacidade de Troca Catiônica do solo
DAEV – Departamento de Águas e Esgotos de Valinhos
DNIT – Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes
DOT – US Department of Transportation – Departamento de Transportes dos Estados Unidos da América
dwg – Extensão dos arquivos de trabalho dos programas CAD (Computer Aided Design). (DraWinG)
dxf – Extensão dos arquivos para armazenamento de dados vetoriais usados por programas CAD (Computer Aided Design) e SIG (Sistema de Informações Geográficas). Drawing Exchange Format
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EMPLASA – Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S/A
FEEMA – Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente – Rio de Janeiro
G – Gravidade de dano ambiental

HAZMAT – Hazardous Materials

IAC – Instituto Agrônomo de Campinas

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IGC – Instituto Geográfico e Cartográfico

ONU – Organização das Nações Unidas

PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

Pró-Química – Sistema de informações e comunicações, via telefone, da ABIQUIM

R – Risco

REPLAN – Refinaria de Paulínia

RMC – Região Metropolitana de Campinas

SANASA – Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S/A

SEADE – Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados

SIG – Sistema de Informações Geográficas

SP – São Paulo

TRPP – Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos

UTM – Sistema de projeção cartográfica: projeção Universal Transversa de Mercator

V – Vulnerabilidade do meio

VDM – Volume Diário Médio

Denominação	Nome da Rodovia	Concessionária
SP – 065	Dom Pedro I	Dersa
SP – 083	José Roberto Magalhães Teixeira	Dersa
SP – 101	Jornalista Francisco Aguirra Proença	DER
SP – 332	Gal. Milton Tavares de Souza	DER
SP – 340	Gov. Dr. Adhemar Pereira de Barros	RENOVIAS
SP – 075	Santos Dumont	ECOVIAS
SP – 330	Anhangüera	AUTOBAN
SP – 348	Dos Bandeirantes	AUTOBAN

RESUMO

PEDRO, Fábio Giardini. **Acidentes com transporte rodoviário de produtos perigosos: análise e aplicação de modelo conceitual georreferenciado para avaliação de risco ambiental no município de Campinas-SP.** Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2006. 133f. Dissertação (Mestrado)

Os acidentes com Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos (TRPP) têm sido motivo de preocupação devido aos problemas que podem causar à população com respeito à segurança e à saúde e, sobremaneira ao meio ambiente, devido à vulnerabilidade ambiental de áreas, tais como cursos d'água, usos da terra e possibilidade de impactos pela infiltração de produtos perigos no solo causando danos ao lençol freático. O município de Campinas por possuir um parque industrial químico, localizar-se próximo a Refinaria de Paulínia e apresentar um intenso fluxo de veículos de transporte de cargas perigosas na sua malha viária, potencializa, em caso de acidente, os danos à população e ao meio ambiente. Portanto este estudo tem como objetivo a análise dos acidentes ocorridos com TRPP para identificação das freqüências de ocorrência de tipo, classe, localização e consequência do acidente e utilização de um modelo conceitual de análise do risco do dano ambiental envolvendo TRPP no município de Campinas implementado em Sistema de Informações Geográficas (SIG), para a identificação dos trechos críticos das rodovias. Os dados de acidentes com TRPP foram analisados, para o período de 1997 a 2004, nas principais rodovias que

cruzam o município. A rodovia SP-065 (D.Pedro I) destacou-se das demais apresentando maior incidência de acidentes seguida pelas rodovias SP-348 (Bandeirantes) e SP-330 (Anhangüera). Os tipos de produtos envolvidos nos acidentes com TRPP mais freqüentes foram: combustíveis para motores, inclusive gasolina, o etanol (álcool etílico ou soluções de etanol) e gás(es) de petróleo, liquefeito. Foi verificado que o valor mais expressivo de acidentes com TRPP ocorreu com a classe de produtos perigosos dos líquidos inflamáveis. Em outra análise o modelo conceitual de risco de dano ambiental, que leva em consideração a probabilidade de ocorrência de acidentes com TRPP e as gravidades de dano populacional e ambiental, considerando-se cursos d'água, uso da terra e possibilidade de atingir o lençol freático, permitiu identificar os trechos das principais rodovias de Campinas, de mais alto risco, como sendo: SP-065, trecho 126-134Km; SP-065, trecho 138-146Km e SP-348, trecho 76-87Km. Ainda, através do modelo foram desenvolvidos mapas de risco de dano ambiental por acidentes com TRPP. Esse modelo conceitual possibilita identificar áreas críticas no sistema viário e podem subsidiar decisões de mitigação do dano ambiental e escolha de rotas alternativas pelo uso de rodovias de menor risco, pelos expedidores, transportadores e órgãos de fiscalização rodoviária.

Palavras-Chave: vulnerabilidade, gravidade de dano, Sistema de Informação Geográfica.

ABSTRACT

PEDRO, Fábio Giardini. **Highway transportation of hazardous materials accidents: characteristics and use of a conceptual model for analyzing environmental risk at Campinas, São Paulo State, Brazil.** Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2006. 133p. Master of Science (MSc)

Highway accidents involving a vehicle transporting hazardous goods may cause extensive material, human and mainly environmental damage. Most of the areas crossed by highways are environmentally vulnerable due to the presence of creeks and rivers, different land use and possibility of the ground water being reached by the transported products. The county of Campinas, in the São Paulo State, Brazil is characterized by its large chemical industry area, where the Paulínia Refinery (REPLAN) is situated, showing an intense traffic of vehicles transporting hazardous materials (HAZMAT) through the highways. This situation may induce, in case of an accident, severe damage to population and the environment. Therefore the analysis of the accidents involving HAZMAT was done aiming to identify their frequency according to the kind and class of the product, location and consequence of the accident. Also a conceptual model was used for analyzing the environmental risk involved in transportation of HAZMAT at Campinas, allowing to show the most critical highway stretches. The accidents with vehicle transporting HAZMAT were analyzed for the main highways crossing Campinas during the period: 1997 to 2004. The highway SP-065

showed the highest number of accidents followed by the SP-348 and SP-330. The more frequent kind of HAZMAT involved in the accidents were: motor fuel, including gasoline, alcohol and liquid gas. The HAZMAT class of inflammable liquids showed the highest frequency in the accidents. The conceptual model used for analyzing environmental risk takes into account the probability of occurrence of a HAZMAT transportation accident and the population and environment gravity of damage. Considering the presence of creeks and/or rivers, land use and the possibility of the HAZMAT reach the ground water by soil permeability several highway stretches were identified as being of very high risk: SP-065, from Km 126 to 134; SP-065, from Km 138 to 146 and SP-348 and SP-348, from Km 76 to 87. The mathematical model was implemented in a geographical information system allowing to produce environmental risk maps of HAZMAT vehicle transportation accidents showing the most dangerous areas aiming to help the actions involved in damage mitigation and route comparison of dangerous goods highway transportation.

Key-words: vulnerability, gravity of damage, Geographical Information System.

1 INTRODUÇÃO

Na região metropolitana de Campinas, pólo industrial dentro do Estado de São Paulo, ocorre intenso tráfego de transporte rodoviário de produtos químicos, resultando em um alto risco de impactos ambientais em caso de acidente.

De acordo com Teixeira (2005), a CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – São Paulo) já atuou em mais de seis mil ocorrências no Estado de São Paulo. A atividade de transporte rodoviário de produtos perigosos (TRPP) é a principal responsável pelas emergências químicas atendidas pela CETESB, com 37% do total dos acidentes, seguida pelos postos de distribuição de combustíveis, que representam 10% do total de acidentes. Ainda, relata que Campinas lidera as estatísticas de acidentes por dispor de um parque industrial com alta concentração de indústrias de grande porte e possuir setores industriais químicos e petroquímicos. Os acidentes ocorridos com TRPP têm sido motivo de grande preocupação face aos perigos intrínsecos a esses materiais – inflamabilidade, toxicidade, corrosividade, entre outros – representando riscos à segurança e à saúde da população e ao meio ambiente, devido à vulnerabilidade e à sensibilidade ambiental das áreas impactadas.

Ultimamente, alguns acidentes com TRPP causaram sérios problemas ambientais. Em 1995 em um acidente envolvendo dois caminhões, no km 132 da rodovia Campinas-Cosmópolis, foram derramados 25 mil litros de óleo. A CETESB atuou evitando que o córrego do Jacaré fosse atingido. Em 1996, uma carreta transportando óleo lubrificante se envolveu em um acidente na rodovia Anchieta, ameaçando o abastecimento de água na baixada santista. Recentemente, em 2004, um caminhão-tanque tombou dentro de um córrego, em Valinhos, derramando 5 mil litros de óleo diesel. Além disso, no mesmo ano, um acidente com caminhão na rodovia Dom Pedro I provocou o derramamento de 20 mil litros de metanol. A Sociedade de

Abastecimento de Água e Saneamento S.A. (SANASA), de Campinas, e o Departamento de Águas e Esgotos de Valinhos (DAEV) tiveram que suspender a captação de água do Rio Atibaia, interrompendo o abastecimento de cidades circunvizinhas.

O atendimento da Regional Campinas, da Defesa Civil Estadual, a acidentes com carga tóxica dobrou em 2005, em relação ao período de 1999 a 2004, elevando o risco ambiental e à população na região.

Uma vez que o modal de transporte de produtos perigosos mais importante na região é o rodoviário, seria de grande interesse uma análise descritiva de acidentes ocorridos visando identificar os tipos e as classes de produtos transportados, a causa e consequência dos acidentes e, principalmente, a localização dos acidentes nas principais rodovias do município de Campinas.

Além disso, a avaliação e uso de um modelo de estimativa do potencial de risco ambiental por acidentes com TRPP que permita a geração de mapas temáticos em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica), podem subsidiar o processo de gestão ambiental, no que diz respeito tanto à necessidade de implementação de equipamentos para a infra-estrutura das rodovias, bem como no auxílio à Defesa Civil, Corpo de Bombeiros, CETESB e outros órgãos competentes, para uma ação mais rápida e eficiente nas áreas identificadas como de maior risco.

Por meio da identificação de áreas de elevado potencial de dano ambiental no transporte de produtos perigosos, principalmente nas rodovias que cortam as bacias hidrográficas (Atibaia, Quilombo e Capivari) de Campinas, permitem a elaboração de mapas temáticos de risco ambiental que por sua vez, podem se tornar elementos valiosos para análise e a gestão dos recursos naturais.

A possibilidade de estimativa e mapeamento, em ambiente SIG, do potencial de risco ambiental, decorrentes de acidentes com o transporte de produtos perigosos, norteou este trabalho, que busca uma adaptação de um modelo conceitual, baseado no uso de mapas de drenagem, de tipos solos e de uso da terra e de probabilidade de ocorrência de acidentes, que permitem a interpretação de informações de fácil acesso e visualização espacial, geralmente disponíveis ao usuário nos diferentes meios de comunicação, sejam impressos ou formato digital via *Internet*.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivos gerais

Analisar a ocorrência de acidentes com TRPP em função da localização e do tipo e classe do produto transportado e aplicação de um modelo de análise do risco de dano ambiental, com uso de um SIG (Sistema de Informações Geográficas) nas principais rodovias do município de Campinas.

2.2 Objetivos específicos

- Analisar os acidentes com TRPP ocorridos no Estado de São Paulo considerando suas causas e conseqüências;
- Analisar os acidentes com TRPP para toda a extensão das principais rodovias do complexo rodoviário de Campinas;
- Analisar os acidentes com TRPP nos trechos das principais rodovias dentro do município de Campinas;
- Adaptar o modelo conceitual para aplicação na área de estudo; e
- Gerar mapas temáticos que permitam identificar trechos rodoviários que apresentem maior gravidade e risco de danos ambientais devido à ocorrência de acidentes com TRPP.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Campinas – Pólo de Crescimento e Desenvolvimento

Campinas foi fundada em 1774, e se desenvolveu durante o apogeu da atividade açucareira. A economia regional experimentava crescimento, quando em meados deste mesmo século, iniciava-se o cultivo do café. Destacou-se entre as maiores regiões produtoras de café do estado, e passou a ser, também, uma das mais populosas da província com seus 33 mil habitantes, superando os 26 mil da capital.

Em 1868, foi inaugurada a Companhia Paulista de Estradas de Ferro, fundada essencialmente com capital dos cafeicultores locais, ligando Campinas, a Jundiaí, à capital e ao porto de Santos. Em 1875, foi inaugurada a ferrovia Mogiana, e logo depois, a Sorocabana. Assim o oeste interligava-se ao porto e à capital via Campinas. A crise cafeeira de 1930 e as mudanças políticas, marcaram o fim de uma era com grandes transformações.

De acordo com Semeghini (1991), a pavimentação da Via Anhangüera em 1948, potencializaria ainda mais sua economia e sua importância sobre uma vasta região. Essa rede de infra-estrutura de transporte estimulou a produção agrícola e industrial, pois possibilitava o escoamento da produção e assim tornou-se mercado em expansão, sobretudo para o segmento urbano das maiores rendas.

O incremento da industrialização de centros urbanos e da concentração e formação de pólos industriais nas décadas recentes têm promovido uma grande demanda por transporte de produtos perigosos por rodovias, o que pode vir a acarretar um aumento substancial de risco de ocorrência de acidentes com danos, tanto para a vida humana quanto para o meio ambiente.

Em uma cidade de porte metropolitano como Campinas as principais fontes de risco à integridade e ao equilíbrio dos recursos hídricos, em especial dos rios que

garantem a maior parte do abastecimento, se multiplicam com o avanço da urbanização e do processo de metropolização. Campinas é sede de um dos principais pólos rodoviários do Brasil, o que contribui para os seus índices de crescimento econômico, mas ao mesmo tempo, significa importantes fontes de risco para os recursos hídricos e naturais (MARTINS, 2003).

É formalmente a sede de sua Região Metropolitana, consubstanciando desta maneira, junto a mais 18 outros Municípios a RMC (Região Metropolitana de Campinas), e segundo Caiado (1995), tem apresentado a mais expressiva concentração industrial do interior paulista e apresenta evolução significativa nos últimos anos.

Sua localização privilegiada, apresenta grande facilidade de acesso aos principais centros brasileiros, pelas curtas distâncias (a 100 km da capital do estado e 166 km do porto de Santos) e ótimas características geométricas das rodovias Anhangüera e Bandeirantes, que ligam Campinas e São Paulo, com Ribeirão Preto ao norte; a rodovia Washington Luiz, à região de São Carlos e Araraquara, ao noroeste. A rodovia Santos Dumont é a ligação à Sorocaba e à região oeste do Estado pela rodovia Castelo Branco. A rodovia Dom Pedro I, liga à Fernão Dias, via Dutra, ao Vale do Paraíba e ao Rio de Janeiro. A Rodovia Campinas-Mogi-Mirim liga ao sul de Minas Gerais. A malha da Ferrovia Paulista liga Campinas ao porto de Santos e, no sentido oposto, com o Mato Grosso, o Sul e Bolívia. Está situada, ainda, a 20 Km do aeroporto Internacional em Campinas. (CAIADO et al., 2002)

Os fatores abordados que proporcionaram o desenvolvimento de Campinas, contribuíram também, para um agravamento de impactos ambientais, nas proximidades de áreas que hoje se encontram altamente urbanizadas, e clamam por uma avaliação pormenorizada dos agentes envolvidos e pela identificação dos locais mais suscetíveis a danos ambientais devido a acidentes com transporte de produtos perigosos.

Durante o período de operação de uma rodovia, acarretam uma série de modificações no ambiente original e o impacto sobre recursos naturais, provém principalmente de alterações de drenagens e poluição de águas superficiais e subterrâneas. A contaminação potencial dos corpos d'água pode ser verificada, também

quando ocorrem acidentes com cargas potencialmente poluentes no transporte de produtos perigosos, causando danos ao meio ambiente. (BELLIA e BIDONE,1993)

No processo de desenvolvimento do país optou-se pela via rodoviária como meio principal para o transporte dos bens produzidos. A circulação dos produtos de indústrias químicas que aumentam a possibilidade de risco ambiental, pela ocorrência dos acidentes de trânsito, representa um problema crucial para a população. As estatísticas mostram elevados números de acidentes com transporte de produtos perigosos que envolvem vítimas, contaminações e explosões, afetando o meio-ambiente e colocando em risco as comunidades próximas. Dados publicados pela CETESB revelam que 43,2% dos acidentes com produtos perigosos no Estado de São Paulo envolvem o transporte rodoviário. Entre os principais motivos, constata-se que 47% das ocorrências são devidas a falhas operacionais e 31% por falhas mecânicas, o que demonstra que 78% dos acidentes podem ser evitados ou reduzidos a índices mais aceitáveis.

Tal situação requer a implementação de medidas preventivas direcionadas à segurança do transporte de produtos perigosos para diminuir os danos ambientais desenvolvendo modelos que permitam identificar as áreas de maior risco de ocorrência, e selecionar ações para reduzir esse risco ou simplesmente evitar a circulação nessas áreas, buscando rotas alternativas (LOVETT et al., 1997).

Para Fricke (1992), os acidentes ocorridos na década de 80 do século passado servem de alerta, e clamam por uma análise crítica das tecnologias existentes em relação aos riscos intrínsecos do processo produtivo industrial, ao risco aceitável pela população envolvida, e também com relação ao risco ambiental, resultado das consequências catastróficas destes eventos indesejáveis.

Para uma análise do risco, muitas variáveis devem ser consideradas em seu contexto: a grande variedade de substâncias envolvidas; a atividade de movimentação do produto; as rodovias por onde o produto é transportado cruzando constantemente cursos d'água e passivos ambientais; os veículos utilizados para esse fim e as condições da rodovia.

3.2 Planejamento Ambiental, SIG e Transporte de Produtos Perigosos

3.2.1 Planejamento

Serão aqui discutidos, brevemente, os princípios da escola da administração científica, cujos preceitos para planejamento são a busca da “melhor maneira” por meio de “métodos científicos”, o estudo dos tempos e movimentos, o estabelecimento de padrões de produção que foram responsáveis, no início do século passado, pelo grande enriquecimento das economias mundiais. A publicação das obras de Adam Smith: *A riqueza das nações* e a de Frederick W. Taylor: *Princípios de Administração Científica*, e mais adiante Fayol e Ford, tendo este último, ainda, vivenciado a experiência em sua fábrica, mostravam uma nova filosofia individualista – o liberalismo clássico. O interesse em maximizar seu ganho individual faz com que os agentes econômicos – produtores, consumidores e trabalhadores – procurem as alternativas mais racionais de ganho em um mercado competitivo. Este mercado livre de toda e qualquer restrição permitiria o livre jogo das forças da oferta e da procura. Ficava claro então que as motivações egoístas e interesseiras do homem norteariam e endossariam muitos ideólogos liberais. (MOTTA e VASCONCELOS, 2002)

Tornava-se então, indispensável, o planejamento, um processo contínuo que envolve a determinação e interligação de diversas etapas, para tomada de decisões, ou soluções acerca de formas alternativas de se utilizar os recursos disponíveis, tendo em vista, atingir metas futuras. (CONYERS e HILLS, 1984)

Com o passar dos anos, o planejamento, começava a apresentar visões mais diferenciadas e abrangentes, o que fez surgir na década de 1950, nos Estados Unidos, uma preocupação com a degradação dos recursos naturais, por parte da população e técnicos da área ambiental. Essa preocupação encetou a avaliação dos impactos ambientais, decorrentes da execução das grandes obras existentes no plano de desenvolvimento do país. (SANTOS, 2004)

A esse fato, pode-se acrescentar a intensificação do processo de urbanização que contribuía para a degradação ambiental pela ação antrópica, ficando cada vez mais

evidente a necessidade do planejamento, que tenha como premissa fundamental a sustentabilidade dos ecossistemas.

Iniciava-se, desta forma a inserção do planejamento ambiental, no processo do planejamento clássico, que enfocasse o ambiente biofísico de comunidades e populações, ou seja, tratava-se da formalização de um sistema de planejamento, onde os elementos componentes interativos, referem-se ao meio natural e antrópico de uma determinada área de influência do objeto em estudo.

3.2.2 Planejamento ambiental

O fortalecimento de economias mundiais refletidos pelos altos índices de desenvolvimento e crescimento das cidades, segundo Santos (2004), suscitou em alguns países, no início da década de 50, uma preocupação que girava em torno da necessidade de se avaliar os impactos ambientais resultantes de grandes obras. Durante os anos que se seguiram foram debatidos em muitos países, a necessidade de se exigir estudos de impactos ambientais. No final da década de 60, os países subdesenvolvidos, sempre muito longe dos padrões de crescimento apresentados pelos países de Primeiro Mundo e a ênfase na mentalidade de consumo, provocavam efeitos como aumento da poluição, desigualdade social, aumento da criminalidade e desigualdade social. Em 1968, data considerada por estudiosos na área ambiental, como marco das preocupações do homem moderno com o meio ambiente, acontece o Clube de Roma, uma reunião da cúpula científica mundial, para discutir questões sociais, políticas, ecológicas e econômicas com o uso racional dos recursos.

O relatório final, fruto desse evento, trazia previsões futuras bastante negativas, sobre o aspecto da poluição. Uma segunda reunião ocorreu em Estocolmo em 1972, a Conferência das nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, tendo sido pioneira nas discussões sobre poluição da água e do ar, do perigo do crescimento populacional indiscriminado e dos usos dos recursos naturais. Nesta reunião em Estocolmo, foi criado o PNUMA (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente), com o objetivo de gerenciar as atividades de proteção ambiental, e o Fundo Voluntário para o Meio Ambiente, com a visão de estruturar países em desenvolvimento, a prática políticas que beneficiassem a proteção do meio ambiente.

A terceira reunião, ocorreu em 1983, organizada pela ONU (Organização das Nações Unidas) e criou a CMMAD (Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento). Coordenado pela ministra norueguesa Gro Brundtland, o grupo de especialistas, reuniu um conjunto de alternativas e experiências bem sucedidas e pensou em alternativas realistas para as deficiências observadas. Assim em 1987, foi apresentado o relatório “Nosso Futuro Comum” (ou relatório Brundtland), que oficializou o termo desenvolvimento sustentável. Esse relatório, apontava várias críticas globais, como o alto consumo de energia e a destruição da camada de ozônio e destacavam, ainda, a extinção de espécies e o esgotamento de recursos genéticos. Foi proposto, então, o entendimento às necessidades do presente sem comprometer o atendimento às gerações futuras. (SANTOS, 2004)

Mais recentemente em 1992, reuniram-se representantes de 178 países, no Brasil, para o evento intitulado Rio-92. Esta cúpula mundial discutiu temas relativos à conservação ambiental, à qualidade de vida na Terra e à consolidação política e técnica do desenvolvimento sustentável.

Após este breve histórico, que apresenta a preocupação das nações mundiais, com os aspectos relacionados a proteção e preservação dos recursos naturais, pode-se então entender a importância de se desenvolver métodos de avaliação e predição de impactos ao meio ambiente. Também são importantes as contribuições de estudos de alternativas aos métodos construtivos atuais, que sejam menos impactantes ao meio em que deverão ser inseridas.

Não muito distante deste cenário, tem-se observado que essas intervenções não são suficientes para atender as crescentes demandas das comunidades cujo avanço indiscriminado em áreas ainda compostas por vegetação natural, acaba por resultar em um dos principais fatores, responsável pela degradação ambiental.

Fato esse que pode ser observado no Estado de São Paulo, onde o uso e a ocupação da terra tem sido norteadas por políticas agrícolas, especulação imobiliária e a crescente urbanização. A região de Campinas, também foi influenciada por um intenso processo de modernização agrícola causando impactos na qualidade ambiental da região. (MALAGODI, 1999)

As diferentes formas de impacto requerem a implementação de medidas preventivas sendo uma delas direcionada à segurança do transporte de produtos perigosos para diminuir os danos ambientais resultantes de acidentes com derramamento e vazamento de substâncias químicas. Para tanto, é fundamental o desenvolvimento de modelos que permitam identificar as áreas de maior risco ao meio ambiente no caso de ocorrência de acidentes, de maneira que algumas ações possam ser implementadas no sentido de reduzir esse risco ou simplesmente evitar a circulação de veículos com cargas perigosas nessas áreas, selecionando rotas alternativas (LOVETT et al., 1997).

Costa, D. (2001) em seu trabalho sobre diretrizes para elaboração e uso de bases cartográficas no planejamento municipal ressalta que para o planejamento urbano deve-se levar em consideração, entre outros, drenagem e o meio ambiente relacionado à preservação de corpos d'água, tanto em função da necessidade de previsão de recursos hídricos quanto à preservação da flora e fauna dos ecossistemas.

Apesar de, no Brasil, o planejamento da prevenção de acidentes com o transporte de produtos perigosos ocorrer nas várias fases do processo, a saber: produção, transporte, transformações, utilização e disposição final, verifica-se que o maior risco encontra-se durante o transporte, pois este expõe a carga a situações em que não há como controlar as possíveis causas de acidentes que resultarão em efeitos adversos sobre a comunidade local e ao meio ambiente. (RAMOS, 1997)

O planejamento de ações visando à redução do risco de TRPP é importante na minimização da vulnerabilidade ambiental devido à diminuição da probabilidade de ocorrência de acidentes.

Várias ações de planejamento foram tomadas no âmbito estadual, visando a eliminação dos problemas causados por acidentes no transporte rodoviário de produtos perigosos.

A Universidade do Estado de Santa Catarina (1996) desenvolveu um programa regional para gestão de emergências no transporte de produtos perigosos, com o objetivo de promover o conhecimento sobre a questão de transportes perigosos na região Sul, por meio de pesquisas voltadas aos problemas de prevenção e planejamento de ações frente às emergências. Pressupõe a integração de diversos

órgãos públicos dos estados da Região Sul: Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. As ações, contemplavam as seguintes etapas:

- a) aplicação de questionário com informações relativas a aglomerações urbanas, proximidade de centros produtores, consumidores ou armazenadores;
- b) tabulação e revisão dos questionários para homogeneização e confiabilidade das informações;
- c) processamento dos dados levantados para criação de bancos de dados a serem disponibilizados aos usuários;
- d) análise e conclusão para chegar ao real nível de segurança no transporte de produtos perigosos.

O Estado da Paraíba (CORONEL, 2003) desenvolveu o plano de contingência para atendimento a acidentes com produtos perigosos transportados por via rodoviária. O plano contempla a integração entre os setores de defesa civil, meio ambiente e saúde, foi organizado a partir do banco de dados de planos anteriores, que deverão ser permanentemente atualizados e disponíveis para pronta utilização. Além disso, é necessário dispor de equipamentos, materiais e pessoal treinado para enfrentar uma emergência com produtos perigosos.

Mais recentemente, também em Santa Catarina (DEPARTAMENTO ESTADUAL DE DEFESA CIVIL DE SANTA CATARINA, 2005) foi desenvolvido um programa estadual de controle do transporte rodoviário visando a prevenção de acidentes com produtos perigosos e, principalmente, a redução do risco de acidentes rodoviários nas áreas de mananciais.

Real (2000), avaliou o transporte de produtos perigosos no Brasil e discutiu por meio de uma abordagem conceitual a aplicação de técnicas clássicas do gerenciamento de riscos evidenciando as estratégias e táticas de controle aplicáveis no âmbito das rodovias, para favorecer a redução de riscos de incidentes com produtos perigosos. As pesquisas, estudos e avaliações realizadas permitiram confirmar para o Brasil a afirmativa da ONU, que aponta para a falta de infra-estrutura nos países em desenvolvimento para garantir a segurança do público e do meio ambiente na condução de emergências com produtos perigosos.

3.2.3 SIG ferramenta para planejamento

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) têm sido uma das ferramentas mais utilizadas para aplicação dos modelos de cálculo de risco em planejamento regional, através da espacialização dos pontos com potencial de risco para o meio ambiente.

Besio et al. (1998) criaram um modelo experimental de planejamento integrado, baseado nos princípios de desenvolvimento sustentável, onde o planejamento objetivava a melhoria e requalificação do ambiente urbano e proteção da paisagem.

Utilizando princípios da geografia e da cartografia Bartels e van Beurden (1998) elaboraram mapas para avaliação ambiental e mapeamento de risco na Holanda. Seu objetivo principal foi traduzir resultados de um modelo científico na forma de mapas para facilitar a visualização do risco ambiental.

Em Toronto, no Canadá, Li (2001) desenvolveu um modelo de planejamento, por meio de SIG, para monitoramento de vazamento de óleo em áreas urbanas. Um banco de dados de vazamento de óleo foi compilado e aliado a planos de informações de cursos d'água, planícies de inundação e passivos ambientais. Permitiu o desenvolvimento de uma eficiente ferramenta de planejamento para controle de vazamento de óleo na área urbana.

Recentemente Bubbico et al. (2004) desenvolveram uma metodologia para a Sicília (Itália), de análise de risco em TRPP por rodovia e ferrovia baseada na utilização do SIG como ferramenta para acoplar informações territoriais a banco de dados utilizados na avaliação de risco. Levavam em consideração na análise de risco dados populacionais, taxas de acidentes e condições do tempo ao longo das rotas, permitindo identificar rapidamente o risco no transporte de produtos perigosos.

Posteriormente, Bubbico et al. (2006) aplicaram a mesma metodologia pelo uso de SIG nas rodovias entre Gela e Priolo, também na Sicília, e identificaram as áreas de elevado nível de risco em TRPP, propondo alternativas para mitigação do risco, tais como: possibilidade de alteração de rotas ou do modal de transporte. Desenvolveram ainda, ferramentas de análise de risco do TRPP por meio de SIG e constataram que análises mais aprofundadas requerem variação dos parâmetros envolvidos ao longo das rotas de transporte. Ao avaliar esses componentes verificaram que os SIG são de

grande valia, entretanto, os programas comerciais de SIG, não contém ferramentas que permitem avaliar a variação dos parâmetros ao longo dos segmentos das rodovias. Na análise de risco, as ferramentas seriam necessárias para a taxa de acidentes, fluxo de tráfego, dados de população, e dados de clima, tanto que faz-se necessário obtê-los de diferentes fontes e arranjá-los em um formato compatível com a segmentação de rotas.

Na Espanha, Pérez-Rueda et al. (2002); Martínez-Alegría et al. (2003) e Martínez-Alegría (2005) criaram em ambiente SIG (Arc-View) um modelo de análise interativa de riscos associados a acidentes rodoviários com TRPP baseado em informações gráficas e alfanuméricas de volume de tráfego, acidentes e mapas de rodovias, geológicos e populacionais.

3.3 Risco ambiental

Em caso de acidente com transporte rodoviário de produtos perigosos os elementos da paisagem (solos, matas, capoeiras, cursos d'água e lagos) são diretamente impactados, portanto serão discutidos neste item alguns dos componentes da paisagem mais expressivos.

3.3.1 Fundamentos da Paisagem

A paisagem é definida, como a área abrangida pela visão do ser humano, num relance, ao seu redor. Essa área que corresponde a um espaço, possui diferentes interpretações em função do contexto e da pessoa que capta as diferentes feições paisagísticas. Romancistas, geógrafos, ecólogos, engenheiros todos têm uma inter-relação com o meio e cada um expressa um sentimento com o ambiente observado. (METZGER, 2001)

O mesmo autor explora, ainda, os rumos que norteiam o conceito de ecologia da paisagem, que por um lado, representam as interações humanas com o seu ambiente, onde o objeto da interação homem-natureza, e a esta denomina “ecologia humana da paisagem”. E, por outro lado, pode representar a heterogeneidade

ambiental e a dinâmica do ecossistema que a compõe, em termos da organização do espaço, a esta, denomina “ecologia da paisagem espacial”.

Independentemente da distinção dessas abordagens, o que deixa transparecer é a estreita relação no que tange a idéia de escala, tanto temporal, quanto espacial, a qual permitirá uma maior ou menor sensibilidade ao pesquisador na identificação do fenômeno envolvido no ambiente em análise. (SILVA, 2000)

De maneira mais simplificada a paisagem, numa abordagem ecológica, é um mosaico heterogêneo, formado por unidades que interagem entre si, sendo que esta heterogeneidade, para um observador, está condicionada à uma determinada escala de observação. Esta paisagem apresenta-se, portanto, como um conjunto de manchas, corredores e matriz ou sob forma de gradiente para uma mesma unidade paisagística.

Pelo fato destas paisagens estarem sujeitas, a aproximadamente, um mesmo tipo de clima e conjunto de interferências, os ecossistemas que se agrupam interagem e se repetem de forma similar no espaço, representando assim, uma importante percepção na tentativa de avaliar ecossistemas e elaborar planejamentos ambientais. (SILVA, 2000)

Segundo Castellanos-Solá e Soares Filho (2001) o conceito de paisagem é amplo podendo ser entendido como composta de um conjunto de elementos espaciais numa determinada área. Esse conceito permite sua aplicação a qualquer escala de tamanho, como também, a escolha dos elementos componentes em função do tipo da pesquisa, sendo a paisagem composta por um mosaico de elementos relevantes a um estudo específico.

Também Bertrand (1971), em sua proposta de classificação da paisagem definiu níveis têmporo-espaciais, um dos quais é o geossistema, que é o resultado da combinação do potencial ecológico (geomorfologia, clima, hidrografia), uma exploração biológica (vegetação, solo, fauna) e ação antrópica.

Esse mesmo conceito geossistêmico foi utilizado por Raimundo e Ferreira (2004) para definir o potencial ecológico em função da confecção de mapas de geomorfologia, de orientação de vertentes e de clinografia na análise dinâmica ambiental de ocupação dos solos em áreas protegidas no Parque Estadual da Serra do Mar.

Por sua vez na Espanha, Martínez-Alegría et al. (2003) relacionaram a vulnerabilidade ambiental associada a transporte de produtos perigosos, utilizando como elementos da paisagem: áreas verdes e remanescentes florestais, cursos d'água, áreas de proteção ambiental, os solos e uso da terra, permitindo a identificação das rodovias com maior risco ambiental envolvido em acidentes com transporte de produtos perigosos.

3.3.2 Áreas verdes e Matas Ciliares

As áreas verdes, podem ser definidas como espaços abertos não ocupados ou construídos, ou ainda, áreas livres na cidade, com características predominantemente naturais independente do porte da vegetação (MILANO citado por SANTIN, 1999).

Ainda, segundo Santin (1999), as formas mais comuns de áreas verdes com cobertura arbórea nos espaços urbanos são: sobras de áreas de vegetação remanescente, e de forma menos numerosa os fragmentos florestais propriamente ditos; as praças ou jardins públicos e os agrupamentos arbóreos ou bosques artificiais.

A vegetação nas áreas urbanas está sob ação da pressão antrópica, ou seja, um complexo sistema de interações entre a natureza, ambiente abiótico e população humana.

Normalmente, representadas por bolsões ou ilhas de vegetação, essas áreas trazem benefícios como amenização do clima, redução de velocidade dos ventos, além do auxílio no controle da erosão e proteção do lençol freático, e diminuição da poluição do ar. Também entre outras funções das áreas verdes podem ser citadas: suavizadoras da paisagem urbana; recreação e relaxamento; conforto térmico; captação de CO₂ e produção de O₂; e refúgio e habitat para uma grande variedade de espécies.

Estas áreas verdes remanescentes urbanizadas têm tido sua fisionomia bastante alterada, por terem sido recortadas para implantação de caminhos e áreas de lazer. Além disso, foram introduzidas espécies ornamentais exóticas arbóreas, arbustivas e herbáceas contribuindo para a mudança de suas características naturais.

Por sua vez, as matas ciliares são sistemas vegetais essenciais ao equilíbrio ambiental e, portanto, devem representar uma preocupação central para o desenvolvimento rural sustentável. Assim a preservação e a recuperação das matas

ciliares, aliadas às práticas de conservação e ao manejo aplicado do solo, garantem a proteção de um dos principais recursos naturais: a água.

As matas ciliares são formações vegetais que ocorrem ao longo dos cursos d'água, nascentes, rios, lagos e reservatórios (SALVADOR, 1989; CRESTANA, 1994). Também chamadas de florestas ripárias ocorrem nas porções de terreno que acompanham os cursos d'água, onde o ecossistema, em função de ocupar áreas declivosas, apresenta variações em solo e em vegetação (REICHARDT, 1989).

Esta vegetação funciona como proteção dos cursos d'água, do solo e de lençóis freáticos, diminuindo os efeitos erosivos ocasionados pela atividade agrícola. (MUELLER, 2000)

A faixa linear de vegetação criada pela floresta ripária atua como uma membrana semipermeável que filtra os fluxos de água da bacia de drenagem para os rios. (SILVA, 2000)

A atenuação do fluxo d'água é provocada pelo espriamento da água e pelos troncos de árvores e demais estruturas associadas que ajudam a “frear”. A retenção de água do rio pelo maior potencial de evapotranspiração propiciado pela vegetação e pela infiltração de água no solo (LOWRANCE et al., 1997)

As matas ciliares desempenham, ainda, um efeito de filtragem dos fluxos de água para os canais diminuindo o escoamento e, conseqüentemente, os processos erosivos. Outras funções hidrológicas de importância seriam: proteção da zona ripária, filtragem de sedimentos e controle no aporte de produtos químicos para os cursos d'água. (LIMA, 1989)

As matas ciliares, segundo Crestana et al. (1993) e Soares (1995), têm como principal objetivo: minimizar os processos erosivos e de solapamento das margens dos cursos d'água; fornecer abrigo e alimentação para a fauna terrestre e aquática; regularizar o regime hídrico; proteger os cursos d'água de impactos devido a poluição; melhorar a qualidade da água.

Devido à importância das matas ciliares foram criados vários regulamentos legais para sua proteção e preservação. O código florestal – LEI N.º 4.771 – de 15 de setembro de 1965 (BRASIL, 1965), alterada pela LEI N.º 7.803 – de 18 de julho de 1989

(BRASIL, 1989) – que estabelece como área de preservação permanente as florestas e demais formas de vegetação natural.

3.3.3 Recursos Hídricos e Produtos Perigosos

Uma das principais feições do ambiente afetadas em Campinas têm sido os cursos d'água, em razão de sua rede hidrográfica ser responsável por parte do sistema de abastecimento de água das cidades da Região.

Os mananciais para abastecimento das populações situadas em regiões metropolitanas constituem sistemas complexos, que estão sujeitos ao uso intensivo das bacias hidrográficas, pelo elevado adensamento populacional e a processos de contaminação e poluição, decorrentes do fato das administrações públicas não conseguirem suprir as demandas de infra-estrutura das ocupações urbanas.

Uma preocupação do ponto de vista do preservacionismo e do esgotamento dos recursos hídricos pela falta de controle com a proteção de mananciais em São Paulo, teve início a partir da década de 70, resultando na promulgação da legislação ambiental de proteção dos mananciais metropolitanos, com o objetivo de coibir as ações de desmatamento pela população. (SÃO PAULO, 2000)

Porém, segundo Marcondes (1999), desde o ano 1887 existe um setor de administração pública para assuntos de abastecimento de água e saneamento público. Desta maneira as autoridades públicas assumem a responsabilidade de elaborar políticas de recursos hídricos e desde então têm cumprido essa tarefa. O mesmo autor frisa ainda que, em 1934, foi elaborado o código das águas tentando normatizar seus diferentes usos.

Desta data até a década de 70, diversas medidas legais, específicas, foram criadas visando o controle da poluição, incluindo a proteção dos mananciais hídricos. O desenvolvimento industrial bastante acelerado, na região de Campinas, ocorrido nesta época, teve influência direta no aumento da construção de barragens e reservatórios, visando atender as demandas de energia elétrica e abastecimento de água para as indústrias e o grande contingente populacional atraído para a região. (MALAGODI, 1999)

Esse crescimento desenfreado e indiscriminado dos limites urbanos da região de Campinas, suscitou a criação do Consórcio Intermunicipal das Bacias dos Rios Piracicaba e Capivari, no ano de 1989 e mais tarde, no ano de 2000, foi incorporada, também, a bacia hidrográfica do Rio Jundiaí. Esse consórcio tem como finalidade: a recuperação dos rios; proteção dos mananciais por meio de reflorestamentos e ações na área do planejamento e gestão dos recursos hídricos.

A conservação dos cursos d'água é um fator primordial para a solução dos problemas relacionados ao abastecimento das populações e à poluição, tendo como uma das ações um dos principais fatores a preservação das matas ciliares. (SHIMABUKURO, 2000)

Por outro lado o incremento da industrialização de centros urbanos e da concentração e formação de pólos industriais nas décadas recentes têm promovido uma grande demanda por transporte de produtos perigosos por rodovias, o que pode vir a acarretar um aumento substancial de risco de ocorrência de acidentes com danos, tanto para a vida humana quanto para o meio ambiente. Como no caso de Campinas, cujas principais fontes de risco à integridade e ao equilíbrio dos recursos hídricos, em especial dos rios que garantem a maior parte do abastecimento, se multiplicam com o avanço da urbanização e do processo de metropolização.

Campinas sendo a sede de um dos principais pólos rodoviários do Brasil, fator que contribui para os seus índices de crescimento econômico, tem ao mesmo tempo, importantes fontes de risco para os recursos hídricos e naturais (MARTINS, 2003).

Como já destacado a região metropolitana de Campinas apresenta em seu território importantes rodovias, com intenso trânsito de cargas, que cruzam ou passam próximo de cursos d'água elevando o risco ambiental em caso de acidentes com transporte de produtos perigosos.

3.3.3.1 RECURSOS HÍDRICOS EM CAMPINAS

A mancha urbana de Campinas situa-se sobre a área de três bacias hidrográficas: Rio Atibaia (leste, centro e norte), Ribeirão Quilombo (noroeste) e Rio Capivari (sul e sudoeste). O Rio Capivari representa uma divisa natural do município e um de seus afluentes, o Ribeirão Piçarrão, nasce na área central, atravessa vários

bairros da cidade antes de desaguar no Capivari. O Rio Atibaia fornece 90% da água consumida em Campinas e um de seus principais afluentes, que também nasce e deságua no município é o Ribeirão Anhumas. Além disso, o Rio Quilombo que nasce em Campinas, percorre grande extensão do município, atravessando área urbana com alta densidade populacional.

Devido a sua importância a bacia hidrográfica do Anhumas tem sido objeto de vários estudos para subsidiar a elaboração de políticas públicas para sua recuperação sócio-ambiental. Nesta bacia localiza-se grande parte da região central da cidade com áreas residenciais, de comércio e de serviços que estão sobre as nascentes dos córregos que formam o Ribeirão Anhumas. Além disso, duas das principais rodovias que cortam o município: a Dom Pedro I, a Governador Dr. Adhemar Pereira de Barros, estão em seu território.

Ao norte do município correm os rios Jaguari e Atibaia, que formarão o Piracicaba, em suas confluências, nas adjacências do município de Americana, sendo também, parte da bacia do Rio Tietê, receptor de afluentes à margem direita, do Piracicaba e do Jundiá. Nesta mesma região os ribeirões Anhumas e Quilombo, cujas nascentes estão, respectivamente, entre os bairros Swift/Proença e Chapadão/Amarais, deságuam no Piracicaba, após atravessarem os municípios de Sumaré, Paulínia, Nova Odessa e Americana. Ao sul, Campinas é cortada pelo rio Capivari, que desemboca no Tietê, nessa região destaca-se o Piçarrão como principal contribuinte do Capivari. A rede de drenagem interna converge toda para estas três sub-bacias. (Atibaia/Jaguari, Quilombo e Capivari).

O trânsito de caminhões transportando produtos perigosos é intenso e constante pelas rodovias que atravessam a cidade de Campinas. O eixo Campinas-Paulínia é um dos mais movimentados nesse sentido, em razão do transporte de combustíveis a partir do pólo petroquímico de Paulínia. De acordo com Martins (2003) muitos acidentes com cargas perigosas já foram registrados, chegando a atingir cursos d'água da região. A situação considerada particularmente mais sensível é a do trecho da rodovia D. Pedro I próximo ao Sistema de Captação de Água para Campinas, no distrito de Sousas.

Multiplicam-se no território de Campinas as fontes de risco de poluição e contaminação dos cursos d'água, que ameaçam a integridade e o equilíbrio dos recursos naturais, em especial dos rios que garantem o abastecimento de água das cidades da região.

Torna-se essencial um sistema de alerta para atuação rápida, em caso de emergência, aliado a uma fiscalização permanente nas rodovias, principalmente nos pontos em que cortam a área urbana. Deste modo, os modelos que permitem identificar as áreas de maior potencial de dano ambiental por acidentes com transporte rodoviário de produtos perigosos, viriam subsidiar as necessidades das entidades públicas nos casos emergenciais e a implementação de políticas públicas para recuperação ambiental de bacias hidrográficas, áreas de preservação de recursos naturais e mesmo diminuir o impacto causado pelos acidentes diante da população residente ao longo das rodovias.

3.3.4 Solos e Produtos Perigosos

O solo é um corpo natural, onde ocorrem interações diversas, entre diferentes fatores, como o clima, material de origem, e sua utilização pelo homem, dentre outros. Essa enormidade de interações complexas entre os meios físico, químico e biológico cria condições locais adversas devendo receber especial atenção os processos de contaminação, resultantes de atividades antropogênicas, pois cada sítio é um ambiente específico, de características singulares, que apresentarão magnitudes de impactos distintos. (PICARELLI, 2003)

Do ponto de vista químico, as trocas iônicas são responsáveis pelas principais relações entre o solo e as substâncias, nele presentes ou adicionadas, que diretamente serão afetadas pelas diferentes classes texturais. O potencial de trocas catiônicas (CTC), resulta em reações químicas em sítios do solo. Essas reações explicam, por exemplo, o fato de que quando é adicionado a um solo argiloso e a um solo arenoso quantidades equivalentes de um elemento fitotóxico, as plantas de solos arenosos serão mais rapidamente afetadas. Isto ocorre, pois solos arenosos possuem CTC com teores mais elevados do que os solos argilosos, que têm menor capacidade de reter (adsorver) os elementos a ele adicionados.

As águas subterrâneas têm se tornado uma fonte alternativa de abastecimento ao consumo humano, em geral são potáveis e dispensam tratamento prévio, pois os processos de filtração e dispersão do subsolo promovem a sua purificação, durante a percolação no solo. A qualidade da água deve ser preservada, daí a crescente preocupação com a sua contaminação. (SILVA et al., 2002)

O desafio do profissional que estuda os danos da contaminação dos solos, é que este problema, seja tratado em sua devida escala, com uma avaliação multidisciplinar exigindo, principalmente, conhecimentos bem difundidos dos processos químicos e biológicos que são inerentes a este processo.

3.3.5 Solos no Estado de São Paulo e em Campinas

A evolução da classificação dos solos no Estado de São Paulo, a partir de levantamentos executados em campo, ocorreu em diferentes épocas, porém compreenderam um passado não muito remoto. Para que se tenha uma idéia, a primeira classificação foi apresentada por Paiva Neto et al. (1951), em que foram estabelecidos dez grandes grupos de classes de solos, empregando a estes, nomes populares e de formações geológicas. Este grupo de pesquisadores foi pioneiro na classificação dos solos para o Estado.

Trabalhos posteriores, de classificação dos solos, considerariam, além do material geológico ou de origem, diversos fatores de formação, tais como clima, organismos, relevo e tempo. Outro fator não contemplado por Paiva Neto e colaboradores, foi o grau de desenvolvimento do perfil do solo, já que consideraram profundidades fixas: 0-40, 40-80 e 80 a 150 centímetros, em detrimento da real seqüência de horizontes, ainda assim teve mérito pelo fato de ter sido um trabalho pioneiro na área da pedologia.

Dez anos após, a Comissão de Solos (BRASIL, 1960) publicou o levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo, em um mapa na escala 1:500.000; mais tarde, um convênio firmado entre o IAC (Instituto Agrônomo de Campinas) e a EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) deu início ao levantamento semidetalhado dos diferentes tipos de solo do Estado de São Paulo. Este trabalho, realizado na escala 1:100.000, foi concluído e publicado em 1978.

Posteriormente, o projeto RADAM BRASIL, em 1983, apresentou o levantamento exploratório de solos, abrangendo o Sudeste e o Nordeste do Estado de São Paulo, na escala 1:1.000.000.

Acerca de levantamentos pedológicos mais precisos, isto é, em escalas maiores, pode-se citar que estes contemplam apenas algumas quadrículas de 30' x 30' (Latitude X Longitude) na escala: 1:100.000, de todo o território do Estado. Uma das quadrículas publicadas foi a de Campinas, num trabalho elaborado por Oliveira et al. (1979). Porém estas publicações isoladas, não permitem a identificação contínua dos delineamentos dos solos para regiões com áreas extensas, em que municípios extrapolam os limites de uma única quadrícula, o caso de Campinas.

Posteriormente, Oliveira et al. (1999) elaboraram um mapa de solos para o Estado de São Paulo na escala 1:500.000, que por contemplar o município de Campinas no seu todo, seria adequado como ferramenta para macro planejamento ambiental.

3.4 Produtos Perigosos e Transporte Rodoviário

O Departamento de Energia dos Estados Unidos (USDOE, 2005) em seu glossário de regulamentação de transporte, define produto perigoso (*HAZMAT*) como todo produto sólido, líquido ou gasoso que sejam tóxicos, inflamáveis, radioativos, corrosivos, quimicamente reativos ou instáveis, por um longo período de armazenamento e em quantidades que representem risco à vida, a propriedade ou o meio ambiente.

Outra definição do Departamento de Defesa Civil do Estado de Santa Catarina (2005), que indica como sendo Produto Perigoso, todo aquele que seja perigoso ou represente risco para saúde de pessoas, para a segurança pública ou para o meio ambiente.

A Defesa Civil de Minas Gerais (2005), considera produto perigoso qualquer produto que em certa quantidade, e fora de sua embalagem ou local de segurança, traga riscos para a saúde e a vida humana e de animais, bem como para o meio ambiente. Longaresi (2005) cita que Lima Júnior, diretor do Grupo Argos e representante do Brasil no Comitê de Peritos em Transporte de Produtos Perigosos da

ONU, apresentou definição semelhante em que produto perigoso é toda substância ou artigo que seja perigoso ou que apresenta risco para a saúde das pessoas, para a segurança pública ou para o meio ambiente.

Dentre as normas brasileiras relativas a produtos perigosos, podem ser ressaltadas: NBR 7500, que define a simbologia a ser utilizada para os diferentes produtos; NBR 7501, que relaciona a terminologia a ser empregada; NBR 7502, que apresenta a classificação dos produtos perigosos; NBR 7503 e NBR 8285, com modelo e instruções de preenchimento da ficha de emergência e NBR 8286, que estabelece o emprego da simbologia.

3.4.1 Legislação

O desenvolvimento industrial que se tem verificado desde o início do século tem determinado o aparecimento de uma enorme diversidade de indústrias e tem originado a necessidade cada vez maior de transportar produtos de uns locais para outros, quer se trate de matérias-primas, produtos acabados ou semi-acabados. (COSTA, D., 2001)

Essa gama de produtos, que cruzam e cruzavam, as rodovias diariamente fizeram com que as autoridades em meados da década de 1950, encabeçassem programas de regulamentação, padronização e fiscalização tanto no âmbito internacional, sendo a mais expressiva a Organização das Nações Unidas (ONU), como no âmbito nacional o Ministério dos Transportes.

Recentemente o Setor de Transportes do Governo Federal, passou por uma reestruturação pela sanção da Lei 10.233 de 5 de junho de 2001, onde o Ministério dos Transportes recebeu a incumbência de ser órgão político e supervisor; o CONIT (Conselho Nacional de Integração de Políticas de Transporte) um órgão ligado a Presidência da República recebeu a atribuição de propor políticas nacionais de integração dos diferentes modais de transportes; o DNIT (Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes) o órgão responsável pela gestão dos investimentos em implantação e manutenção da infra-estrutura; e a ANTT (Agência Nacional de Transportes Terrestres) e a ANTAQ (Agência Nacional de Transportes Aquaviários) foram estabelecidos como os órgãos regulamentadores e fiscalizadores do sistema federal de viação.

Tratando-se de transportes terrestres, mais especificamente, o transporte rodoviário, a ANTT tem como principal objetivo a implantação das políticas formuladas, pelo Ministério dos Transportes. Também, supervisiona as atividades de exploração da infra-estrutura de transportes exercidas por terceiros para garantir a movimentação dentro de padrões de eficiência segurança e regularidade.

A ANTT é também responsável pelo estabelecimento de padrões e elaboração de normas técnicas relativos ao transporte terrestre de produtos perigosos e compete a ela também fundamentar normas e regulamentos e fiscalizar operações do transporte terrestre de produtos perigosos.

A legislação pertinente ao transporte de produtos perigosos, no país, iniciou com a publicação do Decreto nº 2063 de 6 de outubro de 1983, que dispunha sobre a regulamentação do transporte rodoviário de cargas e/ou produtos perigosos e sobre as multas a serem aplicadas por infrações a esta regulamentação. Posteriormente, foi promulgado o Decreto nº 96044, em 18 de maio de 1988, que aprovava o Regulamento para o Transporte de Produtos Perigosos. O decreto especificava as condições de transporte dos veículos e dos equipamentos, a carga e seu acondicionamento, o pessoal envolvido na operação de transporte, a documentação necessária, entre outras.

A Portaria nº 291, de 31 de maio de 1988, trouxe as instruções complementares ao regulamento do transporte rodoviário de produtos perigosos com a definição das diversas classes e subclasses dos produtos com recomendações gerais para o seu transporte (Apêndice 1). Apresentou ainda a relação de produtos perigosos atualizada com base nas recomendações da Organização das Nações Unidas (ONU) e com orientação quanto a correta denominação do produto perigoso a ser transportado, no sentido de permitir uma uniformidade no cumprimento das exigências regulamentares referentes a documentação. (BRASIL, 1988)

Em 31 de maio de 2004 a ANTT baixou através da Resolução nº 420 (BRASIL, 2004), novas instruções que complementaram o Regulamento para o Transporte Terrestre de Produtos Perigosos. Para a preparação das instruções complementares a ANTT tomou como referência o trabalho elaborado pelo Comitê de Peritos das Nações Unidas, além de considerar dois Convênios Internacionais: Acordo Europeu sobre o

Transporte de Produtos Perigosos por Rodovia e Regulamentos Internacionais sobre o Transporte de Produtos Perigosos por Ferrovia.

A referida Resolução, fornece as definições e informações sobre os ensaios necessários para enquadrar o produto perigoso nas diversas classes e subclasses, incluindo critérios para classificação daqueles que não constem nominalmente da relação que a integra. Estabelece isenções admitidas para determinados produtos, bem como apresenta prescrições relativas às operações de transportes (gerais e particulares) para cada classe de risco. Determina também, cuidados a serem observados e disposições relativas a embalagens, contentores intermediários para graneis, embalagens grandes e tanques portáteis.

Mais recentemente, a Resolução nº 420/04, foi alterada pela Resolução nº 701 em 20 de agosto de 2004, onde foram aprovadas algumas instruções complementares ao Regulamento do Transporte Terrestre de Produtos Perigosos.

3.4.2 Acidentes com produtos perigosos

A expansão da indústria automobilística aliada ao baixo custo dos combustíveis derivados do petróleo, tem estimulado a opção pela modalidade rodoviária, como principal meio de transporte de carga, e esta característica é observada na maioria dos países, a partir da década de 1950.

De maneira análoga, o Brasil, consolidou à mesma época, principalmente nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul, um sólido programa de construção de rodovias. Essa prática foge a regra, do ocorrido a nível mundial, porque esta ênfase traduziu-se não só na prioridade, mas na exclusividade das políticas de transporte voltadas para o modal rodoviário, pelo menos até a década de 1970. Nota-se que para o Brasil, ainda, a matriz de distribuição dos modais de transporte de carga excessivamente concentrada nas Rodovias (Tabela 1), decorre de um processo que vem se estendendo por várias décadas e onde se observa um crescimento rápido e desproporcional do segmento rodoviário, em detrimento do conjunto das demais modalidades. (SCHROEDER e CASTRO, 1996)

Tabela 1. Distribuição (%) da matriz de transporte de carga por modal no Brasil.

Modal de Transporte	Ano 1996	Ano 1997	Ano 1998	Ano 1999	Ano 2000
Aéreo	0,33	0,26	0,31	0,31	0,33
Aquaviário	11,47	11,56	12,69	13,19	13,86
Dutoviário	3,78	4,55	4,44	4,61	4,46
Ferrovário	20,74	20,72	19,99	19,60	20,86
Rodoviário	63,68	62,91	62,57	62,29	60,49

Fonte: TEIXEIRA (2005)

A Europa, nos últimos anos, tem se preocupado com desastres de ordem natural e tecnológica e as conseqüências têm sido medidas na forma de perda de vidas e danos materiais e ao meio ambiente. (ROED-LARSEN et al., 2004)

Em Portugal o trânsito rodoviário de produtos perigosos constitui cerca de 10% da totalidade de mercadorias transportadas, abrangendo cerca de 60 grupos de produtos, com predominância para os combustíveis líquidos e gasosos, que constituem cerca de 70% da totalidade do transporte (COSTA, M., 2001). Segundo essa mesma autora, os dados do Serviço Nacional de Proteção Civil e do Observatório de Segurança Rodoviária da Direção Geral de Viação, mostram que, no período de 1985 a 1999, a maioria dos acidentes com transportes perigosos ocorreram nos distritos de: Lisboa, Setúbal, Santarém, Aveiro e Porto. As principais causas foram: excesso de velocidade, derrapagens, más condições atmosféricas e de conservação das estradas. Mostram também que os principais produtos transportados são combustíveis líquidos, gases de petróleo e produtos químicos.

Nos Estados Unidos da América, o transporte de produtos perigosos foi regulamentado em 1975 pelo HMTA (*Hazardous Materials Transportation Act*). Atualmente observa-se que são realizados, cerca de 500.000 embarques de produtos perigosos, diariamente, sendo mais de 90% feitos por meio de caminhões, dos quais, 50% dos materiais transportados são gasolina e derivados de petróleo. Os acidentes com produtos perigosos apresentaram um crescimento de 6.000 em 1985, para cerca de 17.000 em 1999. (PANWHAR et al., 2000)

Em relação aos acidentes com produtos perigosos no Brasil, Real e Braga (2000) analisaram dados de cadastros da ABIQUIM (Associação Brasileira da Indústria Química) e da FEEMA (Fundação Estadual de Engenharia e Meio Ambiente – Rio de Janeiro), no período de 1990 a 1997 e constataram que São Paulo foi o Estado que mais ativou os serviços do Pró-Química, sistema de informações e comunicações desenvolvido pela ABIQUIM, efetuando 61% das chamadas. Ainda, relataram que no período de 1983 a 1997, das 1047 ocorrências, 54% estavam ligadas ao transporte.

Vasconcellos (1999) analisando o desenvolvimento urbano e acidentes de tráfego no Brasil, relatou que estes têm aumentado significativamente conforme o número de veículos motorizados aumenta. Em se tratando de acidentes de tráfego, os resultados têm sido altamente negativos, com a estatística nacional apontando cerca de 28.000 mortes por ano e cerca de 340.000 pessoas vitimadas, no trânsito.

Um estudo para avaliar a cobertura policial e a validade de dados registrados em fichas de pronto-socorro foi desenvolvido por Andrade e Mello-Jorge (2001), onde encontraram que os registros policiais fornecem dados mais detalhados sobre as circunstâncias dos acidentes de transporte terrestre, com informações sobre o tipo de veículo envolvido, condições climáticas e da pista no momento do acidente entre outras.

Os acidentes no transporte rodoviário de produtos perigosos foram analisados por Ferreira (2003), no período de 1997 a 1999, por meio das informações dos “Boletins de Ocorrência”, de 1622 acidentes registrados pelas Polícias Rodoviária Estadual e Federal, no Estado de São Paulo. Constatou que a via Anhangüera destacou-se com uma elevada frequência de acidentes, apresentando média anual de 81. O mesmo autor ao analisar os dados, georreferenciando os locais de ocorrência de acidentes com transporte de produtos perigosos, notou que muitos desses acidentes ocorreram em trechos rodoviários que cortam as manchas urbanas do Estado de São Paulo. Provavelmente, este incremento no número de acidentes é devido ao aumento constante de trânsito urbano nesses trechos de rodovia.

Vasconcellos (2005) analisando três décadas das transformações urbanas e de transporte na Região Metropolitana de São Paulo, relatou que o transporte progressivamente mudou para o sistema motorizado aumentando o número de automóveis e ônibus em áreas urbanas, com conseqüente, elevação do número de

acidentes de trânsito, congestionamento e poluição. Considerando que Campinas cresce vertiginosamente a cada dia, seguindo os mesmos passos da capital paulista, não seria de estranhar o mesmo cenário presente à região estudada neste trabalho.

Em outro estudo elaborado pela fundação SEADE (Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados), Ferreira (2003) verificou que os municípios do Estado de São Paulo que concentraram o maior número de acidentes foram Campinas, Paulínia e Limeira, onde foram registrados praticamente a mesma distribuição de acidentes por município. Ainda, citou que no trecho entre o trevo de cruzamento das Rodovias SP-332 (Gal. Milton Tavares de Souza) com a rodovia SP-065 (Rodovia D. Pedro I), verificam-se as maiores incidências de acidentes do Estado, por tratar-se do principal acesso à maior refinaria do país, a REPLAN (Refinaria de Paulínia). Além disso relata que na mancha urbana de Campinas se verifica o maior número de ocorrência de acidentes com transporte rodoviário nos trechos que cruzam a cidade. Outra informação analisada pelo autor, diz respeito aos danos causados ao meio ambiente, onde a identificação dos casos tende a subestimar o número real.

3.5 Risco no transporte de produtos perigosos

A avaliação do risco tem sido utilizada de uma maneira simplificada como sendo uma função da probabilidade de ocorrência de um evento e da sua gravidade.

Uma das maneiras de se obter uma avaliação quantitativa do risco de transporte de produtos perigosos por rodovias é por meio de métodos para determinação de curvas de frequência anual do total de acidentes em relação ao número de acidentes devido ao transporte de produtos perigosos. Usando essa metodologia, Cassini (1998), na França, indicou o risco para a sociedade devido ao transporte de produtos perigosos e Leonelli et al. (2000) trabalhando na Itália determinaram as melhores rotas para o transporte de amônia.

Como a proteção ambiental pode ter um custo elevado, regras e procedimentos devem ser criados para assegurar aos recursos naturais, a mais alta prioridade, na avaliação de riscos provenientes de fontes naturais, antropogênicas, descarga de resíduos e acidentes de transporte com produtos perigosos. Nesta perspectiva Llewellyn (1998) desenvolveu um modelo estratégico para cálculo de risco, priorizando

a proteção ambiental na Inglaterra e País de Gales, baseado em avaliação do dano, significância do risco, contexto geográfico, probabilidade de ocorrência e importância do risco.

O transporte de produtos perigosos em regiões metropolitanas tem aumentado consideravelmente e, como consequência, ocorre a elevação do número de acidentes rodoviários, muitas vezes com efeitos danosos ao meio ambiente. A avaliação do risco e segurança no transporte de produtos perigosos, segundo Scanlon e Cantilli (1985), tem sido mal gerida pelas ações governamentais e metodologias de avaliação de risco serviriam de subsídio a um melhor planejamento.

Pijawka et al. (1985), trabalhando no estado do Arizona, nos EUA, efetuou uma análise dos acidentes com transporte de materiais perigosos nas principais rotas, que resultou na quantificação de valor de probabilidade de acidentes por rotas individuais. Esse modelo foi feito para gerenciamento do risco de materiais perigosos onde a vulnerabilidade é um produto da redução e preparação para o risco. O tipo e o volume do fluxo de produtos perigosos foram determinados a partir de dados sobre caminhões comerciais para permitir uma análise das probabilidades de acidentes. O fator de risco para a população, definido pelo produto entre as probabilidades de acidentes e a densidade populacional foi feito utilizando-se distâncias de evacuação em caso vazamento químico.

A escolha de rotas mais seguras diminui o potencial do risco de derramamento de produtos perigosos e os diferentes critérios sempre levam em consideração: minimização do risco; a mínima probabilidade de acidente e o menor custo operacional. O transporte seguro de produtos perigosos em áreas urbanas deve ser baseado no melhor roteamento sensível às influências das variações ambientais (SACCOMANNO e CHAN, 1985).

Um modelo para avaliação da segurança da comunidade frente ao risco com acidentes com produtos perigosos foi desenvolvido por Scanlon e Cantilli (1985). Os elementos do modelo levavam em consideração, além do risco de acidente, o risco comunitário e o preparo da comunidade.

Rhyne (1990) fez um estudo, nos Estados Unidos, sobre a avaliação de rotas alternativas para o transporte de produtos perigosos baseado em indicadores de risco

simplificados, porém com uma análise detalhada da probabilidade do risco. O enfoque de suas análises estava baseado nas relações entre o risco de acidente de transporte de produtos perigosos e seus efeitos na população. Os indicadores de risco utilizados foram: a distância total do trecho percorrido; a distância multiplicada pela taxa de acidentes; a distância multiplicada pela população; a distância multiplicada pela taxa de acidentes, pela população e sua densidade.

Outra metodologia para avaliação de rotas alternativas de transporte de produtos perigosos foi desenvolvida por Harwood et al. (1989) para cálculo da probabilidade de acidente a partir de diretrizes de determinação de rotas para materiais perigosos do Departamento de Transportes dos EUA. Para sua aplicação são necessários dados de taxas de acidentes com vazamentos, e a partir de testes estatísticos, baseados na distribuição de Poisson em áreas de contraste, determinam se as taxas de acidentes obtidas valem para um trecho ou são mais abrangentes no sistema em estudo.

Cabe aqui ressaltar que o Departamento de Transportes dos EUA (DOT-US) estabeleceu diretrizes para realização de transporte de materiais perigosos, nas quais é apresentado o modelo de avaliação de risco mais largamente utilizado para identificação de rotas preferenciais para o transporte de produtos perigosos. Esse modelo foi publicado pelo DOT primeiramente em 1990, e mais recentemente, foi atualizado e republicado pela FHWA (Federal Highway Administration). Esse modelo leva em consideração a seleção de rotas de mínimo risco, que é determinado para segmentos individuais das rotas em função da probabilidade e das conseqüências do acidente. A análise das taxas de acidentes com caminhões necessita do conhecimento da geometria das rodovias, volume de tráfego, raios de curva, rampas, superelevação, largura das faixas de tráfego e registro de acidentes. Os acidentes com caminhões são classificados em gravidade e tipo, enquanto a avaliação do risco presume que os vazamentos de produtos perigosos têm a mesma probabilidade em todos os tipos de acidente.

Alguns modelos como o de Erkut e Verter (1995) permitem o cálculo do custo do transporte da substância perigosa entre dois pontos, em função de vários fatores de risco, principalmente a exposição da população ao perigo. Glikman e Erkut, citados por

Martínez-Alegría et al. (2003), determinaram o risco associado com o vazamento e derrame de substâncias perigosas em acidentes rodoviários, baseado no volume de tráfego e densidade da população. Brainard et al. (1996) desenvolveram um modelo que estima a vulnerabilidade populacional e de elementos ambientais, como a permeabilidade do solo para otimização de rota entre dois pontos. Enquanto, Cassini (1998), na França, indicou o risco para a sociedade ao transporte de produtos perigosos.

No Brasil, vários autores propuseram ou testaram metodologias semelhantes às de Harwood et al. (1989) ou específicas para cada tipo de vulnerabilidade do sistema em função de acidentes com transporte de produtos perigosos.

Fricke (1992) analisou as áreas críticas de risco para o sistema de abastecimento de água para o município de Campinas devido ao transporte de produtos perigosos. A metodologia utilizada levava em consideração os acidentes com esses materiais; a identificação das áreas de acidente e a definição de áreas vulneráveis. Os estudos desenvolvidos foram aplicados nas sub-bacias dos rios Atibaia e Capivari por serem os principais sistemas produtores de água para o município de Campinas. A identificação de áreas críticas, nas rotas principais do transporte de produtos perigosos, levou em consideração o trecho que une o terminal marítimo de São Sebastião à refinaria REPLAN em Paulínia. Foram identificadas dez áreas vulneráveis, na sub-bacia do Atibaia e quatro na do Capivari. As áreas consideradas de risco emergencial e inaceitável, ou seja, as várias ameaças para o sistema de abastecimento de água de Campinas identificadas, foram: Sousas, em Campinas e a área de captação em Capivari, por terem dutos da Petrobrás e rodovias com tráfego intenso nas proximidades.

Em Santa Catarina, Ramos (1997) testou a metodologia proposta por Harwood et al. (1989) para a escolha de rotas que ofereciam menor risco à população em caso de acidente com produto perigoso. Para tanto levou em consideração o volume do tráfego; o número de acidentes com vítimas e a densidade demográfica.

Real (2000) e Real e Braga (2000), fizeram uma proposta para o controle de riscos no transporte rodoviário de produtos perigosos no Brasil, em função de problemas que podem ocorrer durante o trajeto, visando a diminuição dos riscos

rodoviários, em que se faz necessário o controle e gerenciamento das fontes de perigo. É proposta a adoção de operações assistidas para aumento da eficácia e segurança do atendimento emergencial.

Hartman (2003) propôs uma metodologia para avaliação do risco no transporte de produtos perigosos por rodovias. A avaliação de riscos para transporte de amônia foi feita em duas rotas tendo como origem a cidade de Jundiaí e como destino a cidade de Americana. A metodologia de Harwood et al. (1989) foi aplicada a esta situação considerando as seguintes etapas: seleção das rotas possíveis para transporte de amônia com segmentação em trechos baseada nos dados disponíveis de tráfego e acidentes ocorridos; determinação da média diária anual de acidentes por segmento; obtenção de dados sobre a geometria de cada segmento das rotas; obtenção de dados sobre a densidade demográfica e determinação das taxas de acidente e de risco à população.

Além disso, em sugestões para pesquisas futuras, Hartman (2003) propôs a criação de índices que levem em consideração, além do fator de risco calculado, os riscos ambientais por acidentes com produtos perigosos. Outro fator, que mostra a importância de adotar variáveis ambientais na determinação do risco, é apresentado por Valle (1995), onde empresários têm aumentado os investimentos em programas de melhoria de imagem para empresas.

A inclusão de parâmetros ambientais em modelos de cálculo de risco no TRPP foi feita por Pérez-Rueda et al. (2002), que apresentaram em seu trabalho um modelo de análise de risco com acidentes em TRPP baseado em informações anuais de tráfego e acidentes nas rodovias, mapas das rodovias, mapa geológico e mapas de densidade demográfica, para avaliação em termos de risco as diferentes rotas pelas quais circulam veículos transportando produtos perigosos gerando uma ferramenta útil de planejamento logístico e identificação de pontos de elevado nível de risco.

Mais tarde, Martínez-Alegría et al. (2003) desenvolveram um modelo para análise de risco que se assemelha ao de Erkut e Verter (1995) na determinação da probabilidade de ocorrência de um acidente, e ao de Brainard et al. (1996), no cálculo das vulnerabilidades. Este modelo permite uma análise geral da malha rodoviária,

delimitando as áreas de maior risco, em função da vulnerabilidade do meio ambiente, dano potencial de cada produto perigoso e diferentes tipos de acidentes.

Recentemente Martínez-Alegría (2005), concluiu seu doutoramento, trazendo neste trabalho, uma metodologia, de caráter determinista, que permite analisar e espacializar os riscos ambientais associados ao TRPP. O modelo conceitual empregado baseava-se na parametrização da probabilidade de ocorrência de acidentes com TRPP e da gravidade do dano estimado por potenciais conseqüências ao homem e ao meio ambiente.

Utilizar modelos analíticos clássicos para simular risco associado com o transporte de produtos perigosos e sua inter-relação com o meio ambiente aliada a variedade de produtos e de cenários dinâmicos pode se tornar um procedimento efetivamente complexo. Martínez-Alegría et al. (2003) e Martínez-Alegría (2005) propuseram por essa razão, o estudo e aplicação de modelos empíricos, simplificados, que levem em consideração, dentre outros fatores, a ocorrência de impactos ambientais.

4 MATERIAIS E MÉTODO

4.1 Materiais

Os dados e mapas necessários para o desenvolvimento deste trabalho foram organizados de acordo com as seguintes etapas: a) dados referentes à ocorrência de acidentes, com o transporte de produtos perigosos, nas rodovias do Estado de São Paulo e nas principais rodovias que cruzam o município de Campinas; b) dados correspondentes ao volume diário médio (VDM) de tráfego nessas rodovias; c) mapas e cartas básicas de: rodovias, rede de drenagem, uso da terra e classificação dos solos.

4.1.1 Acidentes com transporte rodoviário de produtos perigosos

Para análise dos dados de acidentes com TRPP ocorridos no Estado de São Paulo foram utilizadas as informações, dos Boletins de Ocorrência da Polícia Militar do Estado de São Paulo, no período de 1997 a 2004, referentes a: número de acidentes, causa e consequência do acidente.

Na análise dos acidentes com TRPP, considerando toda a extensão das rodovias que fazem parte do complexo rodoviário de Campinas, foram usadas as informações relativas ao total anual de acidentes e tipo de produto transportado.

No trecho das rodovias limitado pelo município de Campinas foi analisado um maior número de informações, no período de 1997 a 2004, que fazem parte do Boletim de Ocorrência da Polícia Militar, a saber: total anual de acidentes, tipo de produto transportado, classe do produto, tipo de acidente e consequência do acidente. No caso da avaliação da concentração dos acidentes foi utilizado o período de 1998 a 2004.

4.1.2 Volume diário médio de tráfego

Os dados de VDM necessários para o cálculo da probabilidade de ocorrência de acidentes, com transporte rodoviário de produtos perigosos, foram obtidos para as principais rodovias que cruzam o município de Campinas, a saber: DERSA e DER para as rodovias SP-065 (Rodovia Dom Pedro I – Campinas-Valinhos) e SP-083 (Rodovia José Roberto Magalhães Teixeira – Campinas-Valinhos); DER para as rodovias SP-101 (Rodovia Jornalista Francisco Aguirra Proença – Campinas Hortolândia) e SP-332 (Rodovia Gal. Milton Tavares de Souza – Campinas-Paulínia); DER e MACHADO (2002) para a rodovia SP-340 (Rodovia Gov. Dr. Adhemar Pereira de Barros – Campinas-Jaguariúna); DER, MACHADO (2002) e Colinas para a rodovia SP-075 (Rodovia Santos Dumont – Campinas-Indaiatuba); e DER, MACHADO (2002) e AutoBan, para as rodovias SP-330 (Rodovia Anhangüera – Valinhos-Campinas-Americana) e SP 348 (Rodovia dos Bandeirantes – Itupeva-Campinas-Americana).

4.1.3 Mapas e Cartas básicas

Diferenças entre mapa e carta são convencionais e associadas à idéia de escala, entendendo que mapa é apenas uma representação ilustrativa e pode ser considerado um caso particular da carta (COSTA, D., 2005).

Ainda de acordo com BRASIL (1999), "Mapa é a representação no plano, normalmente em escala pequena, dos aspectos geográficos, naturais, culturais e artificiais de uma área tomada na superfície de uma figura planetária, delimitada por elementos físicos, político-administrativos, destinada aos mais variados usos, temáticos, culturais e ilustrativos" e "Carta é a representação no plano, em escala média ou grande, dos aspectos artificiais e naturais de uma área tomada de uma superfície planetária, subdividida em folhas delimitadas por linhas convencionais - paralelos e meridianos - com a finalidade de possibilitar a avaliação de pormenores, com grau de precisão compatível com a escala."

No desenvolvimento do presente trabalho para utilização de modelo conceitual, para análise do risco de dano ambiental devido ao transporte de produtos perigosos, foram necessários diferentes tipos de informação na forma de mapas, a saber:

localização de rodovias, classificação do solo, uso do solo e rede de drenagem. Para tanto, foram utilizadas cartas básicas disponíveis em publicações técnicas.

A preparação dos mapas e cartas básicas foi realizada utilizando-se os programas, AutoCAD MAP 2000 Release 4 e SIG IDRISI Kilimanjaro.

4.1.3.1 Rodovias do município de Campinas

O mapa das rodovias do município de Campinas, foi extraído da base da região metropolitana de Campinas, em arquivo formato dwg (Auto CAD), fornecido pela EMPLASA (Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S.A.). Esta base foi elaborada, pela MapTec Planejamento e Cartografia S/C Ltda, na escala 1:10.000. A base cartográfica, elaborada, foi obtida através da digitalização das folhas 1:10.000 do Plano Cartográfico do Estado de São Paulo - PCESP do Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo – IGC-SP, restituídas a partir do recobrimento aerofotogramétrico realizado em 1978/79 e as informações foram atualizadas a partir do aerolevanteamento, na escala 1:30.000, realizado em 2000/01.

A base está no sistema de projeção Universal Transversa de Mercator (UTM); o elipsóide é o internacional de Hayford e *datum* horizontal Córrego Alegre, fuso 23°S, escala 1:25.000.

4.1.3.2 Classificação dos Solos

O Mapa Pedológico utilizado foi o publicado por Oliveira et al. (1999), por abranger toda a região de estudo, tendo sido elaborado na projeção Cônica Conforme de Lambert e *datum* horizontal Córrego Alegre, fuso 23°S, escala 1:500.000.

4.1.3.3 Uso da terra

O mapa de uso das terras do município de Campinas utilizado, foi obtido no *site* da EMBRAPA – Núcleo de Monitoramento Ambiental. Este mapa é proveniente da classificação de imagens de satélite, dos anos de 2001, 2002 e 2003, com as seguintes características: LANDSAT, multiespectral, resolução de 30 metros; SPOT V, multiespectral, resolução de 5 metros; Mosaico de imagens do satélite EROS, pancromático, resolução de 1,8 metros; Fotografias Aéreas, coloridas, ortorretificadas,

resolução de 30 cm. Este conjunto de imagens foi utilizado para um protótipo de sistema de informações de gestão ambiental estratégica e do conjunto de instrumentos para subsidiar a elaboração da Agenda 21 do Município de Campinas-SP e disponibilizar, de forma simples, informações sobre meio ambiente do município, escala 1:50.000. (EMBRAPA, 2003)

4.1.3.4 Rede de drenagem

A rede drenagem, foi extraída da base cartográfica da região metropolitana de Campinas, em arquivo formato dwg (Auto CAD), fornecido pela EMPLASA (Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S.A.). Esta carta está no sistema de projeção Universal Transversa de Mercator (UTM); o elipsóide é o internacional de Hayford e *datum* horizontal Córrego Alegre, fuso 23°S, escala 1:25.000.

4.2 Método

Na análise do risco ambiental devido a acidentes com TRPP no município de Campinas foram considerados os seguintes aspectos:

- a) análise descritiva da ocorrência de acidentes com TRPP no Estado de São Paulo e no município de Campinas utilizando informações da Polícia Militar do Estado de São Paulo;
- b) aplicação no município de Campinas de modelo conceitual, adaptado de Martínez-Alegría et al. (2003) e Martínez-Alegría (2005), para avaliação do risco de dano ambiental devido a acidente com TRPP.

4.2.1 Análise de acidentes com TRPP

A análise da ocorrência de acidentes com TRPP foi feita em três etapas distintas:

- a) acidentes ocorridos nas rodovias estaduais do Estado de São Paulo, considerando os aspectos relacionados a número de eventos; causa e consequência do acidente;

- b) acidentes ocorridos em toda a extensão das principais rodovias que cruzam o município de Campinas, considerando os aspectos relativos à identificação das rodovias com mais acidentes e tipo de produto envolvido;
- c) acidentes ocorridos nos trechos das principais rodovias dentro do limite do município de Campinas visando identificar as rodovias com maior frequência de acidentes; os tipos de produtos e classes de produtos envolvidos no acidente; os tipos e conseqüências do acidente e a concentração dos acidentes nos diferentes trechos das rodovias.

A análise descritiva dos acidentes com TRPP foi feita por meio da determinação das frequências de ocorrência dos acidentes por rodovia; por tipo de produto envolvido; por conseqüência e por localização, utilizando-se a expressão:

$$F(\%) = (n/N) \times 100 \quad (1)$$

Onde: F = frequência de ocorrência em porcentagem;

n = número de acidentes ocorridos, com TRPP, por: rodovia; tipo de produto; causa do acidente; conseqüência do acidente e localização.

N = número total de acidentes com transporte de produtos perigosos.

4.2.2 Preparo de mapas e cartas básicas

Nesse estudo foram necessárias conversões de mapas e cartas básicas, de forma que tivessem compatibilidade cartográfica, isto é, que a projeção, elipsóide e *datum*, fosse o mesmo. Desta maneira, foi possível a realização dos cruzamentos e operações algébricas, em ambiente SIG, necessárias para a aplicação do modelo.

As conversões foram necessárias pois, sempre que se utiliza uma projeção, um elipsóide de referência e um determinado *datum* horizontal e vertical, a planificação da forma esférica de parte do globo terrestre, relativo a área abrangida pelo mapa, pode se dar de diferentes maneiras. Estas planificações distintas fazem com que cada mapa apresente uma determinada espacialização das informações e que diferem umas das outras, daí a necessidade da uniformização das projeções, elipsóides de referência e *datum* dos mapas e cartas, sempre que se desejar sobrepor informações

georreferenciadas. Além disso, promovem distorções naturais ora de forma, superfície ou medidas lineares.

Todo o mapeamento disponível para o Município de Campinas elaborado pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – órgão responsável pela elaboração dos mapas oficiais do país) está baseado na projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), elipsóide internacional de Hayford e o *datum* horizontal Córrego Alegre, fuso 23°S, além disso as cartas base fornecidas pela EMPLASA, também foram disponibilizadas neste mesmo sistema de projeção, então foi utilizado este sistema cartográfico, na elaboração de todos os mapas necessários à realização do presente trabalho.

4.2.2.1 Mapa das rodovias

O mapa de rodovias utilizado, faz parte da base cartográfica da EMPLASA, estando, portanto, com as referências cartográficas compatíveis com as utilizadas no presente trabalho, não tendo sido necessária a conversão da projeção.

As rodovias foram identificadas, na carta, e separadas por níveis (planos de informação), por meio do programa AutoCAD. Com este programa foi realizada a exportação dos dados para o formato dxf e importadas no SIG IDRISI, onde posteriormente, foi criado um *buffer* para que estas áreas recebessem a atribuição dos valores de vulnerabilidade ambiental, a serem utilizados na aplicação do modelo.

Adotou-se um *buffer*, que foi aplicado às faixas de rolamento, paralelas as rodovias, definindo uma área de impacto, a ser considerada em caso de ocorrência de um acidente. A área passível de impacto no caso de um acidente com o transporte de produtos perigosos, foi limitada por uma faixa de 400 m de cada lado da rodovia, como sugerido por JOHNSON e MICHELHAUGH (2003), em manual do SIG criado para análise de rota de transporte, do USDOE (United States Department of Energy – National Transportation Program).

4.2.2.2 Mapa da rede de drenagem

A rede de drenagem, também foi uma informação extraída da base cartográfica fornecida pela EMPLASA, assim sua referência cartográfica, já se apresentava na

referência estabelecida, não sendo necessária a conversão da carta para outra projeção.

Procedeu-se à identificação e separação por níveis (planos de informação), por meio do programa Auto CAD, dos diferentes tipos de drenagem considerados, a saber: rios, ribeirões e córregos, lagos e represas e drenagens superficiais.

Estas informações foram exportadas em formato dxf, ainda no programa Auto CAD e importadas para SIG IDRISI, onde posteriormente, foi executado *buffer* e receberam a atribuição dos valores de vulnerabilidade, para serem utilizados na aplicação do modelo.

A área delimitada pela aplicação da ferramenta de *buffer*, do SIG IDRISI, foi relativa ao código Florestal, Lei 4771/65, considerando mais uma largura de zona de amortecimento: a) área delimitada por um buffer de 100 m de cada lado: cursos d'água com largura entre 10 e 50 m, lagos e represas; b) área delimitada por um buffer de 60 m de cada lado: cursos d'água com largura inferior a 10 m.

4.2.2.3 Mapa de uso da terra

A imagem do mapa temático de uso das terras, da EMBRAPA, proveniente da classificação de imagem de satélite HRV/SPOT, foi obtida em formato de imagem *raster*, com extensão tif. Esse formato permitiu a importação para o SIG IDRISI. Nessa imagem constavam quatro pontos de coordenadas geográficas (latitude e longitude), que permitiram o seu georreferenciamento, pela aplicação da ferramenta *RESAMPLE*.

A seguir foi necessária a transformação do sistema de coordenadas geográficas para o sistema de coordenadas planas, com projeção UTM, elipsóide internacional de Hayford e o *datum* horizontal Córrego Alegre, fuso 23°S, pela aplicação da ferramenta *PROJECT*, do software IDRISI.

4.2.2.4 Mapa de textura dos solos

O mapa pedológico do município de Campinas, foi obtido da publicação de Oliveira et al. (1999), o qual estava no sistema de projeção Cônica Conforme de Lambert e *datum* horizontal Córrego Alegre, fuso 23°S. Assim foi necessária a transformação para o sistema de coordenadas planas, com projeção UTM, elipsóide

internacional de Hayford e o *datum* horizontal Córrego Alegre, fuso 23°S, pela aplicação da ferramenta *PROJECT*.

O modelo a ser utilizado nesta pesquisa, necessita de informações, a respeito dos solos, que envolvam suas características de permeabilidade, e por tratar-se de um estudo ambiental, optou-se por classificar os solos, visando a infiltração dos produtos que podem atingir o lençol freático, em: textura arenosa, textura média, textura argilosa e solos hidromórficos.

Essa classificação foi o resultado de orientação a partir de pesquisador¹ que atua na área de pedologia e pela interpretação do modelo apresentado por Martínez-Alegría et al. (2003). Essa divisão proposta, também é baseada no agrupamento dos solos pelas diferentes composições de argila, silte e areia, presentes nos solos. A classificação granulométrica é apresentada por dois, métodos diferentes. O primeiro deles é o “Soil Survey Manual” de 1951. O outro é o conhecido por “Limites de Atterberg” ou “Classificação Internacional”. Os limites da fração granulométrica utilizado para a classificação de cada tipo de solo, proposto, podem ser vistos na tabela 2.

Tabela 2. Teor de argila e interpretação da classe textural do solo.

<i>Teor de Argila</i>	<i>Classe textural</i>
≤15*	Textura Arenosa
16-35%	Textura Média
35-100%	Textura Argilosa

* Argila + silte.

Desta maneira, a classificação pedológica, do mapa proposto por Oliveira et al. (1999), na escala 1:500.000, fica subdivida em quatro grupos de solos, que leva em consideração a textura, a saber:

- I. Textura arenosa;
- II. Textura Média;

¹ Jener Fernando de Moraes. Centro de Solos e Recursos Agro-Ambientais. Instituto Agrônomo, Campinas. Informação pessoal.

III. Textura Argilosa; e

IV. Solos Hidromórficos.

O mapa de textura de solos foi obtido considerando-se as seguintes classes, em função do tipo de solo:

- **Argilosa:** LV 17 – Latossolos Vermelhos distroféricos e distróficos ambos A moderado, textura argilosa relevo suave ondulado; LV 4 – Latossolos Vermelhos eutróféricos e distroféricos + Latossolos Vermelhos distróficos ambos A moderado, textura argilosa relevo suave ondulado; LVA 17 – Latossolos Vermelhos-Amarelos distróficos relevo ondulado + Cambissolos Háplicos distróficos relevo ondulado e forte ondulado ambos A moderado textura argilosa; PVA 22 – Argissolos Vermelhos Amarelos distróficos A moderado textura argilosa e média cascalhenta/argilosa cascalhenta fase rochosa relevo forte ondulado e montanhoso; PVA 8 – Argissolos Vermelhos-Amarelos eutróficos + Argissolos Vermelhos eutróficos ambos A moderado textura média/argilosa e argilosa relevo forte ondulado e montanhoso.
- **Média:** PVA 13 – Argissolos Vermelhos-Amarelos distróficos A moderado textura arenosa/média relevo ondulado; PVA 17 – Argissolos Vermelhos-Amarelos distróficos A moderado textura arenosa/média e média/argilosa relevo ondulado e forte ondulado; PVA 36 – Argissolos Vermelhos-Amarelos distróficos A moderado textura média cascalhenta/argilosa cascalhenta fase pedregosa e rochosa relevo forte ondulado + Afloramentos de Rochas.
- **Arenosa:** LVA 12 – Latossolos Vermelhos-Amarelos distroficos textura média + Neossolos Quartzarênicos órticos distróficos ambos A moderado relevo suave ondulado; PVA 53 – Argissolos Vermelhos Amarelos distróficos textura arenosa/média + Latossolos Vermelhos-Amarelos distróficos textura média ambos A moderado relevo suave ondulado.
- **Hidromórfico:** GX 7 – Gleissolos Háplicos distróficos + Argissolos Vermelhos-Amarelos eutróficos textura média/argilosa + Cambissolos Háplicos Tb distróficos ambos A moderado todos relevo de várzea.

4.2.3 Análise do risco ambiental devido a acidentes com o TRPP

Para analisar o risco no transporte de produtos perigosos é necessário levar em consideração algumas peculiaridades intrínsecas que esta modalidade de atividade apresenta, ou seja, a grande variedade de produtos envolvidos e o veículo, principal gerador do risco, que transita por regiões muitas vezes vulneráveis do ponto de vista ambiental.

A integração dessas peculiaridades, da variedade de produtos e cenários dinâmicos leva ao uso de metodologias, às vezes menos precisas, porém de maior abrangência das variáveis envolvidas.

O modelo conceitual utilizado para análise do risco ambiental envolvido no transporte de produtos perigosos foi o proposto nos trabalhos publicados por Martínez-Alegría et al. (2003); Ordoñez e Martínez-Alegría (2003) e Martínez-Alegría (2005), desenvolvido para a província de Valladolid, na Espanha, que se baseia na probabilidade de ocorrência do acidente e na gravidade do dano ambiental para determinar o risco de dano ambiental devido a acidentes com TRPP.

A determinação da probabilidade de ocorrência do acidente com TRPP é feita por meio da análise dos eventos acontecidos e do volume de tráfego nas rodovias.

A gravidade do dano ambiental é determinada pelo perigo intrínseco do produto envolvido no acidente; pelo tipo de acidente e pelas vulnerabilidades ambientais dos elementos considerados, cujos planos de informação são compatibilizados e sobrepostos por meio de SIG.

Conceito de Risco (R)

O conceito de risco pode ser expresso como uma função da gravidade do potencial de dano do acidente e da probabilidade de ocorrência:

$$R = G \times P \quad (2)$$

Onde, R é o risco;

G é a gravidade do potencial do dano;

P é a probabilidade do evento.

Estimativa da Gravidade (G)

A gravidade do dano é condicionada principalmente pelo perigo (P_e) envolvido no acidente, pelo potencial de dano inerente ao produto (H_{hg}) e pela vulnerabilidade (V) do meio ambiente onde ocorreu o acidente, sendo expressa por:

$$G = P_e (H_{hg} + V) \quad (3)$$

O perigo envolvido numa situação de emergência (P_e) é função do tipo de acidente e para fins de estimativa do potencial de risco, é igualado a 6 (MARTÍNEZ-ALEGRÍA et al., 2003), valor correspondente à consequência do acidente em que o container é danificado e há vazamento de produto, ou ocorra incêndio. Esta suposição também pode ser feita, para Campinas, pois são a consequência do acidente de maior ocorrência. Além disso, Turiani em entrevista citada por Teixeira Júnior (1998), verificou que, em análise das causas de acidentes com produtos perigosos, efetuada pela Polícia Rodoviária Estadual, a probabilidade do tipo de acidente com maior frequência, foi o tombamento (43,45%), seguida pela colisão (20,2%). Ainda, o mesmo autor, analisando ocorrências de acidentes envolvendo produtos perigosos, no período de 1985 a 1994, fornecidas pela CETESB, verificou que, no Estado de São Paulo, foram registrados 368 acidentes, sendo 79,9% deles com derrame.

Dano Inerente ao Produto (H_{hg})

A quantificação dos índices de perigo intrínseco foi feita em função da magnitude da propriedade considerada.

O perigo médio (H_{hg}) associado ao produto perigoso transportado, ou seja, em relação ao dano inerente ao produto, foi estimado com base em índices relativos ao grupo ao qual ele pertence:

$$H_{hg} = (H_I + H_R + H_T) / 3 + H_{GO} \quad (4)$$

Onde os índices referem-se a:

$H_I \rightarrow$ Flamabilidade
 $H_R \rightarrow$ Tendência a reagir
 $H_T \rightarrow$ Toxicidade/Corrosividade
 $H_{GO} \rightarrow$ Oxidação.

Aos índices H_I , H_R e H_T , são assinalados valores entre 0 e 4, onde os maiores representam elevado potencial de dano. H_{GO} é somente considerado quando indica uma propensão à emissão de oxigênio, sendo então igualado a 1. (MARTÍNEZ-ALEGRÍA et al., 2003)

Para o município de Campinas, como a maior porcentagem de produtos perigosos transportados pelo modal rodoviário, refere-se a combustíveis derivados de petróleo e álcool, a estimativa dos valores de danos inerentes ao produto foi feita levando em consideração suas características de flamabilidade, reatividade, toxicidade/corrosividade e oxidação. Portanto ao valor final de H_{hg} , para essas características do produto transportado, foi atribuído o maior valor, sendo fixado em 5.

Estimativa da Vulnerabilidade (V)

A vulnerabilidade pode ser definida como o potencial de uma comunidade ou território para sofrer danos e é uma função da presença, em seu entorno, de elementos, usos e/ou populações susceptíveis de sofrerem impactos em caso de acidente. (Hewitt, 1997 *apud* MARTÍNEZ-ALEGRÍA, 2005)

A vulnerabilidade V é dada pelo somatório entre a vulnerabilidade ambiental (V_a) e a vulnerabilidade populacional (V_p):

$$V = V_a + V_p \quad (5)$$

A vulnerabilidade ambiental (V_a) depende dos fatores relacionados a proximidade de: água superficial (fontes principais e secundárias de água; lagos e reservatórios); água subterrânea (permeabilidade do solo); matas remanescentes e áreas de proteção ambiental.

A estimativa da vulnerabilidade ambiental foi feita, como sugerido por Martínez-Alegría et al. (2003), construindo-se uma matriz de valores de 0 a 4, onde 0 indica baixa vulnerabilidade e 4, vulnerabilidade extremamente elevada. As classes de vulnerabilidade utilizadas estão apresentadas na tabela 3.

No caso da vulnerabilidade da rede de drenagem foi levado em consideração o impacto causado por produtos perigosos em caso de acidentes com vazamento e derramamento, onde os menores valores foram atribuídos para lagos, represas e drenagem superficial e os maiores para rios.

Para o uso da terra, as classes de vulnerabilidade, foram definidas em função da severidade do evento na biodiversidade, neste caso os menores valores foram para solo exposto, ou seja, um ambiente muito degradado, portanto, pouco vulnerável. Os maiores valores foram atribuídos às matas, mata de galeria e várzeas.

Em relação a textura do solo, considerando-se a maior probabilidade de atingir o lençol freático, definiu-se os solos argilosos com menores valores, pela sua menor velocidade de infiltração e o solo hidromórfico com maiores valores, visto estar muito próximo do lençol freático.

Tabela 3. Classes de vulnerabilidade, variando na escala de 0 a 4, utilizadas para aplicação do modelo de Martínez-Alegría et al. (2003) e adaptado de Martínez-Alegría (2005).

Fator	Classes de Vulnerabilidade				
	0	1	2	3	4
Drenagem (extensão do impacto)	-	lagos e Represas Drenagem superficial	Córregos	Ribeirões	Rios
Uso da terra	Solo exposto	Eucalipto, cultura anual, cana de açúcar	Pasto limpo, Pasto sujo Cultura Perene	Capoeira e Mata Urbana	Mata, Mata de galeria e Várzea
Textura do solo	-	Argilosa	Média	Arenosa	Hidromórfico

Em função das classes de vulnerabilidade foram desenvolvidos os mapas básicos auxiliares, utilizando-se os mapas de rede de drenagem, uso da terra e textura

do solo, por meio do SIG IDRISI identificando no entorno das rodovias de Campinas diferentes vulnerabilidades do ponto de vista de dano ambiental.

A vulnerabilidade final (V), foi obtida pela média entre as vulnerabilidades parciais, considerando a rede de drenagem, uso da terra e textura do solo. O cálculo foi feito por meio de sobreposição de mapas no ambiente SIG IDRISI.

A vulnerabilidade populacional (V_p) está relacionada à densidade populacional, pois em caso de acidente em locais densamente povoados, o problema torna-se mais significativo.

Para estimativa da vulnerabilidade populacional foi considerada a densidade de população de cada área dentro do município sendo definidas geograficamente por polígonos que definem as zonas de densidade.

Os valores de vulnerabilidade populacional também, variam numa escala de 0 a 4, onde o valor 4 foi atribuído para regiões densamente urbanizadas e valores menores para áreas inabitadas (Tabela 4).

Tabela 4. Classes de vulnerabilidade populacional (V_p), de acordo com terminologia da EMBRAPA (2003).

Densidade Populacional	Classe
Urbano denso	4
Urbano	3
Em urbanização	2
Inabitado	0

Interpretação da gravidade do dano ambiental (G)

Em seguida foi determinada a gravidade de dano ambiental por meio da superposição de mapas de vulnerabilidade e aplicação da equação 3 no SIG IDRISI que permite, além da superposição, a álgebra de mapas.

A interpretação dos valores de G, foi feita como sugerida por Martínez-Alegría et al. (2003) e apresentada na tabela 5.

Tabela 5. Interpretação dos valores da gravidade de dano ambiental (G)

Valor de G	Gravidade
0 a 19	Baixa
20 a 38	Média
39 a 57	Alta
58 a 78	Muita alta

Determinação da Probabilidade

A probabilidade de ocorrência de acidentes no TRPP é afetada pelo tipo de rodovia e intensidade de tráfego, entre outros fatores, podendo ser calculada com base em dados estatísticos de:

- a) densidade de tráfego, baseada na intensidade de tráfego média diária; e
- b) estatísticas de acidentes de transporte de produtos perigosos.

A probabilidade para cada trecho (P_{rod}) foi determinada, de acordo com GOLD (1998) pela relação entre: o número de acidentes com produtos perigosos ocorridos em cada trecho de rodovia (APP_{rod}) no período considerado e a média do volume diário médio (VDM_{rod}), para o trecho, transformando-o, para o período considerado:

$$P_{rod} = APP_{rod} / (VDM_{rod} \times 7 \times 365) \quad (6)$$

Onde, 365 e 7, são respectivamente, valores referentes ao período de um ano e ao número de anos do período considerado: 1998 a 2004. No caso da rodovia SP-083, foi utilizado o valor 2 ao invés de 7, devido ao período disponível de dados ser relativo aos anos 2003 a 2004.

Determinação do Risco

Determinadas a gravidade (G) e probabilidade (P_{rod}) de acidentes com TRPP e inseridos seus valores em ambiente SIG foi feita a estimativa do risco de dano ambiental pela equação:

$$R = P_{rod} \{ P_e \{ H_{hg} + V_p + [(V_{drenagem} + V_{solo} + V_{uso da terra})/3] \} \} \quad (7)$$

Os passos seguidos na análise e determinação do risco de dano ambiental por TRPP são ilustrados na Figura 1.

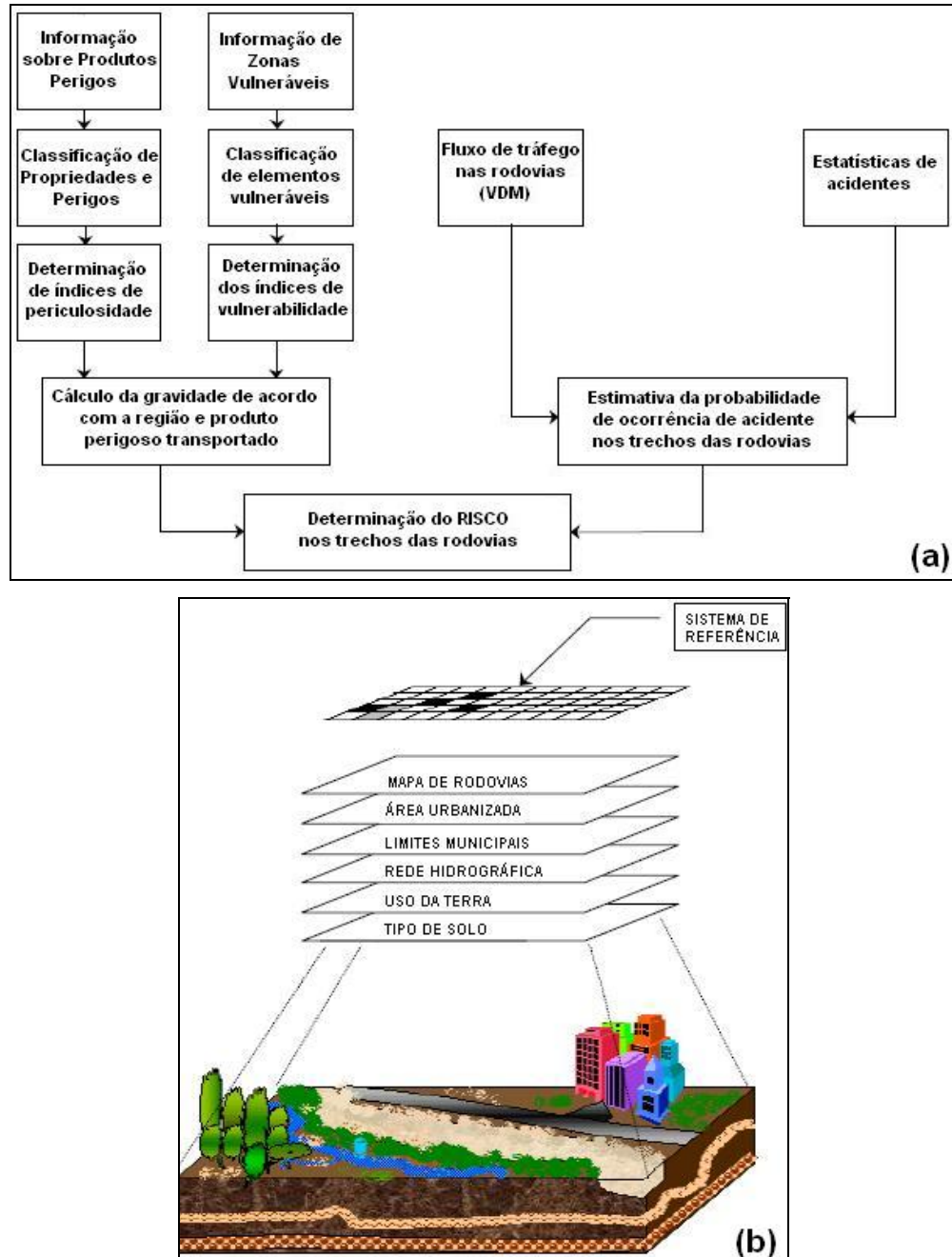


Figura 1. Fluxograma operacional (a) e fases do processamento de dados e de planos de informação (b) do modelo de estimativa do risco de dano ambiental devido a acidentes com TRPP. (Adaptado de Martínez-Alegría, 2005).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir serão apresentados os resultados obtidos nas análises do risco ambiental devido a acidentes com o TRPP que foram desenvolvidas levando-se em consideração os seguintes aspectos: a) acidentes com TRPP no Estado de São Paulo; b) acidentes na malha rodoviária do município de Campinas relacionando-os ao tipo de produto transportado, a causa e consequência do acidente e à localização do evento; c) fluxo de veículos nos trechos das rodovias no município de Campinas; d) estimativa do risco ambiental devido a acidentes com TRPP contemplando as seguintes fases: preparo de mapas e cartas básicas; estimativa da vulnerabilidade e gravidade ambiental devido a acidentes com TRPP; determinação da probabilidade de acidentes e do risco de dano ambiental.

5.1 Acidentes rodoviários com transporte de produtos perigosos

A análise objetivou a caracterização dos acidentes no Estado de São Paulo, além da avaliação das principais rodovias que cruzam o município de Campinas, pois é nelas que são observados os maiores índices de ocorrência de acidentes. Teixeira Júnior (1998) avaliando dados apresentados por diferentes autores apontou o transporte rodoviário como sendo a principal fonte de acidentes capazes de provocar danos ao meio ambiente, relatando que, do total de acidentes analisados, 66% ocorreram em rodovias.

5.1.1 Acidentes com TRPP no Estado de São Paulo

5.1.1.1 Ocorrência e características dos acidentes com TRPP

No período analisado foram verificados 3.919 acidentes com TRPP nas rodovias do Estado de São Paulo. Na Tabela 6 são apresentados os valores totais anuais de ocorrência de acidentes com TRPP. Nota-se que a variação do número anual de acidentes com TRPP foi entre 443, no ano de 2002, e 566 no ano de 1999.

Teixeira Júnior (1998) analisando ocorrência de acidentes envolvendo produtos perigosos, entre 1985 e 1994, por meio de dados obtidos no cadastro de acidentes ambientais (CADAC), publicado pela CETESB, apresentou um número total de 375 ocorrências, no período analisado. Este número é menor que o valor de ocorrências obtido no presente trabalho, pois a CETESB apresenta no CADAC, apenas os acidentes ambientais atendidos pelos técnicos do Setor de Operações de Emergência e de suas Agências Ambientais. Enquanto os dados utilizados neste trabalho, foram fornecidos pela Polícia Militar do Estado de São Paulo, que relaciona todos os acidentes ocorridos envolvendo o transporte de produtos perigosos.

Teixeira (2005) analisando dados de ocorrência de acidentes com TRPP em que a CETESB foi acionada, no período de 1983 a 2004, verificou um total de 2202 eventos, sendo o interior do Estado responsável 65% dos acidentes. Ainda, ressalta que as rodovias paulistas que concentram os maiores índices de acidentes com TRPP são, justamente, as linhas de distribuição dos pólos químicos e petroquímicos, do Estado de São Paulo para os demais Estados da Federação.

Ainda na Tabela 6 são apresentados os valores totais anuais das causas e conseqüências dos acidentes com TRPP. Pode-se verificar que o principal fator causador de acidentes é o condutor com 1802 ocorrências do total analisado correspondendo a 44,5% (Tabela 7) dos acidentes. Esse valor é elevado apesar de Ferreira (2003) relatar que o perfil dos motoristas que transportam produtos perigosos em relação ao dos que transportam cargas em geral, apresenta as seguintes características: idade média mais elevada, maior nível de instrução e salário médio mais alto.

Mesmo assim, Teixeira (2005) identificou que 16% das causas de acidente foram por erro humano (falha operacional) e citou que a principal causa, segundo a Polícia Rodoviária Estadual, foi erro do condutor, perfazendo 44,3% dos acidentes.

A difusão da importância da capacitação, do treinamento e do conhecimento da documentação necessária aos motoristas de veículos que transportam produtos perigosos, poderia contribuir para a diminuição dos acidentes ou, ainda, para auxiliar nos processos de mitigação do dano causado em caso de ocorrência do acidente. (Apêndice 2)

Outro fator causador de acidentes está relacionado às condições do veículo com 870 acidentes (Tabela 6), representando 23,0% (Tabela 7) do total. Os valores obtidos neste trabalho são próximos ao relatados por Teixeira (2005), que observou 16,1% dos acidentes com TRPP, como sendo causados por falha mecânica.

Além disso, o fator estado de conservação das pistas, também, pode ser apontado como causador de acidentes e contribui com 122 das ocorrências, que correspondem a 3,2% dos casos analisados (Tabelas 6 e 7, respectivamente).

Em relação às consequências dos acidentes com TRPP, verifica-se pela Tabela 6 que o vazamento do produto transportado (530 ocorrências) foi a que mais ocorreu, representando 14,1% (Tabela 7) dos incidentes no Estado de São Paulo, no período de 1997 a 2004. Com menores valores de porcentagem de ocorrência, cerca de 1 a 3% (Tabela 7) envolvem: incêndio, derramamento, queda da carga, e avaria da embalagem.

Tabela 6. Número de ocorrências de acidentes com TRPP no Estado de São Paulo em função das características no período de 1997 a 2004.

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	Total
Acidentes	487	510	566	484	481	443	458	490	3919
Causa									
Veículo	109	102	130	117	132	92	105	83	870
Via	18	22	18	19	11	10	13	11	122
Condutor	205	229	258	219	195	202	218	276	1802
Outros	155	157	160	129	143	139	122	120	1125
Consequência									
Vazamento	89	75	103	63	51	49	58	42	530
Incêndio	5	8	11	8	4	10	5	18	69
Derramamento	12	13	6	7	6	14	8	7	73
Explosão	1	2	2	0	2	1	1	1	10
Queda da Carga	12	20	12	10	14	6	15	15	104
Avaria Embalagem	13	16	17	24	15	10	7	3	105
Outros	355	376	415	372	389	353	364	404	3028

Tabela 7. Frequência de ocorrência (%) de acidentes com TRPP no Estado de São Paulo em função das características no período de 1997 a 2004.

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	Média
Causa									
Veículo	22,4	20,0	23,0	24,2	27,4	20,8	22,9	18,1	23,0
Via	3,7	4,3	3,2	3,9	2,3	2,3	2,8	2,4	3,2
Condutor	42,1	44,9	45,6	45,2	40,5	45,6	47,6	60,3	44,5
Outros	31,8	30,8	28,3	26,7	29,7	31,4	26,6	26,2	29,3
Consequência									
Vazamento	18,3	14,7	18,2	13,0	10,6	11,1	12,7	9,2	14,1
Incêndio	1,0	1,6	1,9	1,7	0,8	2,3	1,1	3,9	1,5
Derramamento	2,5	2,5	1,1	1,4	1,2	3,2	1,7	1,5	2,0
Explosão	0,2	0,4	0,4	0,0	0,4	0,2	0,2	0,2	0,3
Queda da Carga	2,5	3,9	2,1	2,1	2,9	1,4	3,3	3,3	2,6
Avaria Embalagem	2,7	3,1	3,0	5,0	3,1	2,3	1,5	0,7	3,0
Outros	72,9	73,7	73,3	76,9	80,9	79,7	79,5	88,2	76,7

Ainda, Teixeira (2005) preconiza que, assim como, a causa do acidente é o resultado de um somatório de fatores adversos, de igual forma, a eficácia de ações visando à redução de acidentes, dependerá em grande parte da ação conjunta do poder público e da iniciativa privada. Para uma busca eficaz de redução de acidentes

envolvendo TRPP, torna-se indispensável dispor de um plano integrado com fundamentação técnica, jurídica e científica.

5.1.2 Acidentes com TRPP na extensão total das rodovias do complexo rodoviário do município de Campinas

Os acidentes com TRPP foram avaliados na extensão total das rodovias que fazem parte do complexo rodoviário de Campinas, objetivando comparar as vias onde os acidentes mais ocorrem e o tipo de produto envolvido no acidente com TRPP.

Nas Tabelas 8 e 9 são apresentados os valores totais anuais e de frequência de ocorrência dos acidentes por rodovia e por tipo de produto.

Na rodovia SP-330 notou-se a ocorrência de 46,3% dos acidentes com TRPP (Tabela 8). A seguir, foram observados nas rodovias SP-332, SP-348 e SP-065 respectivamente, os valores: 19,7%, 13,9% e 12,0%. Nas rodovias SP-075, SP-083, SP-101 e SP-340 foram observados os menores valores, cerca de 0,2 a 3,4%.

Em relação ao tipo de produto envolvido em acidentes com TRPP, verificou-se (Tabela 9) que combustíveis líquidos inflamáveis, incluindo gasolina (nº ONU – 1203) e pelo etanol (nº ONU-1170), ambos combustíveis automotivos, foram responsáveis, respectivamente, por 27,9% e 18,1% dos incidentes avaliados.

Teixeira (2005), analisando dados da CETSB, relata que os produtos da classe de risco 3 (líquidos inflamáveis) são os mais associados com TRPP, perfazendo 36,1% dos acidentes ocorridos no Estado de São Paulo. Nas rodovias do interior do Estado as ocorrências de acidentes, envolvendo gasolina, diesel e álcool etílico chegam a 39%.

Tabela 8. Número e frequência de ocorrência de acidentes com TRPP nas rodovias que cruzam o município de Campinas no período 1997 a 2004.

Ano	Rodovia								Total
	SP-065	SP-075	SP-083	SP-101	SP-330	SP-332	SP-340	SP-348	
1997	7	3	-	4	76	39	11	15	155
1998	6	2	-	1	74	48	9	18	158
1999	30	5	-	5	93	51	2	19	205
2000	22	4	-	0	83	44	6	19	178
2001	38	7	-	8	52	36	8	27	176
2002	21	4	-	5	80	18	3	29	160
2003	22	3	2	2	83	29	1	25	167
2004	19	3	1	7	97	6	7	40	180
Total	165	31	3	32	638	271	47	192	1379
(%)*	12,0	2,2	0,2	2,3	46,3	19,7	3,4	13,9	100,0

* Frequência de ocorrência

Rodovias: SP-065 (Rodovia Dom Pedro I); SP-083 (Rodovia José Roberto Magalhães Teixeira); SP-101 (Rodovia Jornalista Francisco Aguirra Proença); SP-332 (Rodovia Gal. Milton Tavares de Souza); SP-340 (Rodovia Gov. Dr. Adhemar Pereira de Barros); SP-075 (Rodovia Santos Dumont); SP-330 (Rodovia Anhangüera) e SP 348 (Rodovia dos Bandeirantes).

Tabela 9. Número e frequência de ocorrência de acidentes com TRPP, por tipo de produto, nas rodovias que cruzam o município de Campinas no período de 1997 a 2004.

Tipo de Produto	Rodovia								Total	(%)*
	SP-065	SP-075	SP-083	SP-101	SP-330	SP-332	SP-340	SP-348		
1005	1	0	0	0	20	4	0	3	28	2,0
1075	18	1	0	1	80	24	3	12	139	10,1
1170	22	5	0	6	130	44	6	37	250	18,1
1203	54	11	0	15	133	117	19	36	385	27,9
1307	3	0	0	0	0	1	0	0	4	0,3
1824	0	1	2	1	15	2	1	11	33	2,4
3082	6	2	0	2	35	11	3	2	61	4,4
Outros	38	8	1	6	161	33	13	58	318	23,1
Indefinido	23	3	0	1	63	35	2	34	161	11,7
Total	165	31	3	32	637	271	47	193	1379	100,0

* Frequência de ocorrência

Rodovias: SP-065 (Rodovia Dom Pedro I); SP-083 (Rodovia José Roberto Magalhães Teixeira); SP-101 (Rodovia Jornalista Francisco Aguirra Proença); SP-332 (Rodovia Gal. Milton Tavares de Souza); SP-340 (Rodovia Gov. Dr. Adhemar Pereira de Barros); SP-075 (Rodovia Santos Dumont); SP-330 (Rodovia Anhangüera) e SP 348 (Rodovia dos Bandeirantes).

Tipo de produto: 1005 – amônia, anidra; 1075 - gás(es) de petróleo, liquefeito(s); 1170 - etanol (álcool etílico) ou solução de etanol (solução de álcool etílico); 1203 - combustível automotor, incluindo álcool-motor e gasolina; 1307 – xilenos; 1824 - hidróxido de sódio, solução; 3082 - substância que apresenta risco para o meio ambiente, líquida, n.e.; Outros – demais produtos e Indefinido – não especificado.

5.1.3 Acidentes com TRPP no trecho das rodovias que cruzam o município de Campinas

5.1.3.1 Frequência de ocorrência de acidentes com TRPP no trecho que cruza o município de Campinas

A análise da incidência dos acidentes, nos trechos das rodovias que cruzam o município de Campinas, mostrou terem ocorrido, no período de 1997 a 2004, um total de 217 acidentes com o TRPP (Tabela 10).

Teixeira (2005) analisando dados das agências ambientais da CETESB, relatou que Campinas lidera as estatísticas com 137 acidentes atendidos no período de 1983 a 2004.

Em levantamento realizado com dados de acidentes com transporte de produtos perigosos para Campinas, no período de 1985 a 1990, Fricke (1992) identificou um total de 163 acidentes, tendo o ano de 1989, apresentado o maior número (58) e 1985 o menor valor (5). Em média ocorreram 27,2 acidentes por ano. O valor médio do número de acidentes anuais é semelhante ao encontrado no presente trabalho, 27,1 acidentes, no período de 1997 a 2004.

A rodovia SP-065 (D. Pedro I) apresentou maior incidência de acidentes (95 eventos) totalizando cerca de 43,8% dos ocorridos no período (Tabela 10 e Figura 2). A seguir, a rodovia SP-348 (Rod. dos Bandeirantes) apresentou um total de 45 ocorrências, que representa 20,7% do total dos acidentes no período analisado.

Também, com frequência de ocorrência de acidentes com o TRPP mais expressiva, aparecem as rodovias SP-330 (Via Anhangüera) e SP-332 (Gal. Milton Tavares de Souza). Os valores observados de frequência de ocorrência de acidentes foram de 15,7 e 12,0% (tabela 10 e Figura 2), respectivamente para as rodovias SP-330 e SP-332. No período de 1980 a 1990, analisado por Fricke (1992), foram observados os maiores índices de acidentes rodoviários com transporte de produtos perigosos, no município de Campinas, nas rodovias SP-332 (que interliga Paulínia, Campinas e Via Anhangüera).

Tabela 10. Número e porcentagem de acidentes com transporte de produtos perigosos nos trechos das principais rodovias no município de Campinas, no período de 1997-2004.

Ano	Rodovia								Total
	SP-065	SP-075	SP-083	SP-101	SP-330	SP-332	SP-340	SP-348	
1997	5	3	-	0	6	5	2	5	26
1998	3	1	-	0	5	9	0	3	21
1999	15	1	-	0	3	2	0	4	25
2000	15	0	-	0	6	2	1	8	32
2001	24	0	-	0	3	2	0	6	35
2002	12	1	-	0	4	2	1	5	25
2003	14	0	2	1	3	2	0	5	27
2004	7	2	1	0	4	2	1	9	26
Total	95	8	3	1	34	26	5	45	217
(%)*	43,8	3,7	1,4	0,5	15,7	12,0	2,3	20,7	100,0

* Frequência de ocorrência

Rodovias: SP-065 (Rodovia Dom Pedro I); SP-083 (Rodovia José Roberto Magalhães Teixeira); SP-101 (Rodovia Jornalista Francisco Aguirra Proença); SP-332 (Rodovia Gal. Milton Tavares de Souza); SP-340 (Rodovia Gov. Dr. Adhemar Pereira de Barros); SP-075 (Rodovia Santos Dumont); SP-330 (Rodovia Anhangüera) e SP 348 (Rodovia dos Bandeirantes).

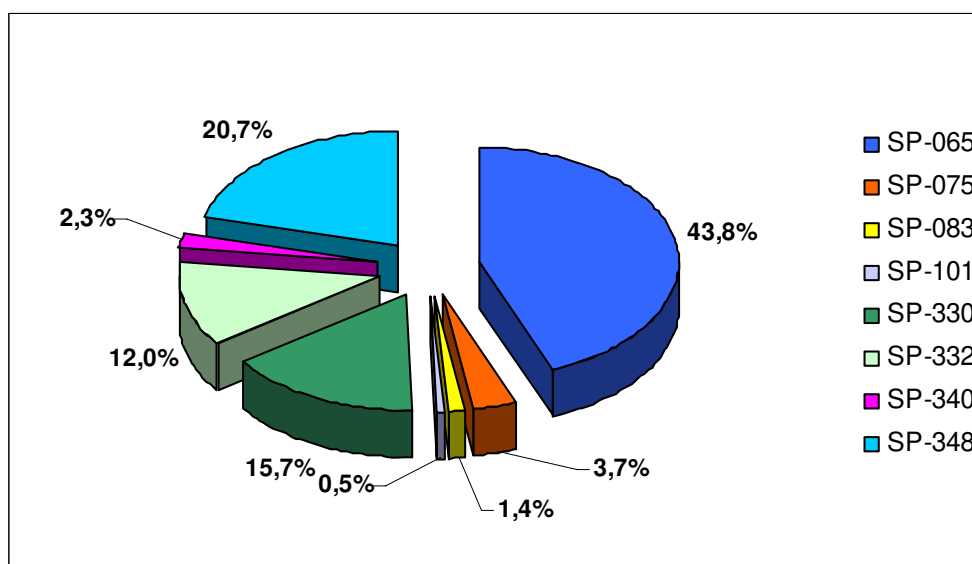


Figura 2. Frequência de ocorrência (%) dos acidentes rodoviários com transporte de produtos perigosos ocorridos no período de 1997 a 2004, no município de Campinas.

Ferreira (2003), analisando dados de ocorrência de acidentes para o estado de São Paulo, ou seja, considerando toda a extensão das rodovias, identificou a SP-330

(Via Anhangüera) como sendo a de mais elevada freqüência de acidentes, com uma média anual de 81 acidentes, no período de 1997 à 1999. Na Tabela 10, verifica-se que a média anual de número de acidentes apenas no trecho desta rodovia que cruza Campinas, foi de cerca de 4,3.

Em relação a rodovia SP-332 (Gal. Milton Tavares de Souza), importante por ligar Campinas ao pólo petroquímico de Paulínia, foram identificados, 26 acidentes, no período analisado, perfazendo cerca de 12,0% do total de acidentes, resultando numa média anual de cerca de 3,3 acidentes. Esse número quando analisado para a rodovia como um todo aumenta para 46 ocorrências anuais. (FERREIRA, 2003)

Com freqüência de ocorrência de acidentes menos elevada, isto é, valores menores que 4%, encontram-se as demais rodovias do município de Campinas: SP-075 (Santos Dumont), SP-340 (Gov. Dr. Adhemar Pereira de Barros), SP-083 (José Roberto Magalhães Teixeira) e SP-101 (Jornalista Francisco Aguirra Proença).

5.1.3.2 Freqüência de ocorrência por tipo de produto perigoso transportado no trecho que cruza o município de Campinas

Na tabela 11 e na Figura 3, são mostrados o número e freqüência de ocorrência de acidentes rodoviários com o transporte de produtos perigosos, no município de Campinas, no período de 1997 a 2004, por tipo de produto em função do número ONU. Observa-se que a maior freqüência de ocorrência (31,3%) dos acidentes foi com o produto número ONU 1203 (combustível automotor, incluindo álcool-motor e gasolina). Dos 68 acidentes observados, 33 deles ocorreram na SP-065 e 15 na SP-332. Esse maior número de acidentes nessas rodovias pode ser devido ao fato da SP-332 ligar Campinas ao pólo petroquímico de Paulínia, induzindo a um grande volume diário de tráfego de caminhões transportando combustíveis. Além disso, o fluxo de transporte de combustível, de Paulínia para outras rodovias, passa necessariamente, no município de Campinas, pela SP-065.

Posteriormente, aparece o tipo de produto número ONU 1170 (etanol (álcool etílico) ou solução de etanol (solução de álcool etílico)), perfazendo valores de 15,2% dos acidentes observados.

Logo a seguir, pode-se verificar que o produto número ONU 1075 (gás liquefeito de petróleo), também por se tratar de substância combustível apresentou um valor elevado de cerca de 8,3% dos acidentes no período analisado.

Estudos elaborados pela Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo (Teixeira Júnior, 1998), mostraram que, dos veículos da frota nacional, 40% circulam no estado de São Paulo, sendo desse volume de transporte, 24% referente a diesel e 33% a óleo lubrificante.

Em outro estudo, Fricke (1992) apontou que no transporte rodoviário de produtos perigosos, no município de Campinas, as maiores freqüências de ocorrências de acidentes estavam ligados a: óleo diesel (11,87%), álcool (9,8%); GLP (9,2%); gasolina (4,9%) e produtos químicos diversos (11,7%).

Com menores valores de freqüência de ocorrência de acidentes (abaixo de 3,3%), foram observados os seguintes produtos: 1005 (amônia e anidra); 1307 (xilenos); 1824 (hidróxido de sódio, solução); 3082 (substância que apresenta risco para o meio ambiente, líquida).

Produtos que tiveram um número de acidentes muito baixo, na faixa de 1 a 3 ocorrências no período considerado, foram agrupados como outros, perfazendo 22,1%, do total dos acidentes analisados.

Pode ser observado que 13,4% dos acidentes com transporte de produtos perigosos, não foi definido, nas planilhas dos boletins de ocorrência, provavelmente por não apresentarem identificação ou documentação do produto transportado.

Tabela 11. Número e freqüência de ocorrência de acidentes por tipo de produto transportado e rodovia no município de Campinas, no período de 1997 a 2004.

Tipo de Produto	Rodovia								Total	(%)
	SP-065	SP-075	SP-083	SP-101	SP-330	SP-332	SP-340	SP-348		
1005	1	0	0	0	1	1	0	1	4	1,8
1075	9	0	0	0	5	1	1	2	18	8,3
1170	15	0	0	0	6	4	1	7	33	15,2
1203	33	3	0	0	7	15	1	9	68	31,3
1307	3	1	0	0	0	1	0	0	5	2,3
1824	0	1	2	0	0	0	0	4	7	3,2
3082	2	0	0	1	1	0	0	1	5	2,3
Outros	17	3	0	0	14	1	1	12	48	22,1
Indefinido	15	0	1	0	5	3	1	4	29	13,4
Total	95	8	3	1	39	26	5	40	217	100,0

* Freqüência de ocorrência

Rodovias: SP-065 (Rodovia Dom Pedro I); SP-083 (Rodovia José Roberto Magalhães Teixeira); SP-101 (Rodovia Jornalista Francisco Aguirra Proença); SP-332 (Rodovia Gal. Milton Tavares de Souza); SP-340 (Rodovia Gov. Dr. Adhemar Pereira de Barros); SP-075 (Rodovia Santos Dumont); SP-330 (Rodovia Anhangüera) e SP 348 (Rodovia dos Bandeirantes).

Tipo de produto: 1005 – amônia, anidra; 1075 - gás(es) de petróleo, liquefeito(s); 1170 - etanol (álcool etílico) ou solução de etanol (solução de álcool etílico); 1203 - combustível automotor, incluindo álcool-motor e gasolina; 1307 – xilenos; 1824 - hidróxido de sódio, solução; 3082 - substância que apresenta risco para o meio ambiente, líquida, n.e.; Outros – demais produtos e Indefinido – não especificado.

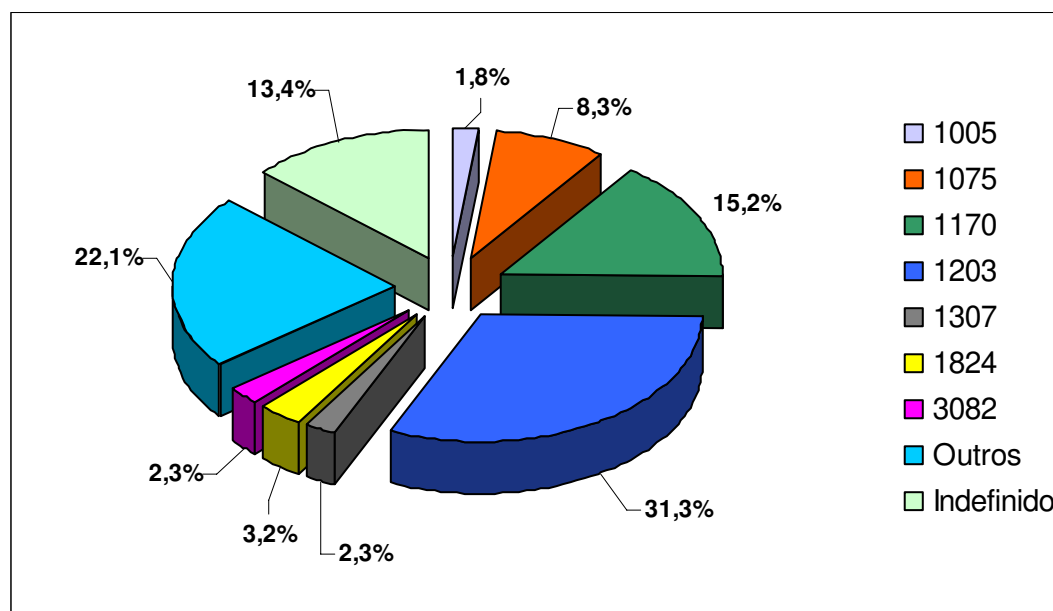


Figura 3. Freqüência de ocorrência de acidentes rodoviários por tipo de produto perigoso transportado, no município de Campinas no período de 1997 a 2004.

5.1.3.3 *Freqüência de ocorrência pela classe de produto transportado*

O sistema internacional de classificação de produtos, considera nove classes de risco e assim foi possível agrupar os acidentes ocorridos no transporte rodoviário de produtos perigosos, nos trechos de rodovia que cruzam o município de Campinas. Na Tabela 12 e na Figura 4, são apresentados o número de acidentes e a freqüência de ocorrência de acidentes por classes do produto transportado.

Verifica-se que o valor mais expressivo, de acidentes, ocorreu com o transporte de líquidos inflamáveis, em que a freqüência observada para o período em análise, foi de 57,6% do total de acidentes ocorridos.

Dentre os constituintes desta classe de produtos, encontram-se as principais substâncias utilizadas como combustível para veículos: gasolina, álcool e outros derivados de petróleo.

A mesma tendência de valores elevados de freqüência de acidentes, para a classe de líquidos inflamáveis, também foi observada por Costa, M. (2001), em Portugal, tendo citado em suas análises que das substâncias perigosas transportadas 70% correspondem a combustíveis. No Brasil, Ferreira (2003) encontrou valores de 57% de acidentes de produtos perigosos, da classe 3. Também, Real (2000), analisando dados da ABIQUIM, no período de 1990 a 1997, relata a classe 3 (líquidos inflamáveis), como sendo a que teve maior número de chamadas para atendimento das ocorrências. Observou valores de 25,2% de atendimentos de ocorrência para produtos da classe 3. As classes 2 (gases) e 8 (corrosivos) apresentaram valores de freqüência de ocorrência de acidentes, respectivamente, de 12,3 e 9,6%. Enquanto as outras classes, 4, 5, 6 e 9, apresentaram valores de freqüência de ocorrência de acidentes menores que 5% no período analisado.

Apesar dos dados avaliados por Real (2000) serem relativos ao atendimento de ocorrência percebe-se a mesma tendência nos valores de ocorrência de acidentes avaliados no presente trabalho, tendo sido a maior freqüência de ocorrência com os produtos da classe 3 (líquidos inflamáveis), seguidos pelos da classe 2 (gases) e 8 (corrosivos).

Na análise dos dados da CETESB, relativos à produtos envolvidos em acidentes rodoviários, Teixeira Júnior (1998) identificou que a freqüência de ocorrência de acidentes por classe de produtos foi: classe 2: 9%; classe 3: 25%; classe 8: 20%; não definidos: 45% e outras classes: 5%.

Tabela 12. Número e freqüência de ocorrência de acidentes por classes de produtos perigosos, no município de Campinas, durante o período de 1997 a 2004.

Número de Risco	Classes de produtos perigosos	número de acidentes	Freqüência de ocorrência (%)
2	Gases	25	11,5
3	Líquidos inflamáveis	125	57,6
4	Sólidos inflamáveis	1	0,5
5	Substâncias oxidantes	2	0,9
6	Substâncias tóxicas (venenosas)	2	0,9
8	Corrosivos	22	10,1
9	Substâncias Perigosas Diversas	10	4,6
	Indefinidos	30	13,8
	Total	217	100,0

Obs.: não foram verificados, no período analisado, acidentes com a classe 1 (explosivos) e a classe 7 (materiais radioativos).

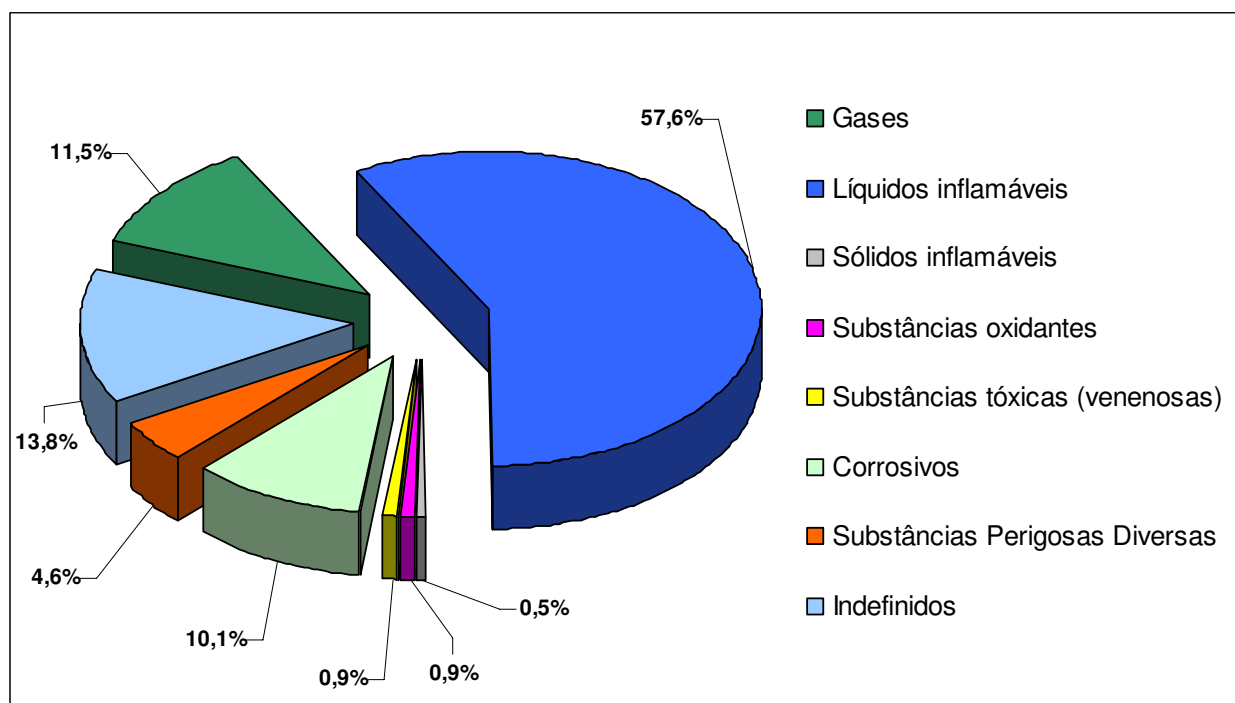


Figura 4. Freqüência de ocorrência de acidentes por classes de produtos perigosos, no município de Campinas, durante o período de 1997 a 2004.

5.1.3.4 Frequência de ocorrência por tipo de acidente

Analisando os dados contidos nos boletins de ocorrência da Polícia Rodoviária, que dentre muitas informações acerca dos acidentes, identificam também o tipo de acidente ocorrido (Apêndice 3), verificou-se, por meio da tabela 13 e figura 5, que a colisão lateral ou transversal apresentou a maior frequência de ocorrência, com 35,9%, seguido de choques e colisões contra objetos fixos, responsáveis por 22,6% dos acidentes ocorridos no período analisado.

Tabela 13. Acidentes ocorridos com o transporte de produtos perigosos no município de Campinas, no período de 1997 a 2004, por tipo, usando a classificação do Boletim de ocorrências da Polícia Militar do Estado de São Paulo.

Tipo de Acidente	ANO								Total	(%)*
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004		
0	9	3	3	2	3	5	0	3	28	12,9
1	6	2	1	0	1	9	8	7	34	15,7
2	3	12	11	19	15	3	10	5	78	35,9
3	7	3	6	8	10	5	6	4	49	22,6
4	0	0	2	0	1	0	1	3	7	3,2
5	1	1	2	3	5	3	2	4	21	9,7
Total	26	21	25	32	35	25	27	26	217	100,0

* Frequência de ocorrência; (00): Não Identificado; (01): colisão traseira/frontal; (02): colisão lateral/transversal; (03): choque; (04): Capotamento/Tombamento; (05): Outros.

Acidentes como capotamento ou tombamento que poderiam resultar em graves avarias para as cargas transportadas ocorreram com menores valores de frequência (1,4%).

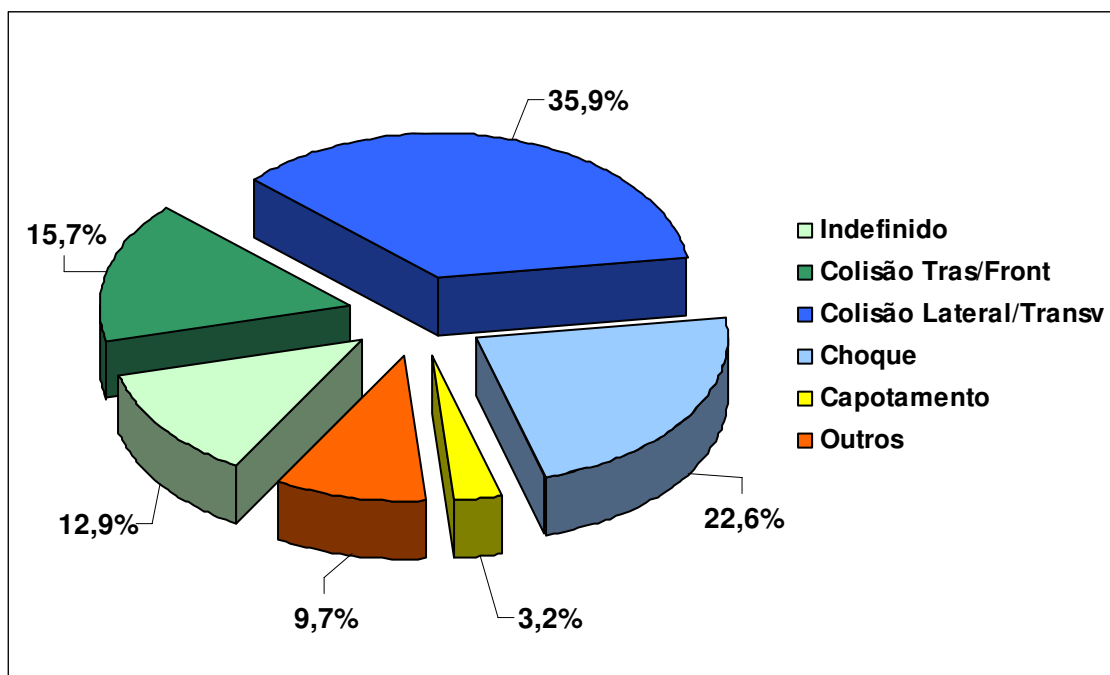


Figura 5. Frequência de ocorrência de acidentes por tipo de acidente com o transporte rodoviário de produtos perigosos, no município de Campinas, durante o período de 1997 a 2004.

5.1.3.5 Frequência de ocorrência por consequência do acidente

Na tabela 14 e na figura 6, são apresentados o número e a frequência de ocorrência de acidentes com TRPP, verificando seu resultado em função de sua consequência, utilizando a classificação constante no Boletim de Ocorrência da Polícia Militar do Estado de São Paulo.

Verificou-se que dos acidentes ocorridos, 14,7% apresentaram vazamento do produto transportado.

Outras consequências como incêndio, derramamento, queda da carga e avaria da embalagem tiveram valores de frequência de ocorrência baixos, variando entre 0,5% e 2,8% do total analisado.

Além disso, não foi verificado durante o período analisado, no município de Campinas, ocorrência de explosão da carga transportada.

Tabela 14. Acidentes ocorridos com o transporte de produtos perigosos no município de Campinas, no período de 1997 a 2004, pela consequência, usando a classificação do Boletim de ocorrências da Polícia Militar do Estado de São Paulo.

Consequência do Acidente	ANO								TOTAL	(%)*
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004		
00	4	10	12	11	15	9	8	6	75	34,6
06	9	2	5	3	3	1	6	3	32	14,7
07	0	1	0	1	0	0	0	0	2	0,9
08	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0,5
09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
10	0	0	1	0	0	1	0	1	3	1,4
11	2	0	0	1	2	0	1	0	6	2,8
Outros	10	8	7	16	15	14	12	16	98	45,2
TOTAL	26	21	25	32	35	25	27	26	217	

*Frequência de ocorrência; (00): Não Identificado; (06) Vazamento; (07): Incêndio; (08): Derramamento; (09): Explosão; (10) Queda da Carga; (11): Avaria da Embalagem.

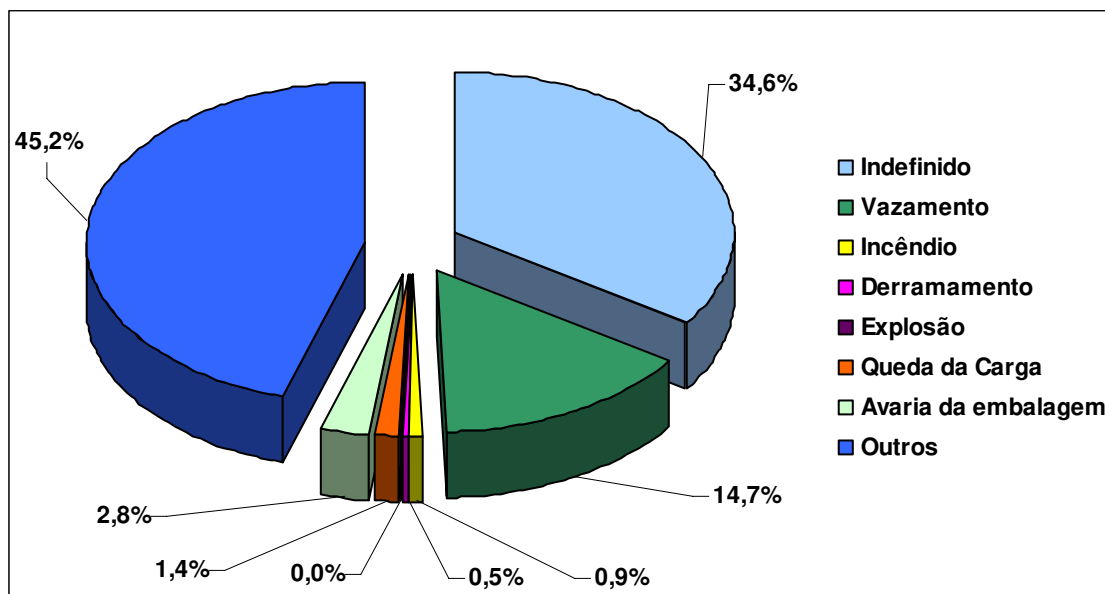


Figura 6. Frequência de ocorrência de acidentes por consequência com o transporte rodoviário de produtos perigosos, no município de Campinas, durante o período de 1997 a 2004.

5.1.3.6 Concentração de acidentes no trecho das rodovias no município de Campinas

Objetivando identificar a possível existência de pontos de concentração de acidentes com o transporte rodoviário de produtos perigosos, nos trechos das rodovias

que cruzam o município de Campinas, foi feita a distribuição do número total de acidentes ocorridos ao longo dos trechos, no período de 1998 a 2004. Estes dados estão apresentados na figura 7, onde se observa que na SP-065, entre os quilômetros 138 e 142, ocorreram a maioria dos acidentes registrados para essa rodovia. Na SP-330, ficou evidenciada uma concentração de acidentes entre os quilômetros 103 e 104. Também, pode ser observado que na SP-332, que liga Campinas a Paulínia, os acidentes ocorreram principalmente entre os quilômetros 113 e 115. Na rodovia SP-348, a rodovia dos Bandeirantes, a maior concentração de acidentes foi observada entre os quilômetros 89 a 93.

Os trechos críticos das rodovias que cruzam o município de Campinas, foram identificados por Fricke (1992), como sendo: SP-332 (km 134); SP-348 (km 92 a 95); SP-340 (km 105 a 110); SP-330 (km 81 a 85) e SP-065 (km 121).

Na comparação dos resultados obtidos por esta pesquisa com a desenvolvida por Fricke (1992), pode ser identificado, que para a SP 348 a incidência de acidentes ocorreu nos mesmos locais da rodovia. No entanto, algumas destas concentrações, diferiram, quanto a localização de acidentes ocorridos, principalmente para as rodovias: SP-332; SP-340; SP-330 e SP-065. Essas diferenças ocorreram, provavelmente pelo fato de que a autora considerou dados de acidentes ocorridos, também, fora do limite do município de Campinas. Além disso, deve ser levado em consideração o fato de existir uma diferença na escala temporal dos dados analisados.

Ferreira (2003), analisando dados no período 1998 a 1999, encontrou para a SP-332 uma maior concentração de acidentes com transporte de produtos perigosos, entre os quilômetros 130 e 139 (36 acidentes), tendo relatado para o trecho dentro do município de Campinas, ou seja, entre os Km 110-119 cerca de 8 ocorrências. Com os dados analisados neste trabalho para um período mais longo, pode ser verificado que no trecho dentro do município de Campinas a maior concentração de acidentes ocorreu, entre os km 113 e 119, totalizando 19 acidentes.

No caso da SP-330, Ferreira (2003), constatou uma maior concentração de acidentes ocorrendo, além de outros pontos da rodovia, entre os km 100 e 109. Esses valores coincidem com a localização de ocorrência de acidentes analisados neste trabalho que indicou uma maior concentração entre o km 103 a 106.

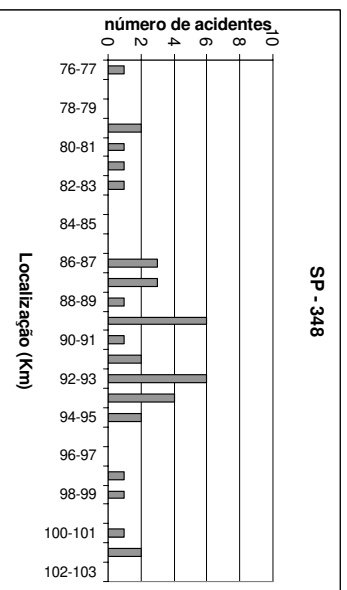
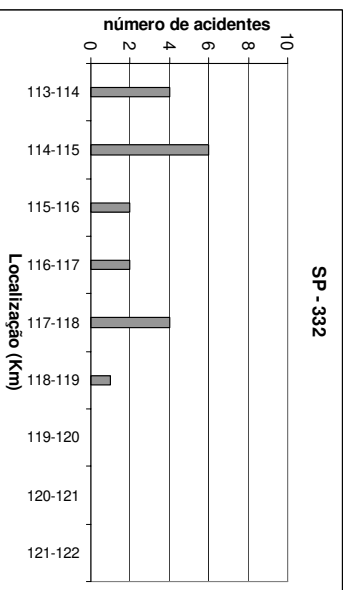
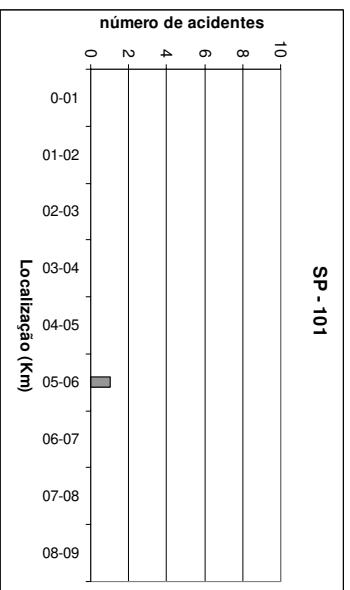
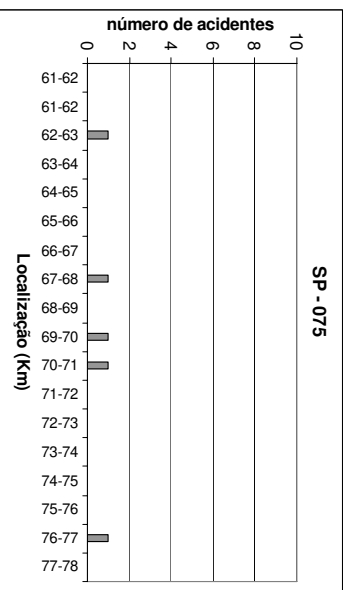
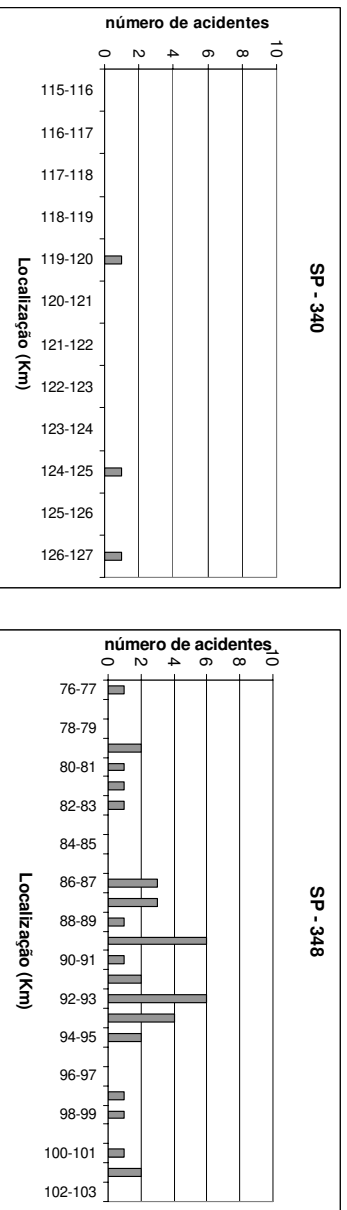
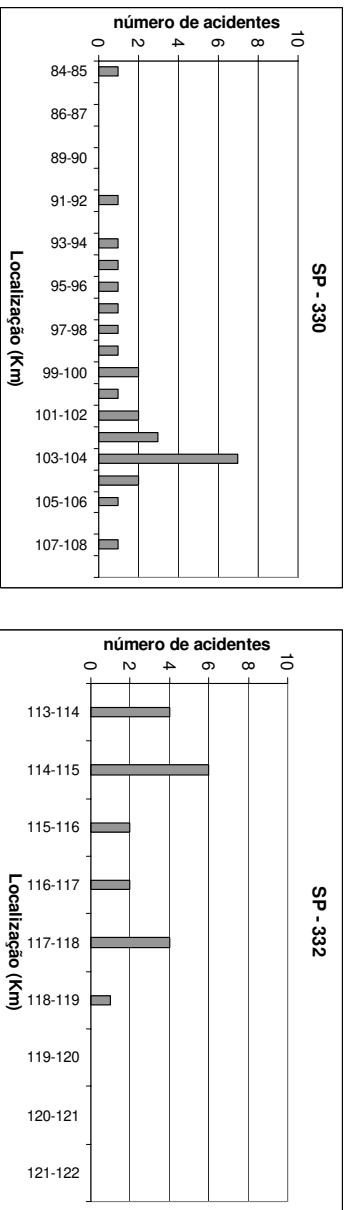
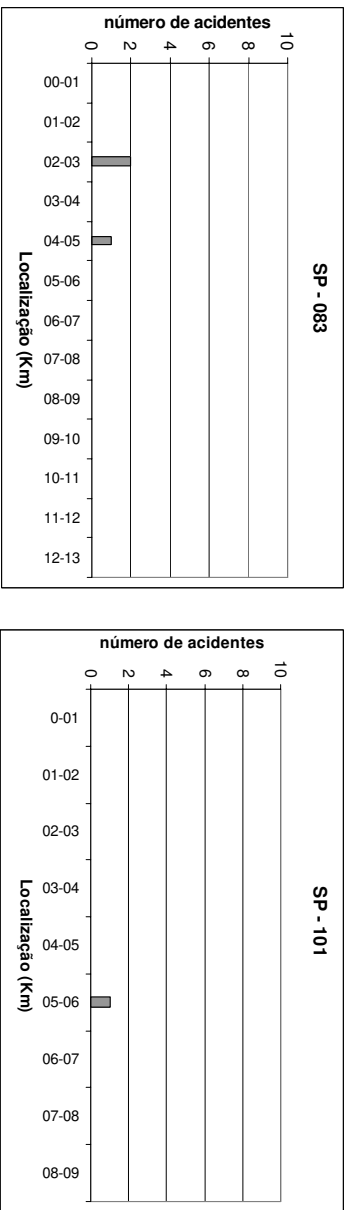
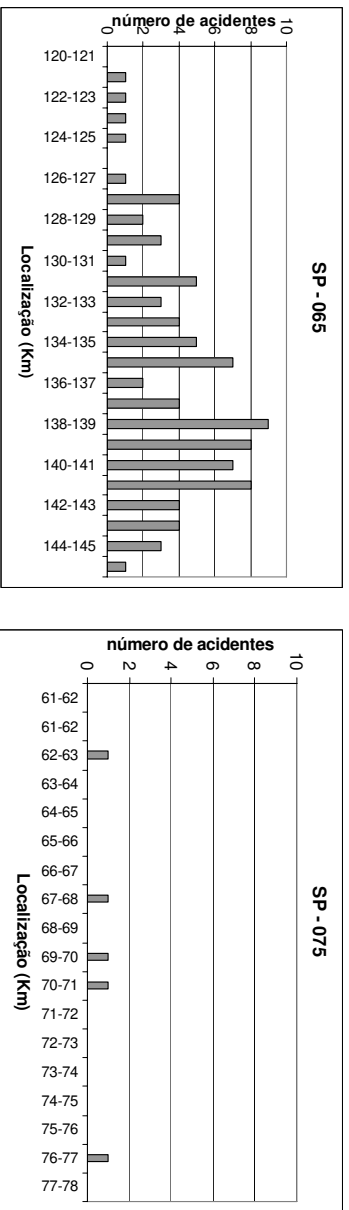


Figura 7. Distribuição dos acidentes com transporte rodoviário de produtos perigosos, ao longo dos trechos das principais rodovias que cruzam o município de Campinas, no período de 1998 a 2004.

5.2 Mapas básicos

Para a utilização do modelo de cálculo de risco, principal objetivo do trabalho, foi necessária a adaptação e/ou desenvolvimento de alguns mapas básicos para determinação da vulnerabilidade e gravidade ambiental no entorno das rodovias do município de Campinas, levando em consideração a textura dos solos, uso da terra e rede de drenagem.

5.2.1 Textura dos solos

Primeiramente foi adaptado o mapa de classificação dos solos existente na literatura que inclui a área abrangida pelo município de Campinas. Na Figura 8, é apresentado o mapa de classificação dos solos com a identificação dos tipos de solos que ocorrem em Campinas.

Os principais solos que ocorrem no município, como pode ser verificado na figura 8, são os Podzólicos Vermelhos Amarelos (PVA), seguido dos Latossolos (LV). Ainda deve-se ressaltar que a mancha de Gleissolo (solo hidromórfico) existente no norte do município acompanhando trecho do Rio Atibaia.

A seguir, foi desenvolvido o mapa de texturas dos solos (Figura 9) necessário para a determinação da vulnerabilidade do lençol freático ser atingido (Figura 10) em caso de acidentes com o transporte rodoviário de produtos perigosos.

Os tipos de solos foram agrupados de acordo com sua textura em: argiloso, textura média, arenosos e hidromórfico.

Os solos de textura argilosa predominam no município de Campinas, enquanto os arenosos que se situam ao sul, são de menor expressão em área ocupada.

Em função da classe textural do solo, levando-se em conta o risco em ser atingido o lençol freático por produto perigoso, em caso de acidente, foi desenvolvido o mapa de vulnerabilidade apresentado na figura 10.

Os solos de vulnerabilidade muito alta (Figura 10), ou seja, os de classe textural arenosa e solos hidromórficos representam a menor porção do município. Localizam-se principalmente ao norte onde a mancha de solo hidromórfico é cortada pela SP-340 e ao sul, onde solos arenosos estão nas proximidades da SP-075 e SP-348.

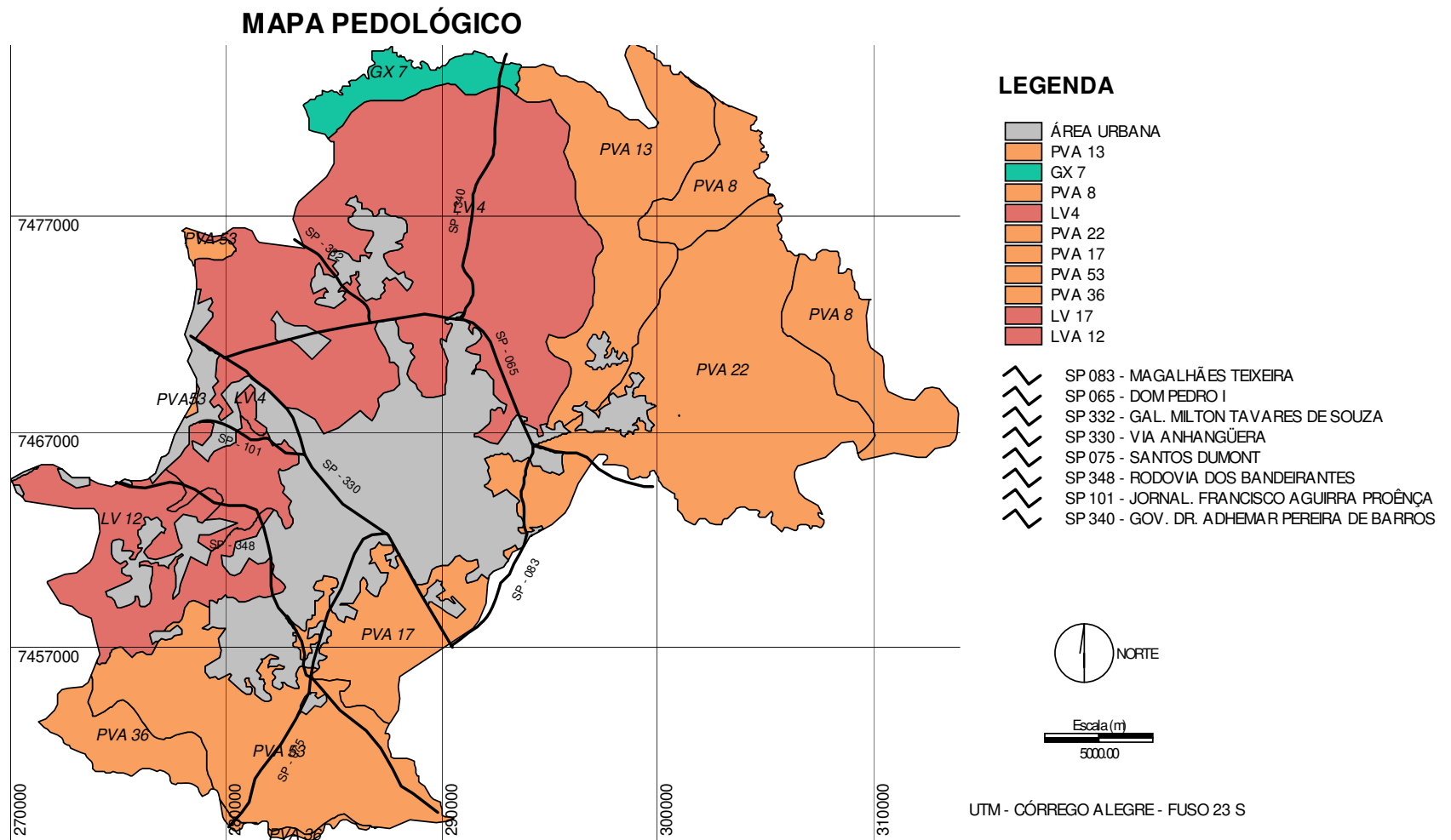


Figura 8. Classificação dos solos para o município de Campinas.

FONTE: adaptado de OLIVEIRA, et al. (1999)

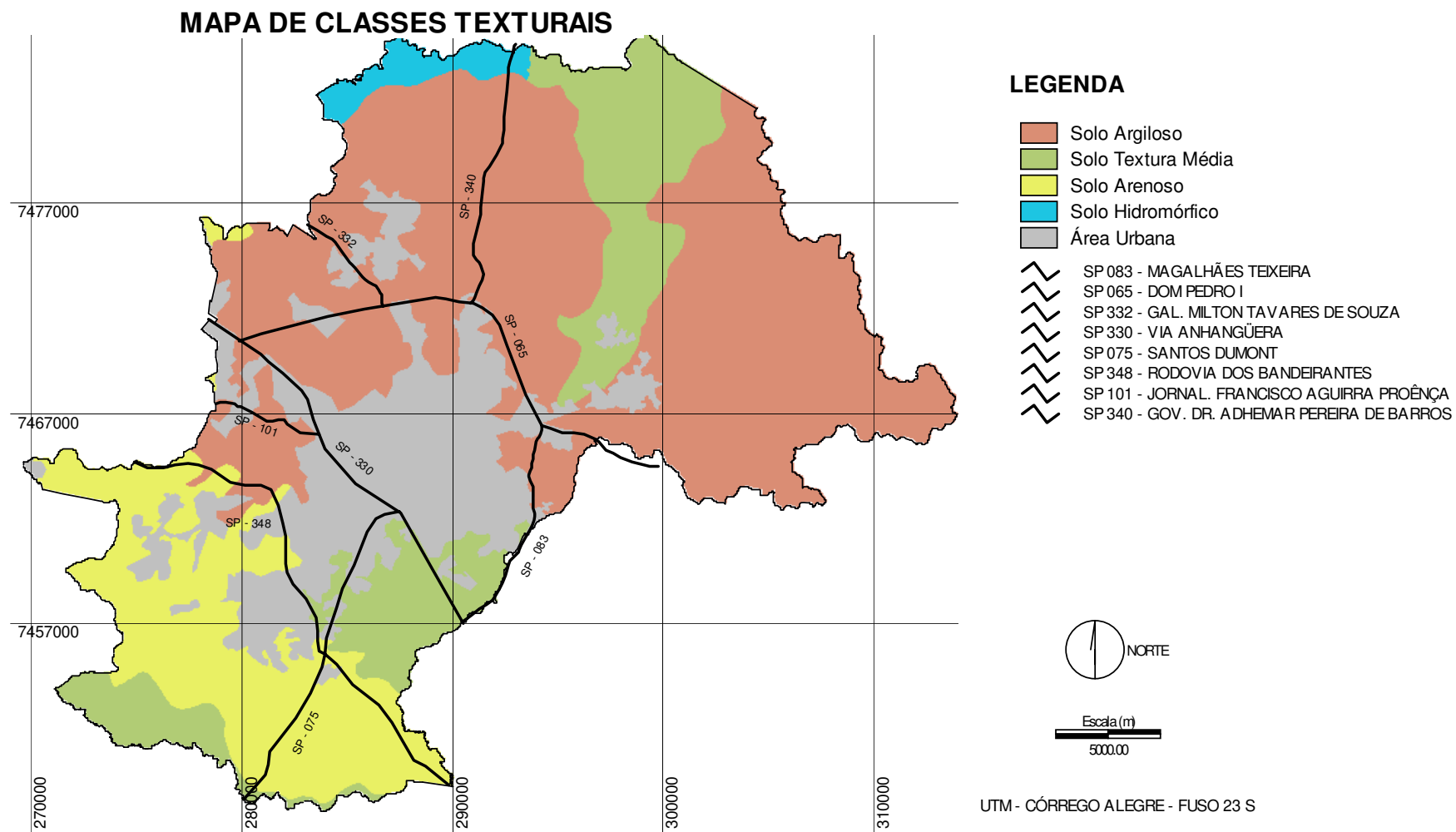


Figura 9. Mapa das classes texturais dos solos do município de Campinas.

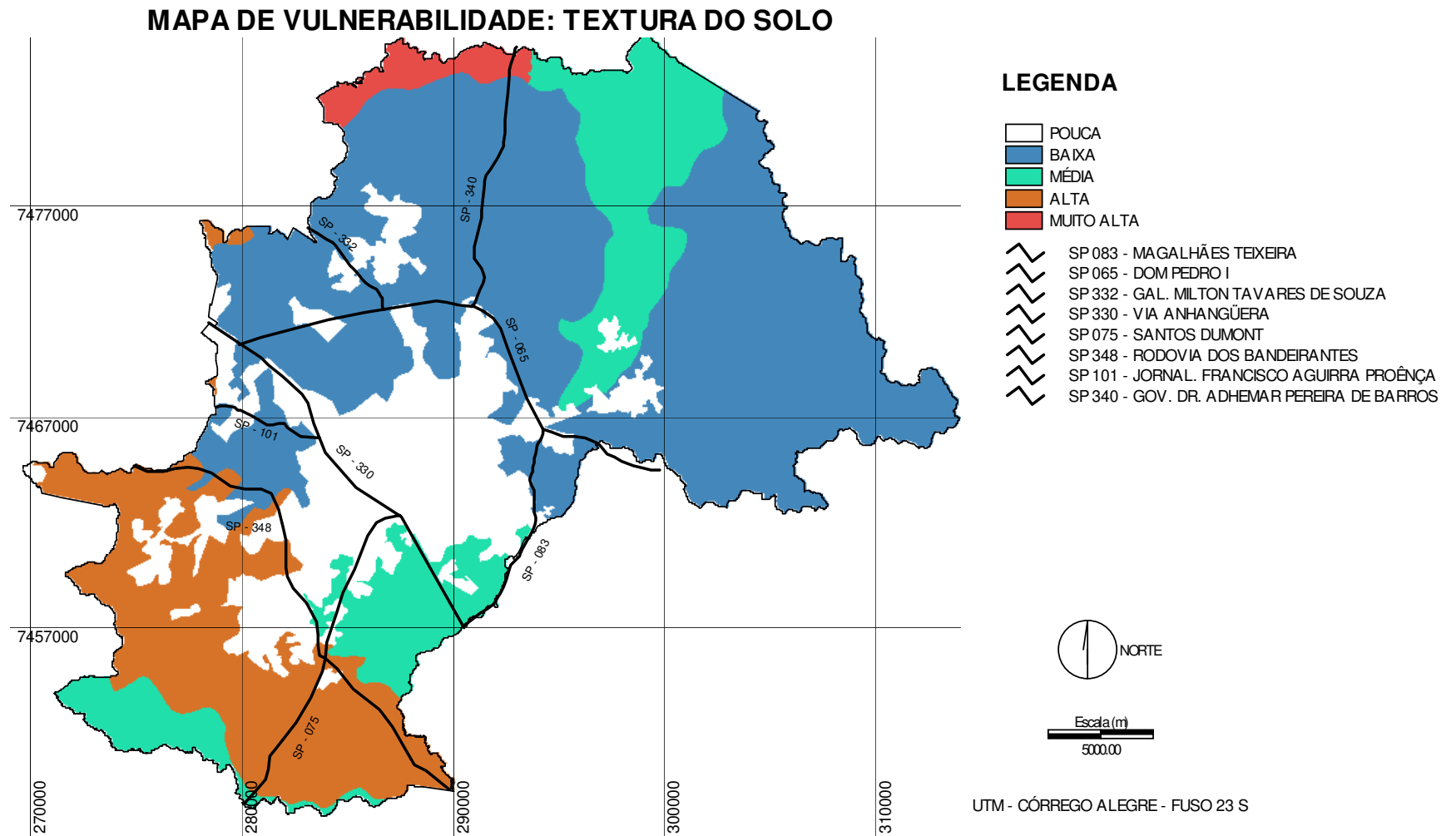


Figura 10. Mapa de vulnerabilidade à ocorrência de acidentes com o transporte de produtos perigosos em função da textura dos solos, no município de Campinas.

5.2.2 Uso da terra

O mapa de uso da terra, foi obtido por meio de adaptação da imagem disponível no *site* da EMBRAPA, que disponibiliza a imagem de satélite, da área que compreende o município de Campinas, e é classificada para os diferentes usos (Figura 11). A seguir foi desenvolvido o mapa de vulnerabilidade ambiental em caso de acidentes com o transporte rodoviário de produtos perigosos (Figura 12).

A região indicada na Figura 12 como sendo de pouca vulnerabilidade, em relação ao uso da terra, é influenciada principalmente, por se tratar da mancha urbana e em urbanização, ou seja correspondendo à área já ambientalmente degradada pela ação do homem.

Na rodovia SP-065, em alguns trechos, podem ser observados pontos em que a vulnerabilidade é muito alta pela existência de maciços florestais. O mesmo pode ser observado para a SP-332 (Figura 12).

Na SP-348 foram constatados pontos de vulnerabilidade muito alta, no trecho (km: 76-87) devido à existência de matas e matas de galeria. No trecho (km: 87-103) notou-se dentro de áreas de média vulnerabilidade alguns pontos em que a vulnerabilidade em função do uso da terra é muito alta, devido à existência de áreas de várzea, matas de galeria e matas.

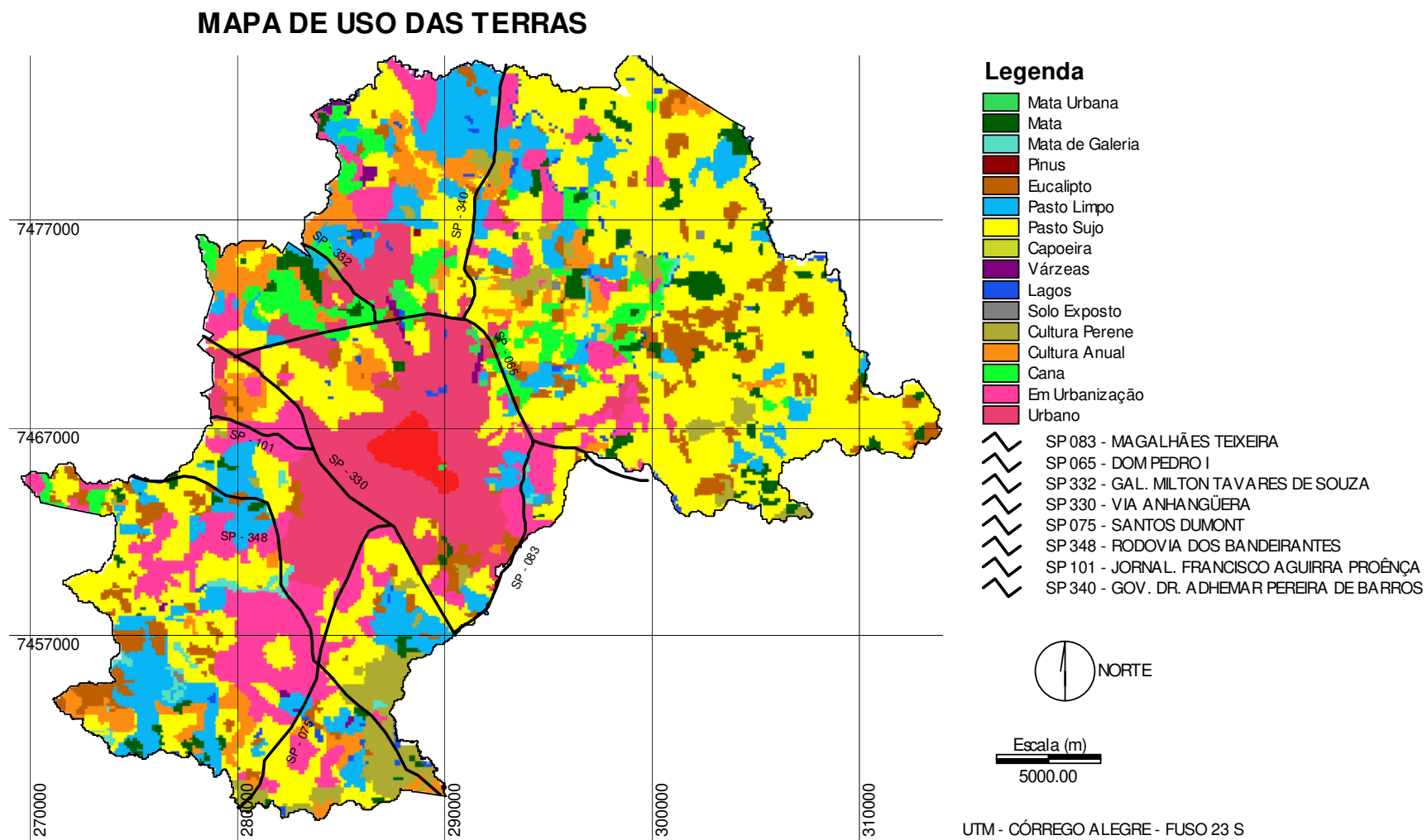


Figura 11. Mapa de uso da terra do município de Campinas.

FONTE: adaptado de EMBRAPA (2003)

MAPA DE VULNERABILIDADE: USO DA TERRA

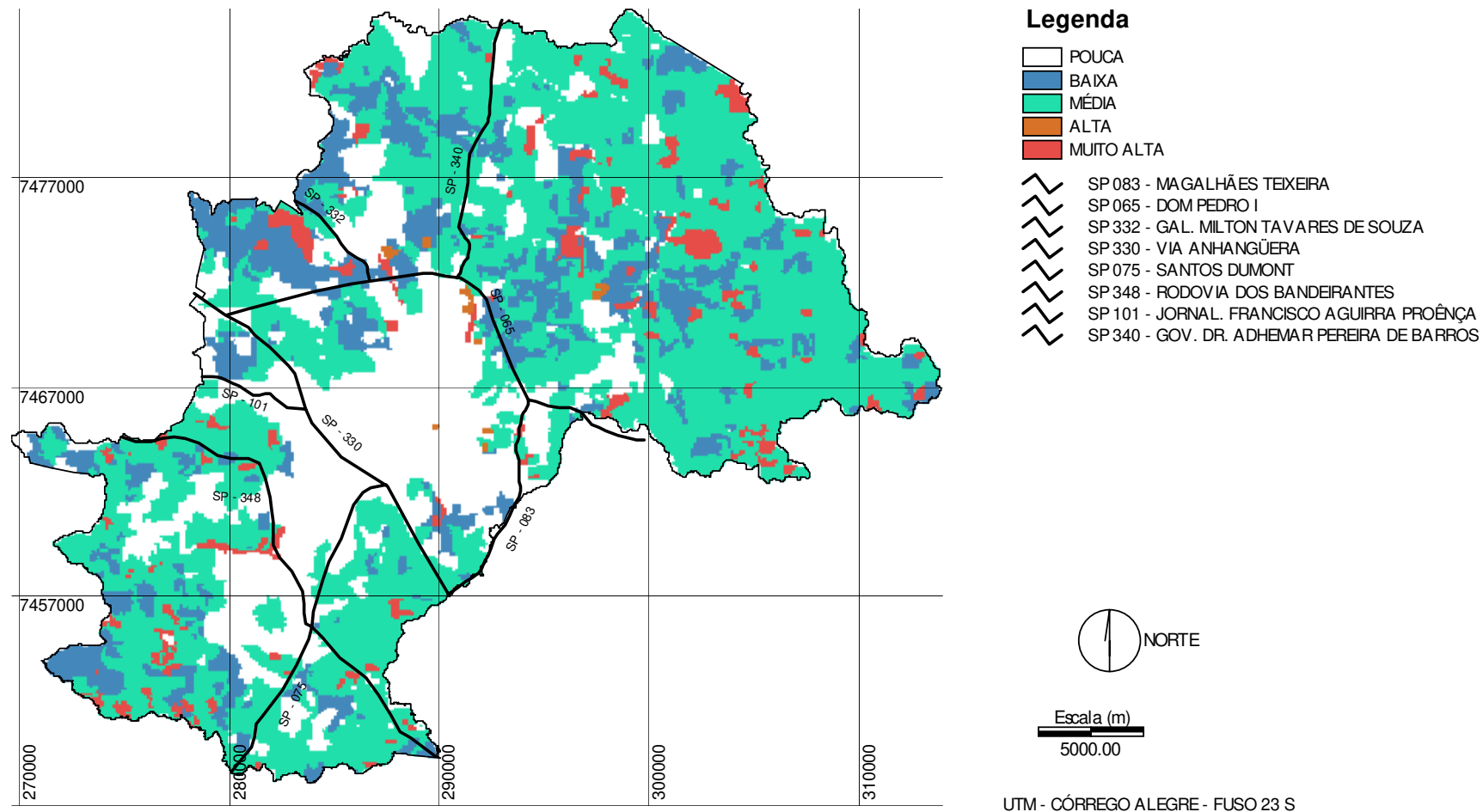


Figura 12. Mapa de vulnerabilidade devido a acidentes com o transporte rodoviário de produtos perigosos em função do uso da terra, no município de Campinas.

5.2.3 Rede de drenagem

O mapa da rede de drenagem (Figura 13), foi adaptado da base disponibilizada pela EMPLASA, na qual foram identificados: rios, ribeirões e córregos, drenagem e lagos e represas. Utilizando as determinações do código florestal, lei 4771/65, aliadas ao conceito de zonas amortecimento, foram determinadas faixas mais susceptíveis ao impacto devido a acidentes com transporte de produtos perigosos no município de Campinas (Figura 14).

A rede de drenagem, entre os fatores ambientais considerados, pode representar um dos mais importantes componentes a ser impactado em caso de acidentes com TRPP.

O município de Campinas possui uma rede de drenagem composta por três bacias hidrográficas que é cortada pelo sistema rodoviário utilizado para transporte de produtos perigosos.

A SP-075 cruza, no limite do município, o rio Capivari Mirim. A SP-348 acompanha no trecho (km: 76-87) o Rio Capivari e no trecho (km:87-103) cruza o mesmo rio. A SP-330 no trecho (km: 92-98) cruza o Rio do Piçarrão. A SP-065 acompanha o rio Atibaia no trecho (km: 120-126) e cruza o ribeirão Anhumas no trecho (km: 126-134). A SP-340 cruza o ribeirão Anhumas e no limite do município o rio Atibaia.

Esses pontos representam as áreas de vulnerabilidade muito alta em respeito à rede hidrográfica. Além disso, várias outras áreas de alta e média vulnerabilidade ocorrem nas proximidades das principais rodovias do município representando risco constante de poluição de cursos d'água.

MAPA DE HIDROGRAFIA

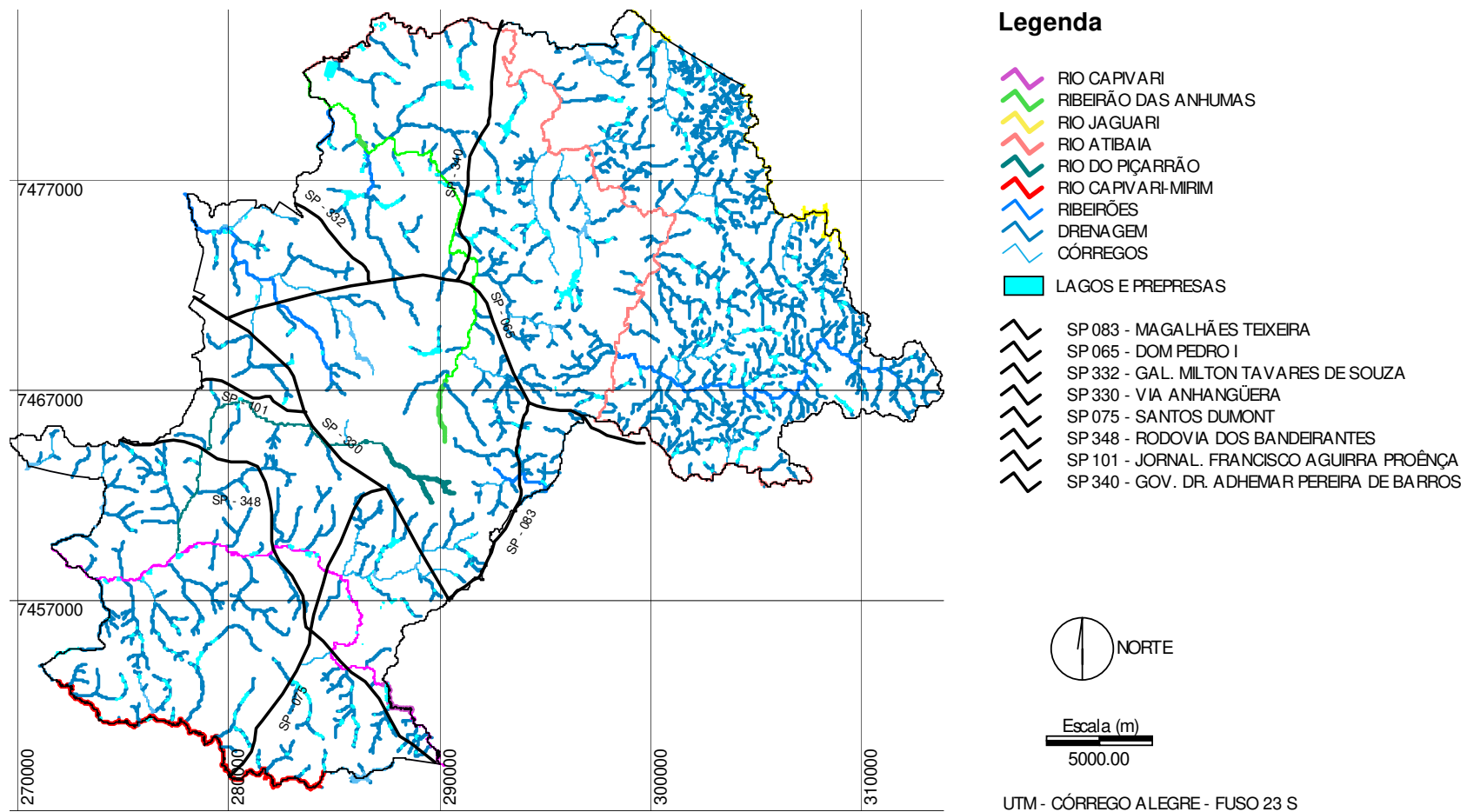


Figura 13. Mapa da rede de drenagem do município de Campinas.

FONTE: adaptado da base da EMPLASA.

MAPA DE VULNERABILIDADE: REDE HIDROGRÁFICA

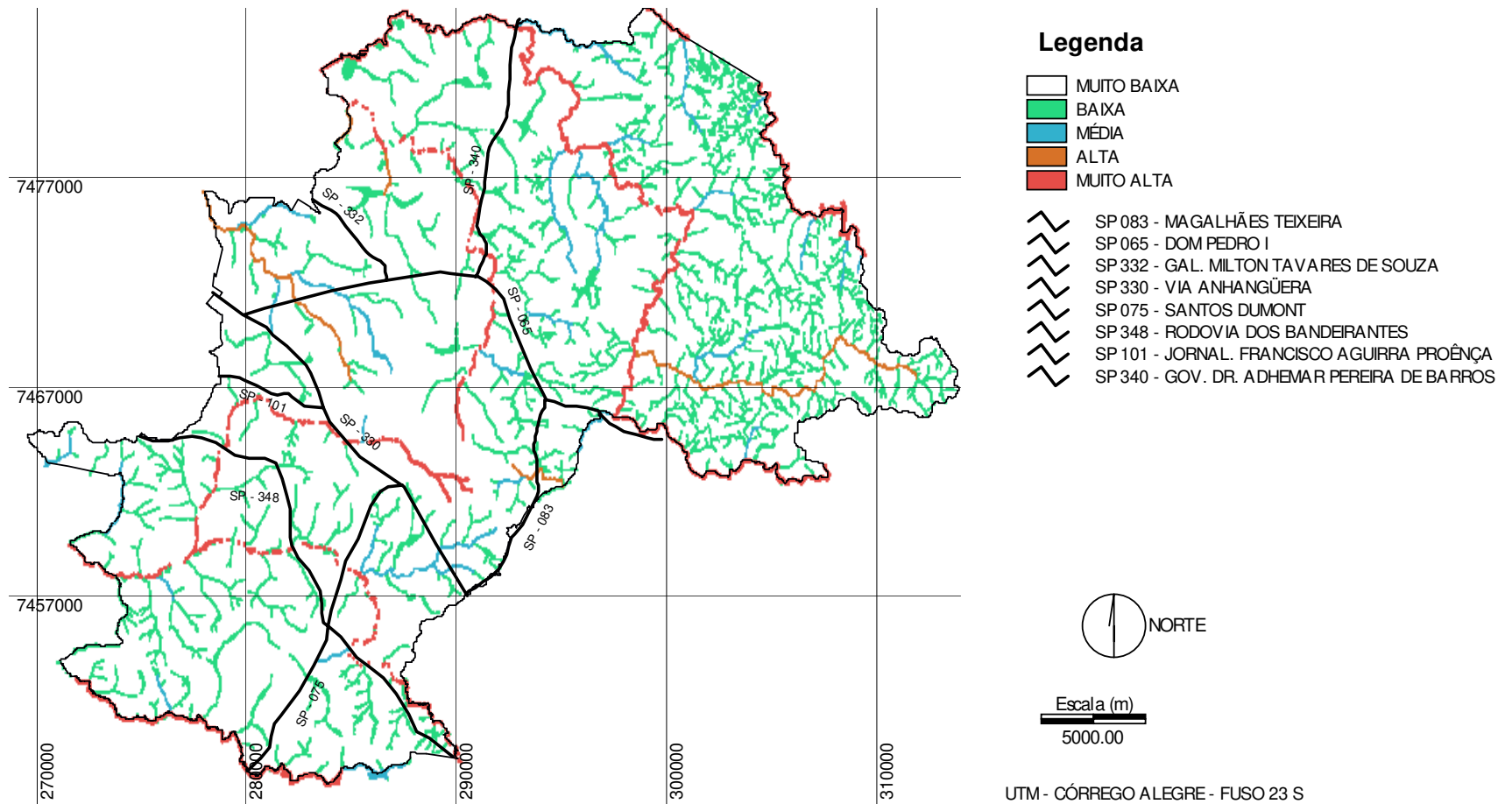


Figura 14. Mapa de vulnerabilidade da rede de drenagem devido a acidentes com o transporte rodoviário de produtos perigosos considerando as zonas de amortecimento, para o município de Campinas.

5.2.4 Mapa de vulnerabilidade populacional

O mapa de vulnerabilidade populacional (Figura 15) foi adaptado da imagem disponível no *site* da EMBRAPA, onde se classificou os diferentes graus de urbanização em termos de vulnerabilidade.

As áreas centrais do município de Campinas são caracterizadas por uma alta densidade populacional. As rodovias SP-330, SP-332 e SP-065 por atravessarem essas regiões populosas representam altos índices de vulnerabilidade populacional em caso de acidentes com TRPP.

MAPA DE VULNERABILIDADE POPULACIONAL

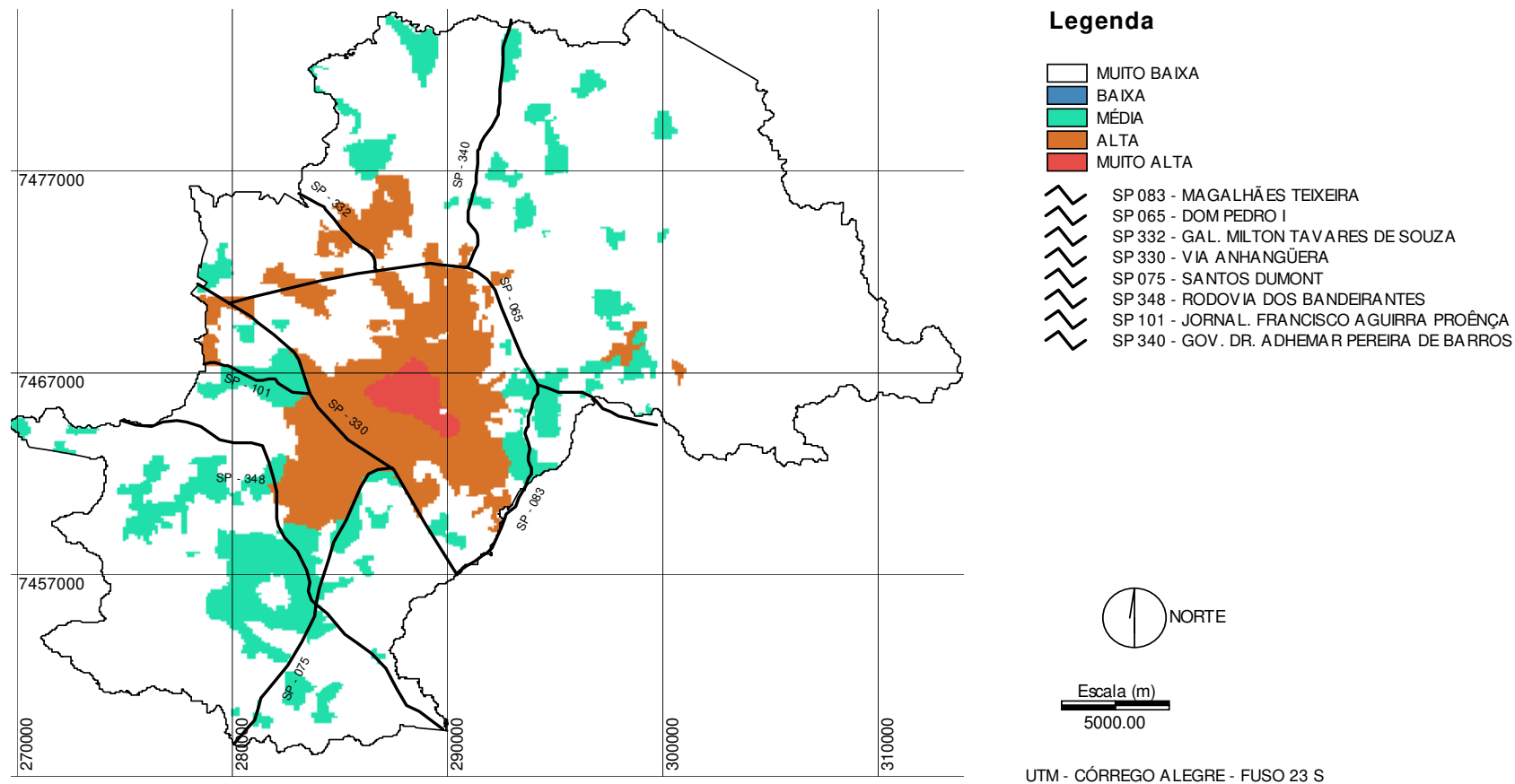


Figura 15. Mapa de vulnerabilidade populacional por acidentes com o transporte rodoviário de produtos, para o município de Campinas.

5.2.5 Mapa de gravidade de dano ambiental

Na Figura 16 é apresentado o mapa temático de gravidade do dano ambiental em caso de ocorrência de acidente com TRPP. Na obtenção deste mapa foram utilizadas as regiões consideradas de gravidade alta e muito alta segundo a escala de Martínez-Alegría et al. (2003).

Pode-se observar na Figura 16 que, em função do fator ambiental considerado (água, solo e uso da terra) e do fator população, grandes áreas do município apresentam alta gravidade de dano ambiental e são cortadas por rodovias.

Na área central do município, o fator população é o mais importante, pois as áreas urbanizadas e/ou em urbanização são cortadas, principalmente, pelas rodovias: SP-330 no trecho (km: 92-98), SP-065 nos trechos (km: 134-138) e (km:138-146) e SP-332.

Em relação aos fatores ambientais, ou seja, presença de cursos d'água, tipo de solo e uso da terra, o mapa fornece informações sobre a gravidade do dano para cada fator separadamente ou em combinação quando da ocorrência no mesmo local.

A combinação dos fatores: uso da terra, solo e água foi observada nas proximidades da SP-348 no trecho (km: 87-103), indicando regiões de elevada gravidade ambiental.

O fator ambiental solo, representando a possibilidade de contaminação do lençol freático, foi observado no norte do município onde a área de gleissolo é cortada pela SP-340 e no sul do município onde solos de textura arenosa são entrecortados pelas rodovias SP-075 no trecho (km:61-70) e SP-348 no trecho (km: 87-103).

O fator uso da terra representando as áreas com presença de mata, mata de galeria e várzea foi identificado nas proximidades das rodovias: SP-065; SP-332; SP-340 e SP-348.

O fator ambiental que mais poderia ser influenciado em caso de ocorrência de acidente com TRPP seria a água, e várias áreas consideradas de elevada gravidade de dano ambiental são cortadas pelas rodovias: SP-075; SP-348; SP-083; SP-330 trecho (km: 92-98); SP-065 e SP-340.

MAPA DE GRAVIDADE DE DANO AMBIENTAL

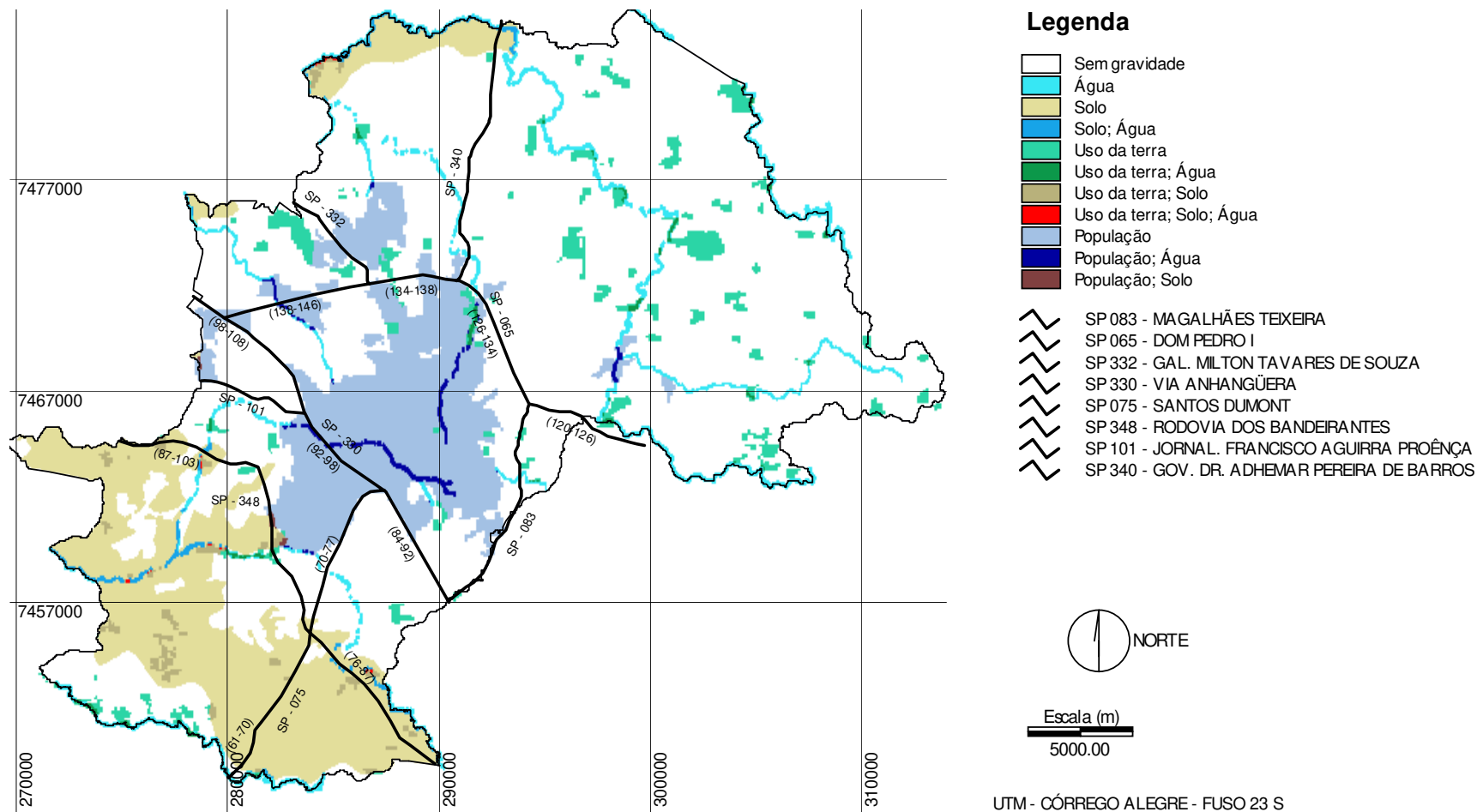


Figura 16. Mapa de gravidade de dano ambiental por acidentes com o transporte rodoviário de produtos perigosos para o município de Campinas.

5.2.6 Risco de dano ambiental devido a acidente com TRPP

5.2.6.1 Probabilidade de ocorrência de acidentes com TRPP

O cálculo da probabilidade de ocorrência de acidente com TRPP está baseado em informações de número de acidentes ocorridos nas rodovias (Informações do Boletim de Ocorrência da Polícia Militar do Estado de São Paulo) e do volume diário médio – VDM (Informações das concessionárias e órgão responsáveis pelas rodovias)– no período de 1998 a 2004, para compatibilização dos dados.

Na tabela 15 são apresentados os valores médios no período de 1998 a 2004 para número de acidentes com TRPP, VDM e probabilidade de ocorrência.

Tabela 15. Número total de acidentes, Volume Diário Médio (VDM) e Probabilidade de ocorrência de acidentes com TRPP no município de Campinas.

Rodovia	Trecho (km)	Acidentes		Volume Diário Médio		Período (anos)	Probabilidade	
		Número	Fonte	VDM	Fonte		Valor	Valor * 10 ⁶
SP - 065	(120 - 126)	4	(1)	21.945	(2),(6)	7	7,13E-08	0,071
SP - 065	(126 - 134)	23	(1)	28.855	(2),(6)	7	3,12E-07	0,312
SP - 065	(134 - 138)	18	(1)	36.852	(2),(6)	7	1,91E-07	0,191
SP - 065	(138 - 146)	44	(1)	42.654	(2),(6)	7	4,04E-07	0,404
SP - 075	(61 - 70)	3	(1)	19.341	(2), (3), (5)	7	6,07E-08	0,061
SP - 075	(70 - 77)	2	(1)	19.341	(2), (3), (5)	7	4,05E-08	0,040
SP - 083	(0 - 13)	3	(1)	21.852	(2), (6)	2	1,88E-07	0,188
SP - 101	(0 - 9)	1	(1)	27.962	(2)	7	1,40E-08	0,014
SP - 330	(84 - 92)	2	(1)	50.364	(2), (3), (4)	7	1,55E-08	0,016
SP - 330	(92 - 98)	5	(1)	62.449	(2), (3), (4)	7	3,13E-08	0,031
SP - 330	(98 - 108)	20	(1)	83.620	(2), (3), (4)	7	9,36E-08	0,094
SP - 332	(113 - 122)	19	(1)	36.645	(2)	7	2,03E-07	0,203
SP - 340	(115 - 127)	3	(1)	26.561	(2),(3)	7	4,42E-08	0,044
SP - 348	(76 - 87)	9	(1)	52.159	(2), (3), (4)	7	6,75E-08	0,068
SP - 348	(87 - 103)	30	(1)	35.882	(2), (3), (4)	7	3,27E-07	0,327

(1) Polícia Militar; (2) DER; (3) MACHADO, 2002; (4) AutoBan; (5) Colinas; (6) DERSA

O volume diário médio nas rodovias do município de Campinas variou entre os extremos: 19.341, para a SP-075 a 83.620, para a SP-330 no trecho entre os

quilômetros 98 e 108. Na SP-083 o valor de VDM é referente aos anos de 2003 e 2004, pois a rodovia entrou em operação em 2001.

O número de acidentes e o VDM foram utilizados para cálculo da probabilidade de ocorrência de acidentes com TRPP, sendo multiplicado por 10^6 devido aos valores obtidos terem sido muito pequenos.

Os trechos das rodovias: SP-065 trechos (km: 138-146) e (km: 126-134) e SP-348 trecho (km: 87-103), respectivamente, $0,404 \cdot 10^6$; $0,327 \cdot 10^6$ e $0,312 \cdot 10^6$, são onde os maiores valores de probabilidade de ocorrência de acidentes com TRPP foram observados.

O menor valor de probabilidade, no período analisado, foi $0,014 \cdot 10^6$ para a rodovia SP-101.

A SP-330 apesar de ter um fluxo de trânsito intenso, com valores de VDM nos diferentes trechos entre 50.364 e 83.620, devido ao menor número de acidentes (27 ocorrências) apresentou valores de probabilidade de ocorrência de acidentes baixos, entre $0,016 \cdot 10^6$ e $0,094 \cdot 10^6$.

5.2.6.2 Mapas de risco de dano ambiental das rodovias do município de Campinas

O mapa temático de risco de dano ambiental obtido pelo cruzamento do mapa de gravidade de dano ambiental e dos valores de probabilidade de ocorrência de acidente com TRPP está apresentado na Figura 17.

Deve-se levar em consideração que o mapa de risco desenvolvido considerou como classe de produtos perigosos, os combustíveis líquidos, e como tipo de acidente, o mais grave, no qual ocorre capotamento e derramamento do produto. Esta análise, do caso mais grave de acidente e do seu produto mais frequentemente transportado na região é aconselhada por Martínez-Alegría et al. (2003), pois representaria o caso mais grave, em ocorrendo o acidente, de dano ambiental.

Na tabela 16 são apresentados valores de frequência de ocorrência das diferentes classes de risco para os trechos das rodovias no município de Campinas.

Tabela 16. Frequência de ocorrência de classes de risco por trecho das rodovias que cruzam o município de Campinas.

Rodovia	Trecho (km)	Classe de Risco			
		Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
SP - 065	(120 - 126)	100,0	0,0	0,0	0,0
SP - 065	(126 - 134)	0,0	1,3	91,4	7,3
SP - 065	(134 - 138)	0,0	100,0	0,0	0,0
SP - 065	(138 - 146)	0,0	0,0	53,7	46,3
SP - 075	(61 - 70)	100,0	0,0	0,0	0,0
SP - 075	(70 - 77)	100,0	0,0	0,0	0,0
SP - 083	(0 - 13)	0,0	100,0	0,0	0,0
SP - 101	(0 - 9)	100,0	0,0	0,0	0,0
SP - 330	(84 - 92)	100,0	0,0	0,0	0,0
SP - 330	(92 - 98)	100,0	0,0	0,0	0,0
SP - 330	(98 - 108)	100,0	0,0	0,0	0,0
SP - 332	(113 - 122)	0,0	85,9	14,1	0,0
SP - 340	(115 - 127)	100,0	0,0	0,0	0,0
SP - 348	(76 - 87)	100,0	0,0	0,0	0,0
SP - 348	(87 - 103)	0,0	8,7	74,6	16,7

Os trechos com valores de risco alto e muito alto foram observados em: SP-065 trechos (km:126-134) e (km: 138-136); SP-348, trecho (km:87-103) e em pequena parte da SP-332. Nesses trechos foram observados valores de frequência de ocorrência das classes acima citadas entre 98,7 e 100% da extensão do trecho das SP-065 e SP-348. Enquanto, no caso da SP-332, foi identificado valor de 14,1%. (Tabela 16)

Valores de risco médio foram observados nas rodovias: SP-083; SP-332 e SP-065 trecho (134-138). E os valores de risco baixo foram encontrados nas rodovias SP-101; SP-330; SP-075; SP-348 trecho (km: 76-87); SP-340 e SP-065 trecho (km: 134-138), provavelmente devido ao menor número de acidentes com TRPP ocorridos no período de 1998 a 2004.

No caso da classe de risco médio os trechos das rodovias SP-083 e SP-065 trecho (km: 134-138) apresentaram valores de frequência de ocorrência de 100%. Enquanto na SP-332 observou-se um valor de 85,9%. (Tabela 16)

Apesar da existência no município de fatores ambientais, principalmente ligados a água, usa da terra e solo, que identificam regiões com gravidade de dano ambiental nas classes alta e muito alta (Figura 17) nas proximidades das principais rodovias no

município, o risco de acidentes com TRPP, em algumas delas foi baixo devido à pequena ocorrência de acidentes no período considerado.

Este fato também foi notado por Martínez-Alegría et al. (2003) em seu estudo de risco de acidentes com TRPP na Espanha, onde avaliaram o efeito combinado da gravidade de dano ambiental e da probabilidade de ocorrência de acidentes no risco. A análise de sensibilidade do modelo indicou que o parâmetro probabilidade era o mais importante na determinação do risco.

O desenvolvimento de mapas de risco de dano ambiental para diferentes substâncias perigosas é útil para prevenção de acidentes por identificar as áreas de maior risco no TRPP de um sistema viário. A análise desses mapas permitiria enfocar as áreas mais críticas do ponto de vista ambiental no caso de acidente com TRPP, subsidiando a tomada de decisão de ações mitigadoras ou mesmo auxiliando na escolha de rotas alternativas por rodovias de menor risco.

MAPA DE RISCO

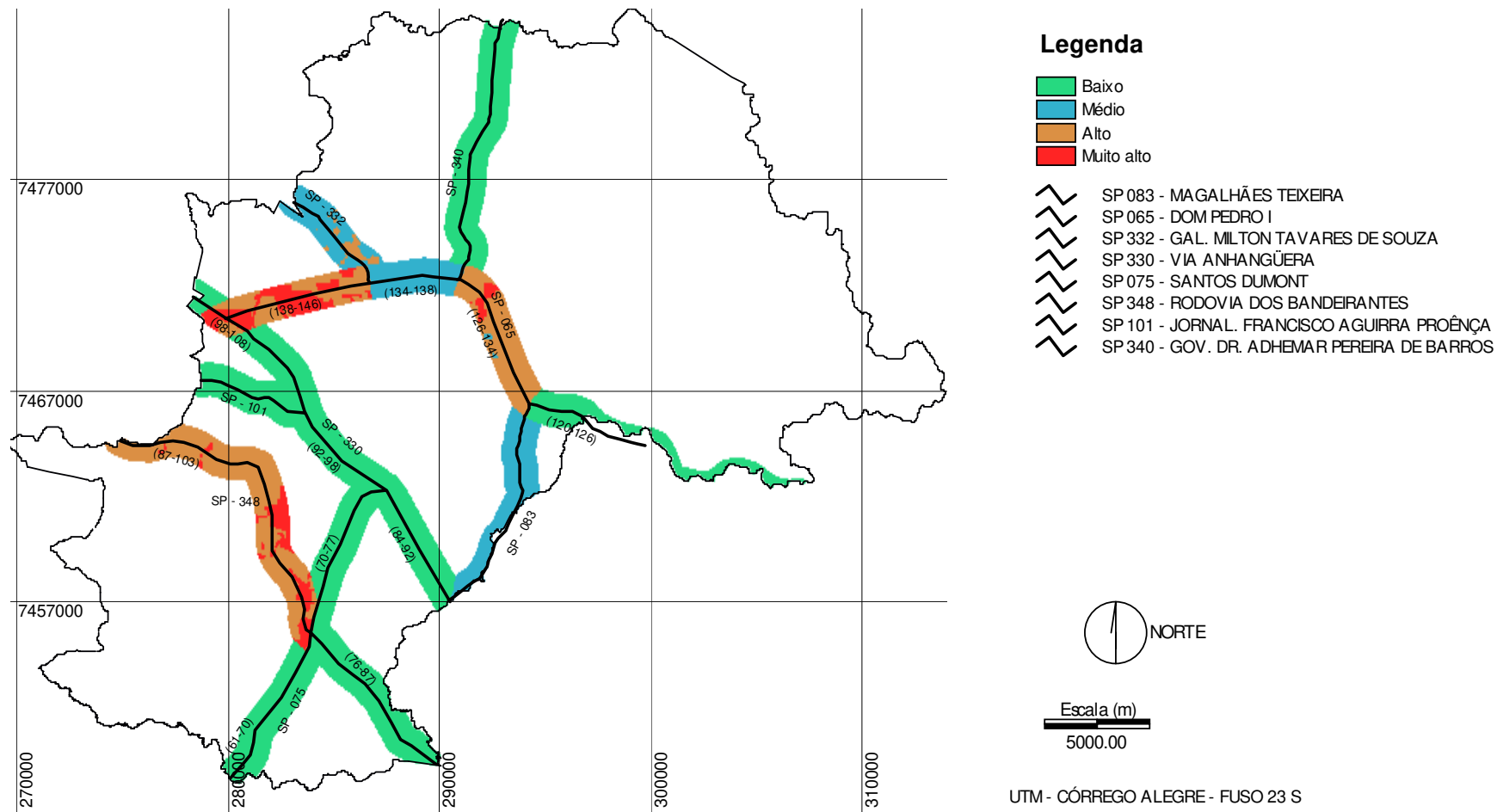


Figura 17. Mapa de risco por acidentes com o transporte rodoviário de produtos perigosos para o município de Campinas.

6 CONCLUSÕES

1. Considerando o período analisado com ocorrência de acidentes com TRPP no 1997 a 2004, com informações fornecidas pela Polícia Militar do Estado de São Paulo, pode-se concluir:
 - a) no Estado de São Paulo tendo-se analisado 3.919 eventos verificou-se que a principal causa de acidentes foi o condutor perfazendo 44,5% do total e a consequência de maior ocorrência (14,1%) foi o vazamento do produto transportado.
 - b) para a extensão total das principais rodovias que cruzam o município de Campinas verificou-se que na SP-330 (Via Anhanguera) ocorreu a maior porcentagem de acidentes (46,3%) e os tipos de produto perigoso mais envolvidos nos acidentes foram: combustível automotor, inclusive gasolina (27,9%); etanol, álcool etílico e soluções (18,1%) e gases de petróleo liquefeitos (10,1%).
 - c) nos trechos das rodovias dentro dos limites do município de Campinas foi identificado que a maior porcentagem de acidentes com TRPP ocorreu na SP-065 (43,8%) sendo o produto perigoso mais envolvido nos acidentes o combustível automotor (31,3%) e a classe de produto perigoso a de número 3 (Líquidos inflamáveis) com 57,6%. O tipo de acidente que mais ocorreu foi a colisão traseira e/ou a colisão transversal com 35,9% das ocorrências e a consequências do acidente foi o vazamento (14,7%) do produto transportado. Ainda, as maiores concentrações de acidentes foram constatadas na: SP-065 (Km: 136-

145); SP-330 (Km: 103-104); SP-332 (Km: 113-115) e SP-348 (Km: 89-93).

2. Levando-se em consideração a água superficial (rede de drenagem), a água subterrânea (lençol freático e textura de solo) e o uso da terra (presença de matas, áreas de várzeas) como indicadores da gravidade e risco de dano ambiental, causados por acidentes com TRPP, avaliados pelo modelo conceitual e mapas temáticos gerados por meio de SIG pode-se concluir:

- a) o modelo conceitual de determinação de risco de dano ambiental, após terem sido criados os mapas básicos relativos aos parâmetros ambientais considerados, permite com rapidez e flexibilidade a geração de mapas temáticos de gravidade e risco de dano ambiental devido a acidentes com TRPP indicando os trechos críticos das rodovias;
- b) a probabilidade de ocorrência de acidentes utilizada no modelo conceitual é o fator preponderante na determinação de risco de dano ambiental;
- c) no município de Campinas os trechos das rodovias que apresentaram maior risco de dano ambiental por acidentes com TRPP foram: SP-065 (Km:126-134) e (Km: 138-146) e SP-348 (Km: 87-103).

O modelo conceitual permite, por sua flexibilidade estimar para os diferentes trechos das rodovias, o potencial de risco de dano ambiental, em caso de ocorrência de acidente com TRPP, podendo sua utilização ser expandida para outras regiões. Além disso, admite a individualização do fator de vulnerabilidade permitindo que o estudo seja realizado em função de um tipo de impacto, seja ele ambiental ou populacional.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, S. M.; MELLO-JORGE, M.H.P. Acidentes de transporte terrestre em cidade da região sul do Brasil: avaliação da cobertura e qualidade dos dados. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v.17, n.6, p.1449-1456, 2001.

BARTELS, C.J.; van BEURDEN, A.U.C.J. Using geographic and cartographic principles for environmental assessment and risk mapping. **Journal of Hazardous Materials**, Amsterdam, 61, p. 115-124, 1998.

BELLIA, V.; BIDONE, E.D. **Rodovias, recursos naturais e o meio ambiente**. Niterói: Editora Universitária - Universidade Federal Fluminense (EDUFF); Rio de Janeiro: Deptº Nacional de Estradas de Rodagem (DNER), 1993. 360p.

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global: esboço metodológico. **Cadernos de Ciências da Terra**, São Paulo, n.13, 27p. 1971.

BESIO, M.; RAMELLA, A.; BOBBE, A.; COLOMBO, A.; OLIVIERI, C.; PERSANO, M. Risk maps: theoretical concepts and techniques. **Journal of Hazardous Materials**, Amsterdam, 61, p. 299-304, 1998.

BRAINARD, J.; LOVETT, A.; PARFITT, J. P. Assessing hazardous waste transport risk using a GIS. **International Journal of Geographical Information Systems**, London, v. 10, n. 7, p. 831-849, 1996.

BRASIL. Decreto Federal 7.803, de 18 de julho de 1989. Diário Oficial da União, Brasília, 20/07/1989.

_____. Lei Federal n. 4.771, de 15 de setembro de 1965. Diário Oficial da União, Brasília, 16/09/1965.

_____. Ministério da Agricultura. Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas. Comissão de Solos. **Levantamento e Reconhecimento dos Solos do Estado de São Paulo**. Rio de Janeiro, Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas, 1960. 634p. (SNPA, Boletim 12)

_____. Ministério dos Transportes. Secretaria Geral. **Regulamentação do transporte rodoviário de produtos perigosos**. Ministério dos Transportes, Brasília, 1988, 177 p.

_____. Resolução ANTT n. 420, de 12 de fevereiro de 2004. Diário Oficial da União, Brasília, 31/05/2004. Suplemento ao nº 103, 272 p.

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Noções básicas de cartografia**. 1999. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/manual_nocoas/indice.htm> Acesso em 10 de outubro de 2004.

BUBBICO, R.; Di CAVE, S.; MAZZAROTTA, B. Risk analysis for road and rail transport of hazardous materials: a GIS approach. **Journal of Loss Prevention in the Process Industries**, Amsterdam, v. 17, p. 483-488, 2004.

BUBBICO, R.; MASCHIO, G.; MAZZAROTTA, B.; MILAZZO, M.F.; PARISI, E. Risk management of road and rail transport of hazardous materials in Sicily. **Journal of Loss Prevention in the Process Industries**, Amsterdam, v. 19, p. 32-38, 2006.

CAIADO, S.C. Dinâmica sócio-espacial e a rede urbana paulista. **São Paulo em Perspectiva**, vol. 9, nº 3. São Paulo: Fundação Estadual Sistema de Análise de Dados (SEADE), jul.-set., 1995.

CAIADO, S.C.; PIRES, M.C.S.; SANTOS, S.M.M. dos; MIRANDA, Z.A.I. Município de Campinas. In: CANO, W.; BRANDÃO, C.A. **A Região Metropolitana de Campinas**:

urbanização, economia, finanças e meio ambiente. Ed. 1. Campinas: Editora da UNICAMP, 2002. vol. 1, p. 95-189.

CASSINI, P. Road transportation of dangerous goods: quantitative risk assessment and route comparison. **Journal of Hazardous Materials**, Amsterdam, v. 61, p. 133-138, 1998.

CASTELLANOS-SOLÁ, M.E. ; SOARES FILHO, B. Avaliação da estrutura de paisagens de remanescentes florestais de uma região da Mata Atlântica Mineira quanto adequação à legislação florestal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 10., 2001, Florianópolis. **Anais**. Foz do Iguaçu, 2001 p.927-930.

CONYERS, D.; HILLS, P. **An introduction to development planning in the third world**. Chichester: John Wiley; Sons, 1984. 271p.

CORONEL, A. **Plano de contingência para atendimento a acidentes no transporte rodoviário de produtos perigosos na Paraíba**. 2002. 14p. Disponível em: Curso Internacional para gerentes sobre saúde, desastres e desenvolvimento. <http://www.disaster-info.net/LIDERES/portugues/03/modelos/trabalhos/almiro_coronel/plano%20de%20contingência%202.doc> Acesso em 10 de outubro de 2004.

COSTA, D.C. **Diretrizes para elaboração e uso de bases cartográficas no planejamento municipal: urbano, rural e transportes**. 2001. 329 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil - Transportes) - Departamento de Engenharia de Transportes, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

COSTA, D.C. **Fiscalização de trânsito conceitos e posturas**. 2005. 35p. Aracajú: ESTADO DE SERGIPE - PREFEITURA MUNICIPAL DE ARACAJÚ, SUPERINTENDÊNCIA MUNICIPAL DE TRANSPORTE E TRÂNSITO: Curso de formação de agentes de operação e fiscalização de trânsito. Apostila.

COSTA, M.J. **Transporte de matérias perigosas em Portugal continental**. 2001. 120 f. Trabalho de conclusão de curso de Engenharia do Meio Ambiente. Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.

CRESTANA, M.S.M. Recomposição artificial de mata ciliar. In: **Manual Técnico de Manejo e Conservação do Solo e Água**, Campinas: CATI, 1994. p. 117-128.

CRESTANA, M.S.M.; TOLEDO FILHO, D.V.; CAMPOS, J.B. **Florestas**: sistemas de recuperação com essências nativas. Campinas: CATI. 1993. 60p.

DEFESA CIVIL DE MINAS GERAIS. **Produtos perigosos**. Disponível em <www.defesacivil.mg.gov.br>. Acesso em 06 de março de 2005.

DEPARTAMENTO ESTADUAL DE DEFESA CIVIL – SANTA CATARINA (DEDC/SC). **Produtos perigosos**. Disponível em <www.defesacivil.sc.gov.br/perigosos.htm>. Acesso em 06 de março de 2005.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Agenda 21 do município de Campinas-SP**. Núcleo de Monitoramento Ambiental. 2003. Disponível em <www.agenda21cps.cnpm.embrapa.br>. Acesso em março de 2004.

ERKUT, E.; VERTER V. A framework for hazardous materials transport risk assessment. **Risk Analysis**, New York, v. 15, n. 5, 589-601, 1995.

FERREIRA, C.E.C. Acidentes com motoristas no transporte rodoviário de produtos perigosos. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, v.17, n.2, p. 68-80, 2003.

FRICKE, G. T. **Vulnerabilidade do sistema de abastecimento de água de Campinas a acidentes com o transporte de produtos perigosos**. 1992. 115 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil - Hidráulica e Saneamento) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

GOLD, P.A. **Seguridad de Tránsito:** aplicaciones de ingeniería para reducir accidentes. Banco Interamericano de Desarrollo. Estados Unidos, 1998, 196p.

HARTMAN, L. C. **Uma metodologia para avaliação do risco do transporte de produtos perigosos por meio rodoviário.** 2003, 156f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil - Transportes), Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

HARWOOD, D.W.; RUSSEL, E.R.; VINER, J. Characteristics of accidents and incidents in highway transportation of hazardous materials. **Transportation Research Records**, n. 1245, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, DC, 1989. p. 23-33.

JOHNSON, P. E.; MICHELHAUGH, R. D. **Transportation routing analysis Geographic Information System (TRAGIS) user's manual.** National Transportation Program. U.S. Department of Energy, Oak Ridge, 2003. 167p.

LEONELLI, P.; BONVICINI, S.; SPADONI, G. Hazardous materials transportation: a risk-analysis-based routing methodology. **Journal of Hazardous Materials**, Amsterdam, 71, p. 283-300, 2000.

LI, J. A GIS planning model for urban oil spill management. **Water Science and Technology**, Oxford, v. 43, n. 5, p. 239-244, 2001.

LIMA, W.P. Função hidrológica da mata ciliar. In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, 1., 1989, São Paulo. **Anais.** Campinas: Fundação Cargill, 1989, p. 25-42.

LLEWELLYN, G. Strategic risk assessment - prioritizing environmental protection. **Journal of Hazardous Materials**, Amsterdam, v. 61, p. 279-286, 1998.

LONGARESI, T. Legislação. **Revista Distribuição**. São Paulo, v. 56. Disponível em <http://www.revistadistribuicao.com.br/conteudo.asp?Content=25&ContentId=310&Id_edicao=56>. Acesso em 03 de fevereiro de 2005.

LOVETT, A.; PARFITT J. P.; BRAINARD, J. S. Using GIS in risk analysis: a case study of hazardous waste transportation. **Risk Analysis**, Nova York, v. 17, n. 5, 625-633, 1997.

LOWRANCE, R.; ALTIER, L.S.; NEWBOLD, J.D.; SCHNABEL, R.R.; GROFFMAN, P.M.; DENVER, J.M.; CORREL, D.L.; GILLIAM, J.W.; ROBINSON, J.L.; BRINSFIELD, R.B.; STAVES, K.W.; LUCAS, W.; TODD, A.H. Water quality functions of riparian forest buffers Chesapeake Bay watersheds. **Environmental Management**, New York, v. 21, n. 5. p. 687-712. 1997.

MALAGODI, M.A.S. **Estudos sobre um programa de reflorestamento ciliar: subsídios para a compreensão das relações entre extensão rural e educação ambiental**. 1999. 309f. Dissertação (Mestrado), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

MARCONDES, M.J.A. **Cidade e a natureza: proteção dos mananciais e exclusão social**. São Paulo, EDUSP, 1999, 238p.

MARTÍNEZ-ALEGRÍA, R. **Riesgos ambientales en el tráfico de mercancías peligrosas por carretera**. 2005. 319f. Tesis Doctoral – Departamento de Ingeniería de los Recursos Naturales y del Medio Ambiente. Universidad de Vigo, Vigo, España.

MARTÍNEZ-ALEGRÍA, R.; ORDÓÑES, C.; TABOADA, J. A conceptual model for analyzing the risks involved in the transportation of hazardous goods: implementation in a Geographic Information System. **Human and Ecological Risk Assessment**, Philadelphia, v. 9, n. 3, p. 857-879, 2003.

MARTINS, J.P. Risco para rios crescem na área urbana. **Correio Popular**, Campinas, 2 junho de 2003. Caderno Cidades, p. 3.

METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens? **Biota Neotrópica**, Campinas, v.1, n.1/2, p. 1-9, 2001.

MOTTA, F.C.P.; VASCONCELOS, I.F.G. **Teoria Geral da Administração**. São Paulo: Editora Pioneira, 428p. 2002.

MUELLER, C.C. Gestão de matas ciliares. In: **Gestão ambiental no Brasil: experiência e sucesso**. Rio de Janeiro: Ed. FGV, 2000. p. 185-214.

OLIVEIRA, J. B.; CAMARGO, M.N.; ROSSI, M.; CALDERANO FILHO, B. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo**: Legenda ampliada. Campinas, EMBRAPA – SOLOS / IAC, 1999, 64p. e mapa.

OLIVEIRA, J.B.; MENK, J.R.F.; ROTTA, C.L. **Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo**: quadrícula de Campinas. Rio de Janeiro, IBGE, 1979. 169p.

ORDÓÑEZ, C.; MARTÍNEZ-ALEGRÍA, R. **Sistemas de información geográfica: aplicaciones prácticas con IDRISI 32 al análisis de riesgos naturales y problemática medioambientales**. Ed. Alfaomega, México, 2003. 227p.

PAIVA NETO, J.E.; CATANI, R.A.; KÜPPER, A.; MEDINA, H.P.; VERDADE, F.C.; GUTMANS, M.; NASCIMENTO, A.C. Observações gerais sobre grandes tipos de solos do Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. II, p 227-253.1951.

PANWHAR, S.T.; PITT, R.; ANDERSON, M.D. **Development of a GIS-based hazardous materials transportation management system**: a demonstration project. University Transportation Center for Alabama, Tuscaloosa. UTCA Report 99244, 2000. 43 p.

PÉREZ-RUEDA, M.; MARTÍNEZ-ALEGRÍA, R.; LARA, A.; De La VIUDA, S. Desarrollo de una aplicación de sistema de información geográfica para el análisis interactivo de los riesgos asociados al transporte de mercancías peligrosos. Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica, XIV (INEGAF). **Anais**. Santander. 2002.

PICARELLI, S. **Avaliação da contaminação de solos por hidrocarbonetos e metais pesados em diques de contenção**. 2003. 95f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

PIJAWKA, K.D.; FOOTE, S.; SOELSILO, A. Risk assessment of transporting hazardous materials: route analysis and hazard management. **Transportation Research Record**, n.1020, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, DC, 1985, p.1-6.

RAIMUNDO, S.; FERREIRA, M.C. Análise da dinâmica ambiental e das pressões de uso no interior e entorno de unidades de conservação. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL – CIÊNCIA E TECNOLOGIA NA AMÉRICA LATINA, 1., 2004 Campinas. **Anais**. Campinas: UNICAMP, 2004. 10p.

RAMOS, F.B. **Metodologia para escolha de alternativas de rotas para o transporte de materiais perigosos**. 1997. 115f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

REAL, M. V.; BRAGA, M. G. C. Controle de riscos no transporte rodoviário de produtos perigosos no Brasil - Uma proposta. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES (ANPET), 15., 2000, Gramado, RS. **Anais**. Disponível em: <<http://www.ivig.coppe.ufrj.br/pbr/marciavalle.htm>>. Acesso em: 14 de março de 2004.

REAL, M.V. **A informação como fator de controle de riscos no transporte rodoviário de produtos perigosos**. 2000, 195f. Dissertação (Mestrado em Ciências

em Engenharia de Transportes), COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

REICHARDT, K. Relações água-solo-planta em mata ciliar. In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, 1., 1989, São Paulo. **Anais**. Campinas: Fundação Cargill, 1989. p.20-24.

RHYNE, W. R. Evaluating routing alternatives for transporting hazardous materials using simplified risk indicators and complete probabilistic risk analysis. **Transportation Research Record**, n.1264, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, DC, 1990, p. 1-11.

ROED-LARSEN, S.; VALVISTO, T.; HARMS-RINGDAHL, L.; KIRCHSTEIGER, C. Accident investigation practices in Europe – main responses from recent study of accidents in industry and transport. **Journal of Hazardous Materials**, Amsterdam, v.111, p.7-12, 2004.

SACCOMANNO, F.F.; CHAN, A. Y.W. Economic evaluation of routing strategies for hazardous road shipments. Transportation Research Record, n.1020, **Transportation Research Board**, National Research Council, Washington, DC, 1985, p.12-18.

SALVADOR, J.L.G. **Considerações sobre as matas ciliares e a implantação de reflorestamentos mistos nas margens de rios e reservatórios**. 2 ed., São Paulo: CESP, 1989, 17p.

SANTIN, D.A. **A vegetação remanescente do município de Campinas (SP): mapeamento, caracterização fisionômica e florística, visando a conservação**. 1999, 2v., 467f. Tese (Doutorado em Biologia), Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

SANTOS, R.F. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 184p.

SÃO PAULO - SABESP. Águas de São Paulo: passado; presente. **Revista Ligação**, São Paulo, Edição Especial, set/out. 2000. 46p.

SCANLON, D.R.; CANTILLI, J.E. Assessing the risk and safety in transportation of hazardous materials. Transportation Research Record, n.1020, **Transportation Research Board**, National Research Council, Washington, DC, 1985, p.6-11

SCHROEDER, E. M. ; CASTRO, J.C. Transporte rodoviário de carga: situação atual e perspectivas. **Revista BNDES**. Rio de Janeiro, n. 6, dezembro de 1996. 13 p. Disponível em <http://www.bndes.gov.br/conhecimento/publicacoes/catalogo/rev_10a6.asp>. Acesso em 10 de janeiro de 2005.

SEMEGHINI, U.C. **Do café à indústria**: uma cidade e seu tempo. Campinas: Ed. da Unicamp, 1991. 197p.

SHIMABUKURO, T.T. **A participação pública na elaboração de plano de manejo para parques urbanos**. Estudo de caso: bacia hidrográfica do ribeirão Viracopos – município de Campinas/SP. 2003, 114f. Dissertação (Mestrado em Saneamento e Ambiente), Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

SILVA, O.F. **Planejamento ambiental e ecologia da paisagem na avaliação de áreas alagadas e qualidade da água. Estudo de caso**: bacia hidrográfica do rio Cotia (SP, Br). 2000. s.n. Tese (Doutorado em Engenharia Civil – Saneamento), Departamento de Saneamento e Ambiente - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

SILVA, R.L.B.; BARRA, C.M.; MONTEIRO, T.C.N.; BRILHANTE, O.M. Estudo da contaminação de poços rasos por combustíveis orgânicos e possíveis conseqüências para a saúde pública no município de Itaguaí, Rio de Janeiro, Brasil. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 18, n.6, p. 1599-1607. 2002.

SOARES, P.R.B. **Levantamento do meio físico e recuperação de matas ciliares em planícies de inundação**. 1995, 53f. Dissertação (Mestrado), FEAGRI, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

TEIXEIRA JÚNIOR, 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 Árvore de Falhas**. 1998, 120 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil – Saneamento e Ambiente), Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

TEIXEIRA, M.S. **Relatório de atendimento a acidentes ambientais no transporte rodoviário de produtos perigosos: 1983 a 2004**. Série Relatórios, Secretaria de Estado do Meio Ambiente, CETESB, São Paulo, 2005, 41p.

UDESC (Universidade do Estado de Santa Catarina). **Programa regional para gestão de emergências no transporte de produtos perigosos** . Disponível em <<http://pages.udesc.br/~dcb2adj/homepage/cetrem.htm>> Acesso em 10 de outubro de 2004.

VALLE, C.Y. **Qualidade ambiental o desafio de ser competitivo protegendo o meio ambiente**. São Paulo. Ed: Pioneira, 117p., 1995.

VASCONCELLOS, E.A. Urban change, mobility and transport in São Paulo: three decades, three cities. **Transport Policy**, London, v.12. n. 2. p.91-104, 2005.

VASCONCELLOS, E.A. Urban development and traffic accidents in Brazil. **Accident Analysis & Prevention**, Amsterdam, v.31, n. 4, p.319-328, 1999.

APÊNDICE

Apêndice 1 - Identificação Gráfica de Produtos Perigosos

Para o transporte de produtos perigosos, existe uma classificação especial, que estabelece disposições sistematizadas da etiquetagem das embalagens, sinalização de veículos e documentação acerca do produto transportado.

Em respeito à sinalização dos veículos, BRASIL (1996) especifica que devem apresentar painéis de segurança contendo o número da Classificação Internacional de Produtos Perigosos adotado pelas ONU (Nações Unidas), também conhecido como o “Número da ONU”, e o número de risco do produto transportado apostos em caracteres negros, não menores que 65 mm, num painel retangular de cor laranja, com altura não inferior a 140 mm e comprimento mínimo de 350 mm, com uma borda preta de 10 mm. (Figura 18).

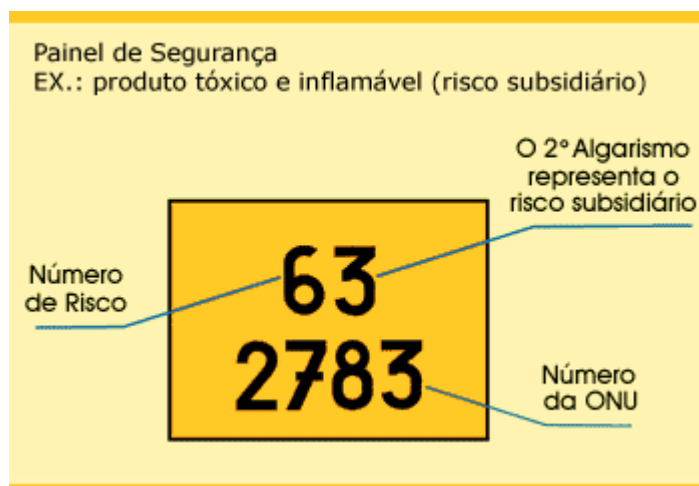


Figura 18. Painel de Segurança com os números de risco do produto transportado e do número ONU.

FONTE: <http://www.andef.com.br/transporte/03.htm>

Os rótulos de risco têm a forma de um quadrado, apoiado sobre um de seus vértices, com dimensões mínimas de 250 mm por 250 mm, com uma linha da mesma cor do símbolo a 12,5 mm da borda e paralela a todo seu perímetro. O rótulo de risco estipulado deve corresponder à classe do produto perigoso em questão quanto à cor e ao símbolo e conter o número da classe ou subclasse dos produtos perigosos transportados. A seguir, são apresentados os modelos de rótulos de risco principal para as classes, que foram extraídos de BRASIL (1996): 1. Explosivos, 2. Gases, 3. Líquidos Inflamáveis, 4. Sólidos Inflamáveis; Substâncias sujeitas a combustão espontânea; Substâncias que em contato com a água emitem gases inflamáveis, 5. Substâncias Oxidantes e Peróxidos Orgânicos, 6. Substâncias Tóxicas (venenosas); Substâncias infectantes, 7. Materiais Radioativos, 8. Corrosivos e 9. Substâncias Perigosas Diversas.

a) Classe 1 - Explosivos

	(Nº 1) Subclasses 1.1, 1.2 e 1.3 Símbolo (bomba explodindo): preto. Fundo: laranja. Número "1" no canto inferior.
	(Nº 1.4) Subclasse 1.4
	(Nº 1.5) Subclasse 1.5
	(Nº 1.6) Subclasse 1.6

Fundo: laranja. Números: pretos. Os numerais devem medir cerca de 30mm de altura e cerca de 5mm de largura (para um rótulo medindo 100mm x 100mm). Número "1" no canto inferior.

** Local para indicação da subclasse.

* Local para indicação do grupo de compatibilidade.

b) Classe 2 - Gases

	(Nº 2.1) Subclasse 2.1 Gases inflamáveis
	Símbolo (chama): preto ou branco. Fundo: vermelho. Número "2" no canto inferior
	(Nº 2.2) Subclasse 2.2 Gases Não-Inflamáveis, Não-Tóxicos
	Símbolo (cilindro para gás): preto ou branco. Fundo: verde. Número "2" no canto inferior.
	(Nº 2.3) Subclasse 2.3 Gases Tóxicos Símbolo (caveira): preto. Fundo: branco. Número "2" no canto inferior.

c) Classe 3 - Líquidos Inflamáveis

	(Nº 3)
	Símbolo (chama): preto ou branco. Fundo: vermelho. Número "3" no canto inferior.

d) Classe 4 - Sólidos Inflamáveis; Substâncias sujeitas a combustão espontânea; Substâncias que, em contato com a água, emitem gases inflamáveis.

	(Nº 4.1) Subclasse 4.1 Sólidos Inflamáveis. Símbolo (chama): preto. Fundo: branco com sete listras verticais vermelhas. Número "4" no canto inferior
	(Nº 4.2) Subclasse 4.2 Substâncias sujeitas a combustão espontânea. Símbolo (chama): preto. Fundo: metade superior branca, metade inferior vermelha Número "4" no canto inferior.
	(Nº 4.3) Subclasse 4.3 Substâncias que, em contato com a água, emitem gases inflamáveis
	

e) Classe 5 - Substâncias Oxidantes e Peróxidos Orgânicos

	(Nº 5.1) Subclasse 5.1 Substâncias Oxidantes Símbolo (chama sobre um círculo):preto. Fundo: amarelo. Número "5.1" no canto inferior.
	(Nº 5.2) Subclasse 5.2 Peróxidos Orgânicos Símbolo (chama sobre um círculo):preto. Fundo: amarelo. Número "5.2" no canto inferior.

f) Classe 6 - Substâncias Tóxicas (Venenosas) e Substâncias Infectantes

	(Nº 6.1) Subclasse 6.1, Grupos de Embalagem I e II Substâncias Tóxicas (Venenosas) Símbolo (caveira): preto. Fundo: branco. Número "6" no canto inferior.
	(Nº 6.1A) Subclasse 6.1, Grupo de Embalagem III Substâncias Tóxicas (Venenosas) Na metade inferior do rótulo deve constar a inscrição: "NOCIVO". Símbolo (um "X" sobre uma espiga de trigo) e inscrição: pretos. Fundo: branco. Número "6" no canto inferior.
	(Nº 6.2) Subclasse 6.2 Substâncias Infectantes A metade inferior do rótulo deve conter a inscrição: "SUBSTÂNCIA INFECTANTE" Símbolo (três meias-luas crescentes superpostas em um círculo) e inscrição: pretos". Fundo: branco. Número "6" no canto inferior.

g) Classe 7 - Materiais Radioativos

	(Nº 7A) Categoria I - Branco Símbolo (trifólio): preto. Fundo: Branco. Texto: preto na metade inferior do rótulo: "RADIOATIVO." "Conteúdo." "Atividade." Colocar uma barra vermelha após a palavra "Radioativo". Número "7" no canto inferior.
---	---

	(Nº 7B) Categoria II – Amarela Símbolo (trifólio): preto. Fundo: metade superior amarela com bordas brancas, metade inferior branca. Texto: preto, na metade inferior do rótulo: "RADIOATIVO". "Conteúdo". "Atividade". Em um retângulo de bordas pretas- "Índice de Transporte". Colocar duas barras verticais vermelhas após a palavra "Radioativo" Número "7" no canto inferior.
	(Nº 7C) Categoria III – Amarela Símbolo (trifólio): preto. Fundo: metade superior amarela com bordas brancas, metade inferior branca. Texto: preto, na metade inferior do rótulo: "RADIOATIVO". "Conteúdo". "Atividade". Em um retângulo de bordas pretas- "Índice de Transporte". Colocar três barras verticais vermelhas após a palavra "Radioativo" Número "7" no canto inferior.

h) Classe 8 - Corrosivos

	(Nº 8) Símbolo (líquidos pingando de dois recipientes de vidro e atacando uma mão e um pedaço de metal): preto. Fundo: metade superior branca, metade inferior preta com bordas brancas. Número "8" em branco no canto inferior.
---	--

i) Classe 9 - Substâncias Perigosas Diversas

	(Nº 9) Símbolo (sete listras na metade superior): preto. Fundo: branco. Número "9", sublinhado no canto inferior.
---	--

Em relação a colocação dos elementos indicativos de risco, as unidades de transporte, com um único produto perigoso, ou com resíduos de um produto que não tenham sido descontaminados, devem exibir os rótulos de risco de forma claramente visível em pelo menos dois lados opostos, de maneira que possam ser vistos pelo pessoal envolvido em todas as operações de carga e descarga. (FIGURA 19)

Exceto para os produtos das Classes 1 e 7, as expedições de

- sólidos, líquidos ou gases transportados em unidades do tipo tanque ou cisterna, ou
- produtos perigosos fracionados, constituindo um carregamento completo da unidade de transporte, com um único produto;

devem portar os correspondentes painéis de segurança fixados em posição adjacente aos rótulos de risco.

As unidades de transporte carregadas com material da Classe 7, identificadas com rótulo de risco contendo o número da Organização das Nações Unidas são dispensadas do porte de painéis de segurança.

As unidades de transporte carregadas com dois ou mais produtos perigosos da mesma classe ou subclasse devem ser identificadas por meio do rótulo de risco correspondente à classe ou subclasse e painel de segurança sem qualquer inscrição.

Caso o carregamento seja composto de dois ou mais produtos de classes ou subclasses distintas, a unidade de transporte deve portar apenas os painéis de segurança, sem inscrição.

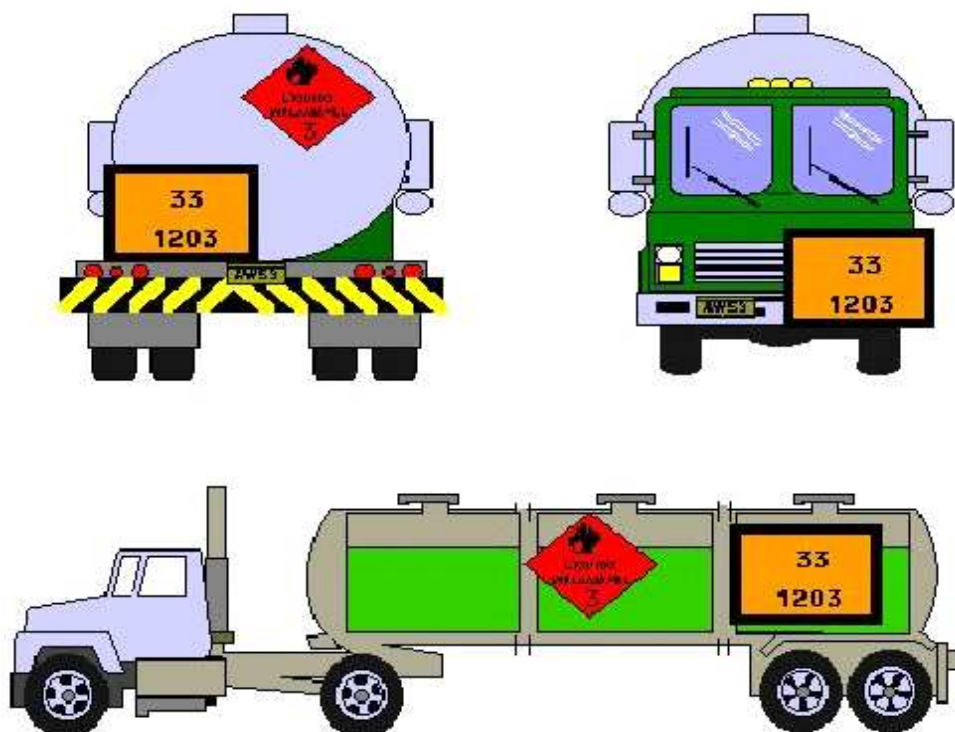


Figura 19. Localização da sinalização dos veículos para o transporte de Produtos Perigosos.

FONTE: COSTA (2005)

Apêndice 2 – Documentação e cuidados para o TRPP

O transporte de produtos e cargas perigosas requer cuidados especiais por parte do motorista e necessita documentação específica para seu transporte. O decreto nº 96044, de 18 de maio de 1988, relaciona a documentação necessária como se segue:

Documentos do Condutor

- Carteira Nacional de Habilitação
- Documento de Identidade
- Certificado de Treinamento (Resolução 70/98 CONTRAN)

Documentos do Veículo

- CLA - Certificado de Licenciamento Anual (CRLV); Seguro Obrigatório;
- IPVA;
- Certificado de Capacitação para o Transporte de Produtos Perigosos a Granel, onde vamos observar:
 - fornecido pelo INMETRO, IPEM;
 - validade 1 ano;
 - características do veículo;
 - produtos que o veículo está em condições de transportar;

Documentos da Carga

- Documento fiscal dos produtos transportados com: nome do produto e número da ONU; classe e subclasse do produto.
- Declaração assinada pelo expedidor de que o produto está adequadamente acondicionado.
- Envelope para o transporte;

- Ficha de emergência, contendo: nome do produto, rótulo de risco, n.º telefone do expedidor, os riscos que o produto oferece e as providências que devemos tomar em casos de acidente ou incidente.

Além disso, atualmente vários *sites* da *Internet* disponibilizam informações para auxiliar o motorista, principalmente, nos seguintes aspectos: documentação exigida, legislação pertinente à regulamentação do transporte de produto perigoso, fiscalização, tipos de infração, fatores que influem nos acidentes e cuidados a serem tomados em caso de acidente.

O *site*: (<http://www.ocarreteiro.com.br/modules/cargasperigosas.php>) sumariza de maneira simples e objetiva as informações necessárias ao motorista como transcrito abaixo:

“Legislação Transportes Produtos Perigosos

Portaria MT nº 204/1997, de 20/05/1997, publicada em 26/05/1997. Aprova as Instruções Complementares aos Regulamentos dos Transportes Rodoviários e Ferroviários de Produtos Perigosos (as Instruções foram publicadas, na sua íntegra, no Suplemento ao Diário Oficial da União de n.º 98, de 26.05.1997).

VIDE: Instruções Complementares ao Regulamento do Transporte Terrestre de Produtos Perigosos (GEIPOT)

O MINISTRO DE ESTADO DOS TRANSPORTES, INTERINO, no uso das atribuições que lhe são conferidas pelo art. 87, parágrafo único, inciso II, da Constituição Federal, e tendo em vista o disposto no art. 3º do Decreto nº 96.044, de 18 de maio de 1988, e no art. 2º do Decreto nº 98.973, de 21 de fevereiro de 1990, resolve:

I - Aprovar as anexas Instruções Complementares aos Regulamentos dos Transportes Rodoviários e Ferroviários de Produtos Perigosos.

II - Conceder os seguintes prazos para entrada em vigor das disposições referentes aos padrões de desempenho fixados para embalagens:

a) três anos para embalagens novas; e

b) cinco anos para embalagens já produzidas, ou que venham a sê-lo no prazo previsto na alínea anterior, e passíveis de reutilização.

III - Conceder prazo de dois anos, a partir da data de aprovação pelo Conselho Nacional de Trânsito, para entrada em vigor do programa de reciclagem periódica destinado a condutores de veículos automotores utilizados no transporte de produtos perigosos.

IV - Esta Portaria entra em vigor na data de sua publicação, revogadas as Portarias nº 291, de 31 de maio de 1988, e nº 111, de 5 de março de 1990, e demais disposições em contrário.

Documentação

Para transportar produtos perigosos sem correr o risco de ser multado ou ter o veículo e a carga apreendidos o carreteiro deve ficar atento com a documentação obrigatória:

- **Documento Fiscal:** deve apresentar o número da ONU, nome do produto, classe de risco e declaração de responsabilidade do expedidor de produtos perigosos.

- **Ficha de Emergência:** deve conter informações sobre a classificação do produto perigoso, risco que apresenta e procedimentos em caso de emergência, primeiros socorros e informações ao médico.

- **Envelope para Transporte:** apresenta os procedimentos genéricos para o atendimento emergencial, telefones úteis e identificação das empresas transportadoras e expedidoras dos produtos perigosos.

- **Certificado de Capacitação para o Transporte de Produtos Perigosos à Granel:** documento expedido pelo INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia e Normalização e Qualidade Industrial) empresa por ele credenciada, que comprova a aprovação do veículo (caminhão, caminhão trator e chassis porta contêiner) ou equipamento (tanque, vaso para gases, etc) para o transporte de produtos perigosos à granel (sem embalagem). Para o transporte de carga fracionada (embalada) este documento não é obrigatório. Também não é exigido para o contêiner-tanque.

- **Certificado de Conclusão do Curso de Movimentação de Produtos Perigosos (MOPP):** somente é obrigatório o porte deste documento, quando o campo

de observações da Carteira Nacional de Habilitação não apresentar a informação “Transportador de Carga Perigosa”. Esta informação deve ser inserida no ato da renovação do exame de saúde do condutor.

- **Guia de Tráfego:** obrigatório para o transporte de Produtos Controlados pelo Exército (explosivo, entre outros).

- **Declaração do Expedidor de Material Radioativo e Ficha de Monitoração da Carga e do Veículo Rodoviário:** obrigatório para os produtos classificados como radioativos, expedido pela CNEN (Comissão Nacional de Energia Nuclear).

- **Outros:** *existem outros documentos previstos por outras legislações, conforme o produto transportado, ou município por onde o veículo transitar. Há também documentos previstos pela Polícia Federal, para produtos utilizados no refino e produção de substâncias entorpecentes e de Órgãos de Meio Ambiente, para o transporte de resíduos. No município de São Paulo, para o transporte de alguns produtos, deve-se portar a Autorização Especial para o Transporte de Produtos Perigosos.*

Fiscalização

A Polícia Rodoviária Federal realiza durante o ano diversas ações preventiva e de fiscalização com o transporte de produtos perigosos. O objetivo é aumentar a segurança nas estradas, da população - que reside ao longo das rodovias - e proteger o meio ambiente. “No Estado de Paulo tivemos 142 acidentes envolvendo produto perigoso e até junho deste ano já ocorreram 78”, afirma o Inspetor Cunha, chefe da Seção de Policiamento e Fiscalização (substituto) da 6ª SRPRF-SP. A PRF informa que são realizadas pelo menos dez operações por mês, no Estado de São Paulo e que os valores das multas variam de acordo com o infrator e a infração cometida. Os valores ficam entre 123,4 e 617 UFIR. A partir de 2003, o DPR intensificou os comandos específicos de fiscalização do transporte de produtos perigosos oito comandos nacionais, abrangendo todas as regiões do Brasil além daqueles que são realizados rotineiramente no âmbito de cada Estado. Nos levantamentos feitos pela Polícia Rodoviária Federal, entre 2003 e 2005, de cada 10 veículos fiscalizados transportando produtos perigosos, oito e nove apresentam algum tipo de irregularidade.

O que é fiscalizado

Dos transportadores: Informações no documento fiscal, Ficha de emergência e envelope, Certificado de Inspeção de Produtos Perigosos – CIPP (tanque), Curso MOPP, painéis de segurança e rótulo de risco, Equipamento de proteção individual (EPI), equipamento de emergência e etc.

Do expedidor: Todos os itens do transportador: compatibilidade das cargas e mistura com alimentos e remédios; a proporção dos danos advindos de um acidente com este tipo de carga é, via de regra, muito superior ao acidente envolvendo o veículo transportador de carga comum. Vários produtos, como gás de cozinha, gasolina, álcool e cloro, entre outros, são transportados em grande quantidade por via rodoviária e em caso de algum vazamento podem causar danos incalculáveis ao meio ambiente, à saúde pública e as pessoas que forem diretamente atingidas. Eduardo Sartor, coordenador da comissão de transporte da ABIQUIM - Associação Brasileira da Indústria Química, explica que em caso de acidente o motorista é orientado a isolar a área, para evitar que curiosos cheguem perto do local, e a se comunicar com a transportadora, que possui contato com empresas especializadas em atendimento de acidentes com produto químico. “O profissional deve receber treinamento e fazer o curso MOOP. Além em seu caminhão é obrigatório um *Kit* de emergência, com cones, fita zebra, enxada, pá e outros itens necessários para isolar a área e um kit de primeiros socorros já que possui informações básicas para prestar pequenos atendimentos caso exista contato com o produto”.

“Porque acontecem os acidentes

O transporte de produtos perigosos sofre a influência de diversos fatores. Os mais comuns são:

- Condições das vias de tráfego
- Intensidade do trânsito
- Estado de conservação dos veículos transportadores
- Despreparo de motoristas e ajudantes
- Carência de profissionais treinados para a fiscalização deste tipo de transporte

Muitos veículos que atuam no segmento continuam operando com irregularidades. Entre as irregularidades mais freqüentes estão:

- Falta de sinalização no veículo com simbologia de risco
- Painel de segurança incompatível com o produto transportado
- Falta de kit de emergência
- Falta de certificado de capacitação ou vencido
- Carga mal acondicionada

Cuidados

Em caso de acidentes que envolvam veículos transportadores de cargas perigosas, vejam algumas recomendações que devem ser seguidas:

- **Se** ocorrer vazamento, primeiro coloque o EPI- Equipamento de Proteção Individual -, afaste o veículo da rodovia, sinalize o perigo para os outros motoristas e isole área, pois ela poderá ser afetada pelos vapores do produto (se houver).

- **Afaste** os curiosos e tente neutralizar o produto e/ou contenha-o com areia (não usar pó de serra ou material orgânico). O produto pode ser neutralizado com um agente alcalino, como cal, calcita, dolomita, etc...

- **Se** houver fogo, com o recipiente exposto às chamas, mantenha-o frio, jogando água (quando o produto permitir).

- **No** caso da poluição, se houver derrame que contamine o solo, rio ou represa, avisar a Polícia Rodoviária e ao órgão de Defesa Civil. Isole a área que poderá ser atingida pelos vapores do produto.

- **Se** houver pessoas envolvidas, atingida nos olhos, lave-os imediatamente com bastante água durante 15 minutos, pelo menos.

- **No** caso de pele atingida, lave com bastante água e sabão. Se tiver bicarbonato, ponha-o imediatamente no local atingido e depois lave novamente com água e sabão.”

Apêndice 3 – Esquema gráfico dos tipos de acidentes

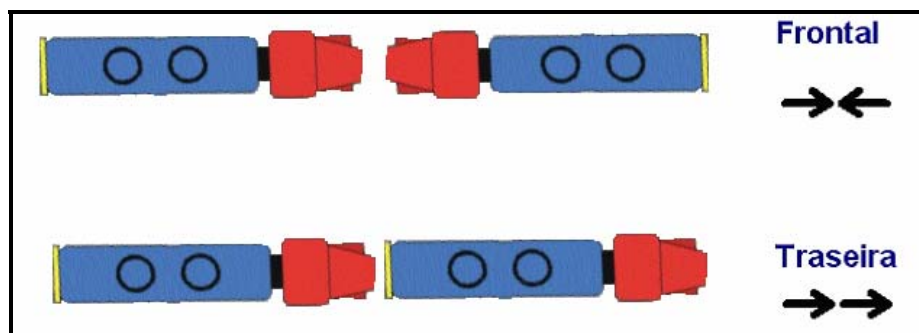


Figura 20. Esquema gráfico de colisão frontal e traseira

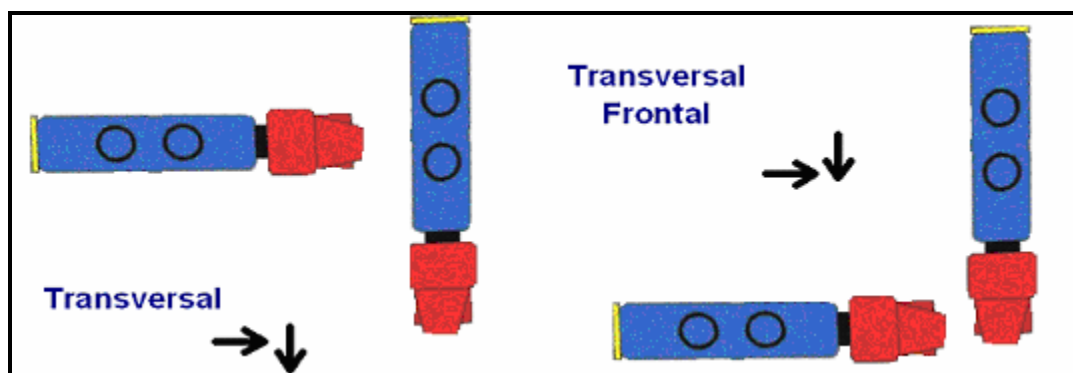


Figura 21. Esquema gráfico de colisão transversal e transversal frontal

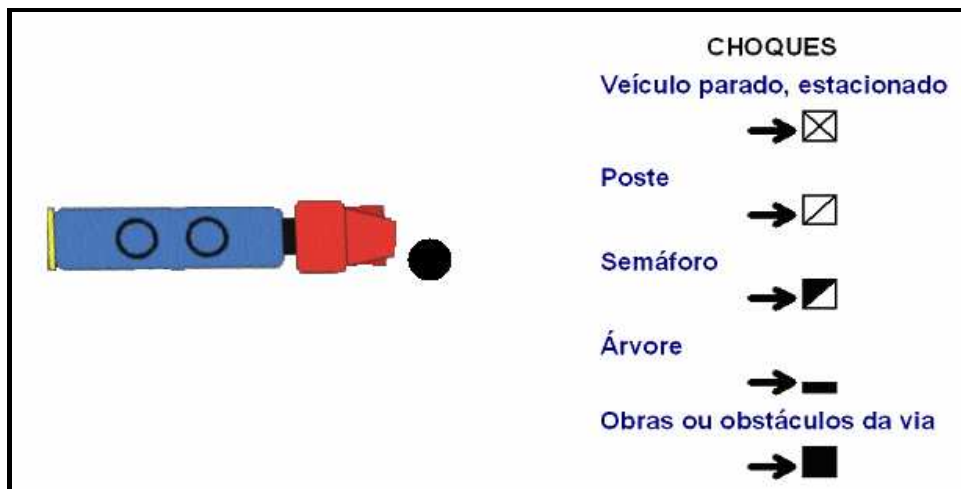


Figura 22. Esquema gráfico de tipos de choque

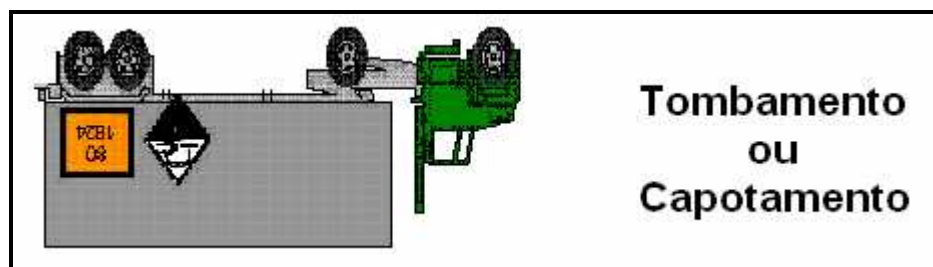


Figura 23. Esquema gráfico de tombamento ou capotamento