

Mapa de Risco ambiental para o Transporte rodoviário de Produtos perigosos

Antonio José Rocha Luzardo

CEFET / RJ
Coordenação de Construção Civil
20271-110 Rio de Janeiro RJ
antonioluzardo@gmail.com

Resumo: A cadeia logística nacional de infraestrutura de transporte de carga está apoiada, principalmente, no modal rodoviário, que é responsável por cerca de 60% do volume total transportado. Seguindo essa tendência, a maioria dos produtos perigosos também é transportada através de estradas. Nessas operações, apesar de todas as medidas de segurança empregadas, tanto na embalagem quanto no manuseio, há sempre a possibilidade da ocorrência de incidentes com esse tipo de carga, no deslocamento entre o ponto de partida e o destino final. Diante dessas potenciais ameaças, este trabalho apresenta um mapa de risco ambiental para o transporte de produtos perigosos, que visa a proporcionar os elementos necessários para o planejamento das ações preventivas e corretivas de resposta aos sinistros, assim como minimizar os efeitos desse tipo de evento sobre a população, as propriedades e o meio ambiente.

Palavras chaves: meio ambiente, produtos perigosos, risco ambiental, transporte rodoviário.

Abstract: The national cargo transportation network utilizes, mainly, the road modal, which responds for approximately 60% of the total volume transported. Following this modal utilization, the majority of dangerous goods flows through the roads as well. Despite the use of all safety procedures in the packing and handling stages of dangerous goods transport operations, there is always the possibility of incidents, specially in trips from origins to final destinations. To face this possibility or, in other words, this potential threat, this paper presents a risk map for road transportation of dangerous goods, in order to help planning preventive and corrective actions of response, as well as a minimization of the effects of such events on the population, assets and the environment.

Keywords: environment, dangerous goods, environmental risk, road transportation.

1 Introdução

No dia 29 de março de 2003, o acidente ambiental causado pelo rompimento da barragem de um dos reservatórios da Indústria Cataguazes de Papel, o qual liberou resíduos químicos que atingiram os rios Pomba e Paraíba do Sul, acarretou prejuízos ao ecossistema e à população ribeirinha de 39 municípios da Zona da Mata Mineira e de outros 8 do Norte Fluminense, bem como provocou a interrupção do abastecimento d'água naquelas localidades, dentre outras consequências.

Diante da gravidade desse acontecimento e suas consequências, bem como do histórico de ocorrência de outros eventos emergenciais, o Governo Federal reconheceu a inexistência de um planejamento nacional de caráter preventivo e corretivo para os casos de acidentes envolvendo produtos perigosos e, em decorrência, criou o "Plano Nacional de Prevenção, Preparação e Resposta Rápida a Acidentes Ambientais com Produtos Perigosos", conhecido como P2R2 (MMA, 2003).

O objetivo principal do P2R2 é prevenir a ocorrência de acidentes com produtos perigosos, bem como aprimorar o sistema de preparação e resposta a emergências químicas no País, com base em dois enfoques básicos: o preventivo, que visa a atingir o desempenho planejado, no âmbito nacional e estadual; e o corretivo, que objetiva integrar os órgãos públicos e privados responsáveis pelo atendimento a essas ocorrências, otimizando os recursos materiais e humanos disponíveis nos âmbitos municipal, estadual e federal.

Essa filosofia também é aplicada ao transporte rodoviário de produtos perigosos, a fim de prevenir o vazamento da carga transportada ou mitigar os seus efeitos, os quais evidenciam os riscos à integridade física e patrimonial das populações que vivem às margens da rodovia, bem como do meio ambiente, no tocante à qualidade das águas superficiais e subterrâneas.

Dessa forma, considerando que o P2R2 prevê a integração das três esferas governamentais com os diversos segmentos da sociedade civil organizada (tais como as organizações não-governamentais, o setor privado, as instituições acadêmicas e a comunidade), na busca de resultados efetivos para a melhoria da qualidade ambiental e de vida da população brasileira, fica demonstrada a relevância deste artigo, abordando o tema em questão.

2 Conceitos de risco

De acordo com Veyret (2007), o risco nasce da percepção do perigo ou de uma ameaça potencial (denominada álea), que pode ter origens diversas, e é percebida pelos indivíduos, podendo provocar, ao se manifestar, prejuízos às pessoas, aos bens e à organização do território. À luz dos acontecimentos que podem desencadear uma crise, a análise dos prejuízos remete ao que se denomina vulnerabilidade. Portanto, risco é definido como a representação de um perigo ou álea (reais ou supostos) que afetam os alvos e que constituem indicadores de vulnerabilidade.

Segundo Dagnino e Carpi Júnior (2007), de todos os tipos de risco, há quatro que se destacam: naturais, tecnológicos, sociais e ambientais. O risco natural é a denominação preferida para referenciar aqueles riscos que não podem ser facilmente atribuídos ou relacionados à ação humana; o risco tecnológico leva em conta três fatores indissociáveis: processo de produção, processo de trabalho e a condição humana; o risco social engloba as causas sociais e as consequências humanas; o risco ambiental abrange as situações que ocorrem no ambiente natural e naqueles outros construídos pelo homem.

Na visão de Christofolletti (1999), os problemas ambientais, em função da expressividade espacial subjacente, tornam-se questões inerentes à análise geográfica, onde devem-se prever e avaliar os impactos de uma atividade humana sobre as condições do meio ambiente, bem como delinear os procedimentos a serem utilizados preventivamente para mitigar ou evitar os seus efeitos negativos.

3 Risco ambiental no transporte rodoviário de produtos perigosos

A análise de risco no transporte rodoviário de produtos perigosos leva em consideração as peculiaridades intrínsecas a essa atividade, ou seja, a grande variedade desses produtos e o veículo transportador, que é o principal gerador de risco, pois transita por regiões muitas vezes vulneráveis do ponto de vista ambiental. A variedade de produtos perigosos e de cenários dinâmicos, alguns deles submetidos a riscos geotécnicos, é um fator determinante para a definição do modelo analítico empregado.

Segundo Abkowitz et al. (1992), para determinar, de um modo quantitativo, a probabilidade de ocorrência de fenômenos dessa natureza, deve-se recorrer a ferramentas estatísticas, as quais simplificam o problema, ao não contar, de um modo direto, com alguns dos fatores que determinam o surgimento de tais situações (tais como o estado psicossocial do motorista). Por outro lado, outros são enormemente simplificados (como por exemplo o estado de conservação da via, que se supõe idêntico em toda sua extensão), onde os índices estatísticos de sinistro empregados pretendem compensar ou estimar de alguma maneira essas lacunas.

O modelo conceitual utilizado para a essa análise, proposto por López (2005), foi desenvolvido para a província de Valladolid, na Espanha, e se baseia na probabilidade de ocorrência do sinistro e na gravidade do dano para determinar o risco de dano ambiental devido ao acidente.

3.1 Probabilidade de ocorrência de sinistro

De acordo com López (2005), integrar as peculiaridades dos produtos perigosos e os cenários dinâmicos das rotas de transporte nos métodos clássicos de simulação analítica de processos físico-químicos de risco se traduz, geralmente, em procedimentos efetivamente complexos. Por essa razão, esse autor empregou uma metodologia de caráter determinista, fundamentada nos princípios de causa e efeito, que permite analisar os riscos ambientais associados ao transporte rodoviário de produtos perigosos.

Numa adaptação dessa metodologia, a probabilidade de ocorrência de um sinistro pode ser calculada com base no percentual de acidentes ocorridos, obtido a partir de dados estatísticos.

No tocante ao número de acidentes ocorridos com os veículos transportadores de produtos perigosos, em função de a Polícia Rodoviária Federal não dispor de tal informação para a rodovia Rio-Santos, dentro dos limites do município de Mangaratiba, são empregados valores de registros relativos aos acidentes ocorridos com veículos em geral.

Os graus de probabilidade de ocorrência de sinistro (PROB) são definidos a partir dos intervalos de eventos de acidentes por um milhão de ocorrências descritos a seguir: (i) de 1 a 100: probabilidade baixa; (ii) de 101 a 300: probabilidade média; (iii) de 301 a 500: probabilidade alta; (iv) acima de 500: probabilidade muito alta. (**V.Tabela 1**).

3.2 Gravidade do dano

A gravidade do dano ao meio ambiente (GRAV) é função do perigo envolvido no acidente (PER), do potencial de dano inerente ao produto perigoso (PDAN), e da vulnerabilidade do meio ambiente no local do acidente (VUL), e é expressa por:

$$\rightarrow \text{GRAV} = \text{PER} \times (\text{PDAN} + \text{VUL})$$

Onde: GRAV = gravidade do dano ao meio ambiente; PER = perigo envolvido no acidente; PDAN = potencial de dano inerente ao produto perigoso;
VUL = vulnerabilidade do meio ambiente no local do acidente.

O perigo envolvido numa situação de emergência depende do tipo de acidente com o veículo transportador, e, para fins de estimativa do potencial de risco, é igualado a 6, que é o valor correspondente à consequência do acidente em que o contêiner é danificado e há vazamento do produto ou ocorra um incêndio (LÓPEZ, 2005).

$$\rightarrow \text{PER} = 6$$

Quanto ao dano inerente ao produto perigoso, a quantificação dos índices de perigo intrínseco é feita a partir da magnitude da propriedade considerada. Assim, o perigo médio associado ao produto transportado, ou seja, o valor considerado em relação ao dano inerente ao produto, é estimado com base nos índices relativos ao grupo ao qual ele pertence.

$$\rightarrow \text{PDAN} = (\text{Pf} + \text{Pr} + \text{Pt}) / 3 + \text{Po}$$

Onde: PDAN = potencial de dano inerente ao produto perigoso; Pf = flamabilidade; Pr = tendência à reação; Pt = toxicidade/corrosividade; Po = oxidação.

Aos índices “Pf”, “Pr” e “Pt” são atribuídos valores entre 0 e 4, onde quanto maior o número, maior o potencial de dano do produto. O índice “Po” somente é considerado quando indica uma propensão à emissão de oxigênio, quando então é igualado a 1 (LÓPEZ, 2005).

Considerando que, de acordo com Pedro (2006), a maior porcentagem de produtos perigosos transportados pelo modal rodoviário brasileiro refere-se a combustíveis derivados de petróleo e álcool, a estimativa dos valores de danos inerentes aos produtos foi feita levando em consideração as suas características de flamabilidade, reatividade, toxicidade/corrosividade e oxidação. Em decorrência, foi atribuído o valor máximo a todos os índices componentes do potencial de dano.

Então: Pf = 4 , Pr = 4 , Pt = 4 e Po = 1. Logo:

$$\rightarrow \text{PDAN} = (\text{Pf} + \text{Pr} + \text{Pt}) / 3 + \text{Po} = (4 + 4 + 4) / 3 + 1 = 5$$

Quanto à vulnerabilidade, López (2005) a define como o potencial de uma comunidade ou território para sofrer danos, e acrescenta que ela é função das seguintes presenças em seu entorno: de elementos construídos, do tipo de uso do solo e das populações suscetíveis a sofrerem impactos em caso de

acidente. A vulnerabilidade é dada pelo somatório da vulnerabilidade ambiental e da vulnerabilidade populacional.

$$\rightarrow VUL = Va + Vp$$

Onde: VUL = vulnerabilidade do meio ambiente no local do acidente;

Va = vulnerabilidade ambiental; Vp = vulnerabilidade populacional.

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

De acordo com López (2005), a vulnerabilidade ambiental (Va) é obtida a partir de uma matriz contendo os componentes de drenagem, uso da terra e textura do solo, cujos valores variam de 1 a 4 (onde 1 indica uma baixa vulnerabilidade e 4, uma vulnerabilidade muito alta) e o maior deles é o adotado como valor final.

a) Na drenagem, a classificação é a seguinte: (i) Va = 1: lagoas, represas, drenagem superficial; (ii) Va = 2: córregos; (iii) Va = 3: ribeirões; (iv) Va = 4: rios.

b) No uso da terra, classificação é a seguinte: (i) Va = 1: solo exposto; (ii) Va = 2: pasto limpo, pasto sujo, cultura perene; (iii) Va = 3: capoeira, mata urbana; (iv) Va = 4: mata, mata-galeria, várzea.

c) Na textura do solo, a classificação é a seguinte: (i) Va = 1: argilosa; (ii) Va = 2: média; (iii) Va = 3: arenosa; (iv) Va = 4: hidromórfica.

No caso da vulnerabilidade da rede de drenagem, foi levado em consideração o impacto causado pelo produto perigoso no caso de acidentes com o veículo transportador, que acarrete vazamento e/ou derramamento da carga. Os menores valores foram atribuídos aos lagos, às represas e à drenagem superficial; e os maiores valores, aos rios.

Para o uso da terra, as classes de vulnerabilidade foram definidas em função da severidade do sinistro na biodiversidade. Os menores valores foram atribuídos ao solo exposto (ambiente degradado e, portanto, pouco vulnerável); os maiores valores, às matas, às matas-galerias e às várzeas.

Quanto à textura do solo, considerando-se a maior probabilidade de o produto perigoso atingir o lençol freático, atribuíram-se os menores valores aos solos argilosos (menor velocidade de infiltração); e os maiores valores aos solos hidromórficos (maior proximidade ao lençol freático). **(V.Tabela 2)**

Para a estimativa da vulnerabilidade populacional (Vp) foi considerada a densidade populacional dentro de cada área municipal, representada geograficamente por polígonos de zona de densidade. Os seus valores variam de 1 a 4, onde o valor máximo é atribuído às regiões densamente povoadas e os mínimos, às áreas inabitadas, conforme descrito a seguir: (i) Vp = 1: espaço inabitado; (ii) Vp = 2: espaço em urbanização; (iii) Vp = 3: espaço urbano; (iv) Vp = 4: espaço urbano denso. **(V.Tabela 3)**

Dessa forma, de posse dos dados referentes ao perigo envolvido no acidente (PER), ao potencial de dano inerente ao produto perigoso (PDAN), e à vulnerabilidade do meio ambiente (VUL), calcula-se o valor da gravidade do dano ao meio ambiente (GRAV), considerando os intervalos de classe sugeridos por López (2005), a seguir descritos: (i) de 0 a 49: gravidade baixa; (ii) de 50 a 59: gravidade média; (iii) de 60 a 69: gravidade alta; (iv) de 70 a 78: gravidade muito alta. **(V.Tabela 4)**

3.3 Risco de dano ambiental

A probabilidade de ocorrência de um acidente é feita por meio da análise dos sinistros ocorridos e do volume de tráfego na rodovia. A gravidade do dano é determinada pelo perigo intrínseco do produto perigoso, pelo tipo de acidente, e pela vulnerabilidade ambiental da região. O risco de dano ambiental pode ser expresso como uma função da probabilidade de ocorrência de sinistro e da gravidade do dano:

$$\rightarrow RSC = MÁX (PROB ; GRAV)$$

Onde: RSC = risco de dano ambiental; MÁX = função de máximo; PROB = probabilidade de ocorrência de sinistro; GRAV = gravidade do dano ao meio ambiente. **(V.Tabela 5)**

4 Mapa de risco ambiental

No Estado do Rio de Janeiro, as ações de combate aos acidentes rodoviários com produtos perigosos, realizadas pelas equipes da Coordenadoria Municipal de Defesa Civil (COMDEC) e do Instituto Estadual do Ambiente (INEA), seguem o que está preconizado em dois manuais: o da Associação Brasileira da Indústria Química (ABQUIM) e o do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT).

O “Manual para atendimento a emergências com produtos perigosos” (ABQUIM, 2006) é um guia para as primeiras ações em acidentes, que se tornou referência para os órgãos de Defesa Civil, Corpo de Bombeiros, Polícia Rodoviária, e para as empresas de vários segmentos que operam com produtos químicos, inclusive transportadores e armazenadores, e indica os procedimentos de primeiros socorros e de atendimento médico e emergencial.

O “Manual para implementação de planos de ação de emergência para atendimentos a sinistros envolvendo o transporte rodoviário de produtos perigosos” (MT, 2005) descreve uma série de procedimentos preventivos e corretivos de segurança para a população, usuários da via, patrimônio público e privado, e conservação do meio ambiente.

Indo ao encontro das necessidades operacionais dos órgãos citados, a tese de doutorado do professor Roberto Martínez-Alegría López, “Riesgos ambientales en el tráfico de mercancías peligrosas por carretera” (LOPEZ, 2005), apresenta um método de análise de risco de dano ambiental, visualizado por meio de mapas temáticos, passível de ser aplicado nas rodovias brasileiras, para a identificação dos trechos rodoviários vulneráveis aos acidentes, plenamente consoante com o previsto na legislação brasileira, que define as atribuições dos elos do Sistema Nacional de Defesa Civil (BRASIL, 2005):

Implantar bancos de dados e elaborar mapas temáticos sobre ameaças múltiplas, vulnerabilidades e mobiliamento do território, nível de riscos e sobre recursos relacionados com o equipamento do território e disponíveis para o apoio às operações.

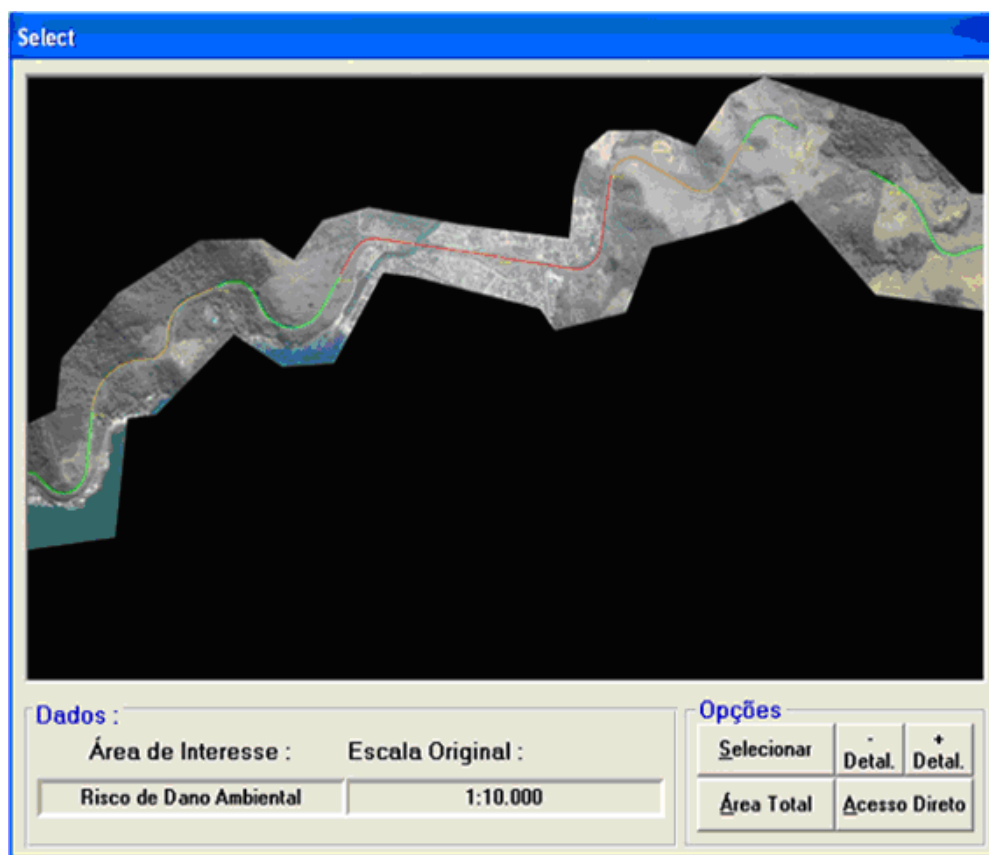


Figura 1 : Mapa de risco ambiental da rodovia Rio-Santos

Dentro desse contexto, este artigo apresenta um mapa de risco, que retrata a rodovia Rio-Santos, no município de Mangaratiba/RJ, onde o traçado é segmentado de acordo com o grau de risco de dano ambiental apresentado na Tabela 5. Foram considerados quatro intervalos de classe, associados às seguintes cores: (i) azul: risco baixo, (ii) verde: risco moderado; (iii) laranja: risco alto; (iv) vermelho: risco muito alto.

Os dados estatísticos, referentes à rodovia Rio-Santos, empregados na preparação deste mapa de risco foram os seguintes: volume médio de tráfego, número de acidentes registrados e quadro de acidentes automobilísticos.

O volume médio de tráfego, de 1994 a 2001, foi obtido na Internet (DNIT, 2009) e se refere a 2 Postos de Contagem: nº 27 – Itaguaí (referência 101BRJ3320), situado no km 393,7 da rodovia; e nº 44 – Parati (referência 101BRJ3410), situado no km 534 da rodovia. Atualmente, ambos os postos se encontram com as suas atividades paralisadas.

O número de acidentes registrados, de 2004 a 2005, foi obtido no Núcleo de Registro e Medicina Rodoviária (NUREG), do Departamento de Polícia Rodoviária Federal (DPRF). O quadro de acidentes automobilísticos foi obtido na COMDEC de Mangaratiba.

O mapa de solos e o mapa de uso do solo utilizados na elaboração do mapa de risco ambiental foram obtidos no Projeto Rio de Janeiro, uma iniciativa da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), que compreende o estudo e a elaboração de mapas temáticos do território do Estado do Rio de Janeiro (CPRM, 2001).

5 Conclusão

A elaboração do mapa de risco ambiental para o transporte rodoviário de produtos perigosos vai ao encontro das diretrizes do Governo Federal, que, ao criar o P2R2, incentivou as instituições acadêmicas e a comunidade, dentre outros, a participarem do processo, na busca de resultados efetivos para a melhoria da qualidade ambiental e de vida da população brasileira.

Um outro aspecto a ser considerado é a relevância das informações contidas no referido mapa, o que o torna um documento de grande importância para as equipes que atuam no combate aos acidentes rodoviários com veículos transportadores de produtos perigosos, tanto no planejamento das atividades preventivas como na execução das ações corretivas, na busca constante da proteção às populações que vivem às margens da rodovia e ao meio ambiente.

Finalmente, vale ressaltar que a metodologia apresentada foi aplicada na produção do mapa de risco ambiental da rodovia Rio-Santos, no município de Mangaratiba/RJ, em virtude da disponibilidade dos dados, mas ela pode ser empregada em qualquer outra região do País, sem qualquer restrição.

Tabela 1 : Probabilidade de ocorrência de sinistro (PROB)

Tr	Km	Acid	Apm	PROB	Tr	Km	Acid	Apm	PROB
1	411 / 412	3	229	Média	22	432 / 433	1	76	Baixa
2	412 / 413	2	153	Média	23	433 / 434	1	76	Baixa
3	413 / 414	9	687	M.Alta	24	434 / 435	2	153	Média
4	414 / 415	5	382	Alta	25	435 / 436	3	229	Média
5	415 / 416	7	534	M.Alta	26	436 / 437	7	534	M.Alta
6	416 / 417	4	305	Alta	27	437 / 438	1	76	Baixa
7	417 / 418	6	458	Alta	28	438 / 439	6	458	Alta
8	418 / 419	3	229	Média	29	439 / 440	3	229	Média
9	419 / 420	8	611	M.Alta	30	440 / 441	3	229	Média
10	420 / 421	1	76	Baixa	31	441 / 442	2	153	Média
11	421 / 422	5	382	Alta	32	442 / 443	1	76	Baixa
12	422 / 423	5	382	Alta	33	443 / 444	0	0	-----
13	423 / 424	5	382	Alta	34	444 / 445	1	76	Baixa
14	424 / 425	2	153	Média	35	445 / 446	1	76	Baixa
15	425 / 426	3	229	Média	36	446 / 447	2	153	Média
16	426 / 427	1	76	Baixa	37	447 / 448	0	0	-----
17	427 / 428	6	458	Alta	38	448 / 449	1	76	Baixa
18	428 / 429	2	153	Média	39	449 / 450	1	76	Baixa
19	429 / 430	6	458	Alta	40	450 / 451	2	153	Média
20	430 / 431	3	229	Média	41	451 / 452	5	382	Alta
21	431 / 432	2	153	Média	42	452 / 453	0	0	-----

Obs: Tr = trecho; Km = quilometragem; Acid = número de acidentes ocorridos;
Apm = acidentes por milhão; PROB = probabilidade de ocorrência de sinistro.

Fonte: Núcleo de Registro e Medicina Rodoviária da Polícia Rodoviária Federal

Tabela 2 : Vulnerabilidade ambiental (Va)

Tr	Km	D	Ut	Ts	Va	Tr	Km	D	Ut	Ts	Va
1	411 / 412	4	1	3	4	22	432 / 433	2	2	2	2
2	412 / 413	1	1	2	2	23	433 / 434	1	2	2	2
3	413 / 414	2	3	2	3	24	434 / 435	4	2	3	4
4	414 / 415	2	4	1	4	25	435 / 436	4	1	3	4
5	415 / 416	1	3	2	3	26	436 / 437	2	1	3	3
6	416 / 417	1	2	2	2	27	437 / 438	2	2	2	2
7	417 / 418	1	2	2	2	28	438 / 439	1	2	2	2
8	418 / 419	3	2	2	3	29	439 / 440	2	1	2	2
9	419 / 420	1	2	2	2	30	440 / 441	1	4	2	4
10	420 / 421	1	2	2	2	31	441 / 442	4	2	2	4
11	421 / 422	1	2	2	2	32	442 / 443	1	2	2	2
12	422 / 423	1	2	2	2	33	443 / 444	1	4	1	4
13	423 / 424	3	1	3	3	34	444 / 445	2	3	1	3
14	424 / 425	4	1	3	4	35	445 / 446	1	3	1	3
15	425 / 426	1	1	2	2	36	446 / 447	1	3	1	3
16	426 / 427	1	1	3	3	37	447 / 448	1	3	1	3
17	427 / 428	2	1	2	2	38	448 / 449	1	3	1	3
18	428 / 429	2	2	4	4	39	449 / 450	2	3	2	3
19	429 / 430	4	1	4	4	40	450 / 451	1	2	2	2
20	430 / 431	2	2	2	2	41	451 / 452	3	1	3	3
21	431 / 432	2	3	2	3	42	452 / 453	1	2	2	2

Obs: Tr = trecho; Km = quilometragem; D = drenagem; Ut = uso da terra ;
Ts = textura do solo; Va = vulnerabilidade ambiental.

Fonte: Plano Diretor de Desenvolvimento Sustentável de Mangaratiba

Tabela 3 : Vulnerabilidade do meio ambiente (VUL)

Tr	Km	Va	Vp	VUL	Tr	Km	Va	Vp	VUL
1	411 / 412	4	1	5	22	432 / 433	2	2	4
2	412 / 413	2	2	4	23	433 / 434	2	2	4
3	413 / 414	3	3	6	24	434 / 435	4	2	6
4	414 / 415	4	1	5	25	435 / 436	4	2	6
5	415 / 416	3	3	6	26	436 / 437	3	2	5
6	416 / 417	2	4	6	27	437 / 438	2	1	3
7	417 / 418	2	3	5	28	438 / 439	2	2	4
8	418 / 419	3	4	7	29	439 / 440	2	1	3
9	419 / 420	2	2	4	30	440 / 441	4	1	5
10	420 / 421	2	3	5	31	441 / 442	4	3	7
11	421 / 422	2	4	6	32	442 / 443	2	1	3
12	422 / 423	2	1	3	33	443 / 444	4	1	5
13	423 / 424	3	2	5	34	444 / 445	3	2	5
14	424 / 425	4	1	5	35	445 / 446	3	1	4
15	425 / 426	2	1	3	36	446 / 447	3	2	5
16	426 / 427	3	1	4	37	447 / 448	3	2	5
17	427 / 428	2	1	3	38	448 / 449	3	2	5
18	428 / 429	4	4	8	39	449 / 450	3	3	6
19	429 / 430	4	4	8	40	450 / 451	2	3	5
20	430 / 431	2	2	4	41	451 / 452	3	4	7
21	431 / 432	3	2	5	42	452 / 453	2	3	5

Obs: Tr = trecho; Km = quilometragem; Va = vulnerabilidade ambiental; Vp = vulnerabilidade populacional; VUL = vulnerabilidade do meio ambiente.

Fonte: Plano Diretor de Desenvolvimento Sustentável de Mangaratiba

Tabela 4 : Gravidade do dano ao meio ambiente (GRAV)

Tr	Km	GRAV	Tr	Km	GRAV
1	411 / 412	Alta	22	432 / 433	Média
2	412 / 413	Média	23	433 / 434	Média
3	413 / 414	Alta	24	434 / 435	Alta
4	414 / 415	Alta	25	435 / 436	Alta
5	415 / 416	Alta	26	436 / 437	Alta
6	416 / 417	Alta	27	437 / 438	Baixa
7	417 / 418	Alta	28	438 / 439	Média
8	418 / 419	Muito Alta	29	439 / 440	Baixa
9	419 / 420	Média	30	440 / 441	Alta
10	420 / 421	Alta	31	441 / 442	Muito Alta
11	421 / 422	Alta	32	442 / 443	Baixa
12	422 / 423	Baixa	33	443 / 444	Alta
13	423 / 424	Alta	34	444 / 445	Alta
14	424 / 425	Alta	35	445 / 446	Média
15	425 / 426	Baixa	36	446 / 447	Alta
16	426 / 427	Média	37	447 / 448	Alta
17	427 / 428	Baixa	38	448 / 449	Alta
18	428 / 429	Muito Alta	39	449 / 450	Alta
19	429 / 430	Muito Alta	40	450 / 451	Alta
20	430 / 431	Média	41	451 / 452	Muito Alta
21	431 / 432	Alta	42	452 / 453	Alta

Obs: Tr = trecho; Km = quilometragem; GRAV = gravidade do dano ao meio ambiente.

Fonte: Plano Diretor de Desenvolvimento Sustentável de Mangaratiba

Tabela 5 : Risco de dano ambiental (RSC)

Tr	Km	PRB	GRAV	RSC	Tr	Km	PRB	GRAV	RSC
1	411 / 412	M	A	A	22	432 / 433	B	M	M
2	412 / 413	M	M	M	23	433 / 434	B	M	M
3	413 / 414	MA	A	MA	24	434 / 435	M	A	A
4	414 / 415	A	A	A	25	435 / 436	M	A	A
5	415 / 416	MA	A	MA	26	436 / 437	MA	A	MA
6	416 / 417	A	A	A	27	437 / 438	B	B	B
7	417 / 418	A	A	A	28	438 / 439	A	M	A
8	418 / 419	M	MA	MA	29	439 / 440	M	B	M
9	419 / 420	MA	M	MA	30	440 / 441	M	A	A
10	420 / 421	B	A	A	31	441 / 442	M	MA	MA
11	421 / 422	A	A	A	32	442 / 443	B	B	B
12	422 / 423	A	B	A	33	443 / 444	- - -	A	A
13	423 / 424	A	A	A	34	444 / 445	B	A	A
14	424 / 425	M	A	A	35	445 / 446	B	M	M
15	425 / 426	M	B	M	36	446 / 447	M	A	A
16	426 / 427	B	M	M	37	447 / 448	- - -	A	A
17	427 / 428	A	B	A	38	448 / 449	B	A	A
18	428 / 429	M	MA	MA	39	449 / 450	B	A	A
19	429 / 430	A	MA	MA	40	450 / 451	M	A	A
20	430 / 431	M	M	M	41	451 / 452	A	MA	MA
21	431 / 432	M	A	A	42	452 / 453	- - -	A	MA

Obs: Tr = trecho; Km = quilometragem; PRB = probabilidade de ocorrência de sinistro; GRAV = gravidade do dano; RSC = risco de dano ambiental.
B = baixo(a); M = moderado(a); A = alto(a); MA = muito alto(a).

Fonte: Plano Diretor de Desenvolvimento Sustentável de Mangaratiba

6 Referências Bibliográficas

ABKOWITZ, M.; LEPOFSKY, M.; CHENG, P. *Selecting criteria for designating hazardous materials highway routes*. Washington D.C.: Transportation Research Board, 1992.

ABIQUIM. Associação Brasileira da Indústria Química. *Manual para atendimento a emergências com produtos perigosos*. Rio de Janeiro: ABIQUIM, 2006.

BRASIL. *Decreto nº 5.376, de 17 de fevereiro de 2005*. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Defesa Civil - SINDEC e o Conselho Nacional de Defesa Civil, a vigorar em 2005. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 18 de fevereiro de 2005.

_____. **MMA. Ministério do Meio Ambiente.** *Plano nacional de prevenção, preparação e resposta rápida a emergências ambientais com produtos químicos perigosos-P2R2*. Brasília, 2003. disp.: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_p2r2/_arquivos/proposta_do%20_P2R2.pdf>ac. 23 de agosto de 2010.

_____. **MT. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte-DNIT.** *Manual para implementação de planos de ação de emergência para atendimento a sinistros envolvendo o transporte rodoviário de produtos perigosos*. Publicação IPR-716. Rio de Janeiro:DNIT, 2005. disp.: <http://www1.dnit.gov.br/ipr_new/download_manuais.htm>. ac. 23 de agosto de 2010.

_____. **7ª Coordenação Estadual.** *Postos de contagem*. Rio de Janeiro: DNIT, 2009. disp.: <<http://www1.dnit.gov.br/rodovias/contagem/index.htm>>. ac. 23 de agosto de 2010.

CHRITOFOLETTI, A. *Modelagem de sistemas ambientais*. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. *Projeto Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: CPRM, 2001. disp.: <<ftp://ftp.cprm.gov.br/pub/projetos/projrj>>. ac. 23 de agosto de 2010.

DAGNINO, R. S.; CARPI Jr., S. *Risco ambiental: conceitos e aplicações*. Revista CLIMEP – Climatologia e estudos de paisagem. UNESP. Rio Claro, 2007. disp.: <<http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/climatologia/article/view/1026/958>>. ac. 23 de agosto de 2010.

LÓPEZ, R. M-A. *Riesgos ambientales en el tráfico de mercancías peligrosas por carretera*. Tese (Doutorado em Recursos Naturais e de Meio Ambiente) – Departamento de Engenharia de Recursos Naturais e de Meio Ambiente, Universidade de Vigo, Espanha, Vigo, 2005.

MANGARATIBA (Município). *Lei nº 554, de 10 de outubro de 2006*. Dispõe sobre a instituição do Plano Diretor de Desenvolvimento Sustentável de Mangaratiba (PDDS), disp.: <<http://www.mangaratiba.rj.gov.br/planodiretor/legislacao.html>>. ac. 23 de agosto de 2010.

PEDRO, F. G. *Acidentes com transporte rodoviário de produtos perigosos: análise e aplicação de modelo conceitual georreferenciado para avaliação de risco ambiental no município de Campinas-SP*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas. 2006. disp.: <<http://libdigi.unicamp.br/document/?code=vtls000425159>>. ac. 23 de agosto de 2010.

VEYRET, Y. *Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente*. São Paulo: Contexto, 2007