

CÉLIA MARIA GARIBALDI

**Gestão de Passivos Ambientais Associados a
Escorregamentos em Rodovias: Contribuições ao
Cenário Metodológico**

Tese apresentada à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção
do título de Doutora em Engenharia

São Paulo
2004

OK

CÉLIA MARIA GARIBALDI

**Gestão de Passivos Ambientais Associados a
Escorregamentos em Rodovias: Contribuições ao
Cenário Metodológico**

Tese apresentada à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção
do título de Doutora em Engenharia

Área de concentração: Engenharia
Mineral

Orientador: Prof. Dr. Lindolfo Soares

São Paulo
2004

Ao meu Marido Alexandre por tudo...

Pesquisa realizada com apoio do Departamento de Engenharia de Minas e
Petróleo; Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo e
LENC Engenharia

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Professor Doutor Lindolfo Soares pelo apoio, paciência e constante incentivo.

Ao Prof. Dr. Luis Enrique Sánchez pela contribuição durante a realização das disciplinas.

Ao Prof. Dr. Homero Delboni Jr. pela atenção dada na fase de editoração da Tese.

Ao Engenheiro Rubens Augusto Shiguirara pela amizade, força, paciência e colaboração.

Aos colegas Alexandre Silva; Gustavo Ciotto; Débora Regina Dias; Wesley Silva; Henrique Guilherme Dantas Felix; Patrícia Aparecida Wisnievski; Marta Maria Furquim Solange Abudi; José Donizetti de Souza, Anderson Evaristo; Alice Kagawa e Aurélio Magnane pelo apoio logístico.

Aos Engenheiros Everson Guilherme Grigoletto e José Francisco Guerra da Silva do Departamento de Estradas de Rodagem pelos dados, textos, discussões e apoio no desenvolvimento da pesquisa.

Ao Doutor Eduardo Silva, na época Diretor de Engenharia do Departamento de Estradas de Rodagem, pela gentileza no fornecimento dos dados da área piloto.

Aos Geólogos Osvaldo Augusto Filho; Eduardo Macedo; Vera Cristina e Amarílis Gallardo pelas discussões e sugestões.

À Engenheira Márcia Regina Mora, pelo companheirismo durante a primeira etapa dos trabalhos de campo.

À Prof^a Dr^a Rita Moura Fortes e Prof. Dr. João Virgílio pelos textos, contribuições e sugestões dadas no exame de qualificação.

Ao Engenheiro Alexandre Zuppolini Neto pelas discussões e sugestões.

Ao Biólogo Pedro Humberto Romanini pelos textos fornecidos.

À Maria Cristina Martinez Bonesio pela amizade, apoio à pesquisa e revisões da bibliografia.

A todos que colaboraram na elaboração desta Tese.

RESUMO

As rodovias exercem considerável influência no desenvolvimento de um País, e no Brasil em particular. No entanto, a forma como foram implantadas e operadas acabaram trazendo sérios impactos negativos ao meio ambiente e conseqüentemente os órgãos rodoviários têm convivido com um número muito grande de passivos ambientais relacionados, principalmente, aos movimentos gravitacionais de massa.

Esses processos se desenvolveram devido à insuficiência de estudos geológicos-geotécnicos na fase de projeto, aliados aos fatores construtivos e à falta de manutenção. Assim, importantes rodovias brasileiras apresentam muitos taludes afetados por escorregamentos de grande porte e os custos para recuperação têm sido extremamente elevados, sem contar os custos indiretos que não são considerados, como interdições das pistas e congestionamentos com deterioração de cargas e/ou atrasos nas entregas.

Atualmente, embora de forma incipiente, o meio rodoviário vem utilizando as cartas geotécnicas como ferramenta no entendimento dos condicionantes do meio físico e na gestão ambiental das rodovias. Nota-se, entretanto, que a maioria dos estudos geotécnicos em rodovias ainda são executados com metodologias que tratam a questão de forma pontual enquanto que grande parte das obras rodoviárias atinge grandes dimensões, exigindo estudos mais abrangentes com metodologias desenvolvidas para regiões específicas (ABITANTE *et al*, 1998).

Neste contexto, verificando-se a problemática dos passivos e danos ambientais associados a escorregamentos e a necessidade de técnicas para a gestão ambiental de rodovias, desenvolveu-se uma Sistemática para Gestão de Passivos e Danos Ambientais Associados a Escorregamentos, apoiada nos fundamentos da Cartografia Geotécnica, na abordagem da *UNDRO* (1991) para prevenção e redução de acidentes naturais e nos Instrumentos de Gestão Ambiental atualmente praticados. A avaliação dos resultados obtidos nas diferentes etapas da pesquisa permitiu concluir que o trabalho realizado à luz da Sistemática Proposta atingiu os objetivos estabelecidos.

ABSTRACT

Highways perform a considerable influence on the development of a country and, in particular, in Brazil. However, the way in which they have been built and operated ended up bringing serious negative impacts to the environment and, as a consequence, road agencies have been dealing with a very high number of environmental dues related, mainly, to the gravitational mass movement processes.

These processes occurred due to the lack of geological-geotechnical studies during the project phase, combined with building factors and lack of maintenance. Thus, some important Brazilian highways present many slopes affected by large landslides and the costs for rebuilding are extremely high, not to mention the indirect costs that are not considered, such as interdiction of lanes and traffic jams, that cause damage of loads and/or delay of deliveries.

Nowadays, though in an incipient way, road agencies have been using the geotechnical cartography as a tool to understand the conditioners of the physical environment and in the environmental management of the roads. However, most of the geotechnical studies on roads are still done with methodologies that treat the subject in a punctual way, while many of the road constructions reach large dimensions, demanding more comprehensive studies, with methodologies developed for specific regions (ABITANTE *et al*, 1998).

In such context, as the problem of the environmental dues and damages related to landslides and the need for techniques of environmental road management were verified, a Landslide Related Environmental Dues and Damages Management System was developed, supported by the fundamentals of the Geotechnical Cartography, under UNDRO's (1991) approach for the prevention and reduction of natural disasters and on the Instruments of Environmental Management currently practiced. The evaluation of the results obtained in the several phases of the research led to the conclusion that the work done under the light of the Proposed System has reached the established objectives.

ERRATA

PÁGINA	LINHA	ONDE SE LÊ	LEIA-SE
iii	29 ^a	e das unidades	das unidades
iii	30 ^a	139	137
iv	11 ^a	8.11	8.11 (a e b)
iv	17 ^a	situações emergências	de emergências
vi e 192	38 ^a e 6 ^a	blocos regulares	blocos de formas regulares
vii	28 ^a	229	221
112	3 ^a	principais:	principais (Cerri, 1993):
131	6 ^a	bealin	bearing
144	21 ^a	litorâneas	litorâneas (DER/SP; LENC, 2001a)
157	4 ^a	geológicas-geotécnicas	geológicas
162	9 ^a	sotoposta	sobreposta
203	10 ^a	Tráfego intenso	Concentração de tráfego
206	6 ^a	materiais;	materiais,
206	7 ^a	60%	60%,
250	28 ^a	facilidade	facilitada
253	23 ^a	a gravidade	o agravamento

SUMÁRIO

RELAÇÃO DE QUADROS	i
RELAÇÃO DE FIGURAS	iii
RELAÇÃO DE FOTOS.....	v
RELAÇÃO DE SIGLAS E ABREVIÇÕES	viii
RESUMO	
“ABSTRACT”	
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS E ESTRUTURA DA PESQUISA	8
3 INSTRUMENTOS DE GESTÃO AMBIENTAL.....	10
3.1 Sistema de Gestão Ambiental – SGA.....	12
3.2 Licenciamento Ambiental - LA.....	15
3.3 Avaliação de Impactos Ambientais – AIA.....	19
3.4 Auditoria Ambiental – AA.....	22
3.5 Monitoramento Ambiental - MA.....	24
3.6 Supervisão Ambiental - SA.....	26
3.7 Análise de Riscos Ambientais - ARA.....	28
3.8 Recuperação de Áreas Degradadas - RAD.....	29
3.9 Investigação de Passivo Ambiental - IPA.....	30
3.10 Avaliação de Desempenho Ambiental - ADA.....	31
4 RODOVIAS E MEIO AMBIENTE	34
4.1 Natureza das intervenções rodoviárias.....	35
4.1.1 Grupo I – Obras de conservação especial	37
4.1.2 Grupo II - Restauração limitada a recapeamento.....	38
4.1.3 Grupo III - Restauração e/ou melhoramentos sem alteração de traçado	38
4.1.4 Grupo IV - Melhoramentos com alteração de traçado, com ou sem restauração.....	39
4.1.5 Grupo V – Duplicação adjacente, com ou sem restauração	39
4.1.6 Grupo VI – Implantação de novas rodovias.....	40
4.2 Intervenções rodoviárias, processos do meio físico e impactos ambientais.....	40
5 METODOLOGIAS RELACIONADAS À GESTÃO AMBIENTAL DE RODOVIAS.....	48
5.1 Sistemática de manutenção convencional	50
5.2 Técnica de Costa Nunes (1982).....	50
5.2.1 Aspectos econômicos, estatísticos e decisórios	51
5.3 Tecnologia de manutenção rodo-ferroviária proposta por PIVETTI <i>et al.</i> (1982)	52
5.4 Metodologia do DER/SP; IPT (1991).....	55
5.4.1 Atuação e planejamento para recuperação de taludes de rodovias.....	55

5.5 A influência das estruturas geológicas em instabilidades de taludes em saprolitos – uma abordagem regional – RIEDEL <i>et al.</i> (1995)	59
5.6 Metodologia do DNER (1996).....	61
5.6.1 Priorização de intervenções corretivas.....	63
5.6.2 Método para priorização de intervenções.....	65
5.6.3 Classificação de soluções propostas.....	68
5.6.4 Considerações apresentadas por BELLIA (1999) sobre a metodologia do DNER (1996).....	69
5.6.5 Considerações apresentadas por ROCHA; ROCHA (1999) sobre a metodologia do DNER (1996) e a sistemática adotada para levantamento de passivos ambientais	70
5.7 Avaliação e monitoramento inteligente de taludes em rodovias – PACHECO <i>et al.</i> (1997).....	71
5.8 Metodologia adotada pela ENGECORPS; PLANEG (1997).....	72
5.9 Manutenção planejada – Metodologia de LUZ; PIMENTA (1998).....	74
5.10 Mapeamento para cadastro de alto risco geológico-geotécnico em vias públicas: o exemplo da Avenida Menezes Cortes – RJ – ALMEIDA <i>et al.</i> (1998)	76
5.11 Definição das classes de adequabilidade de terrenos com emprego da Cartografia Geotécnica – FERES; LORANDI (1998)	78
5.12 Investigação do Passivo Ambiental de rodovias por meio de indicadores de impacto – GALVES; AVO (1999).....	79
5.13 Metodologia para avaliação ambiental de programas de restauração e/ou melhoramento de rodovias – VICENTINI (1999).....	81
5.14 Passivo ambiental e áreas vulneráveis de interesse ambiental – ROMANINI (2000).....	84
5.15 Metodologia do Programa de Recuperação de Rodovias do Estado de São Paulo – DER/SP; BID (2001).....	86
5.15.1 O Programa de Recuperação de Rodovias do Estado de São Paulo.....	86
5.15.2 Caracterização de Passivos Ambientais	87
5.15.3 Classificação de Passivos Ambientais	87
5.15.4 Registro de passivos ambientais e dados sócio-ambientais.....	88
5.16 Sistema de gerenciamento de passivo ambiental com a aplicação de um Sistema de Informação Geográfico – SIG - AUGUSTO FILHO <i>et al.</i> (2002).....	89
6 CONSIDERAÇÕES SOBRE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E A ABORDAGEM DA UNDRO (1991)	91
6.1 Cartografia Geotécnica.....	92
6.1.1 Metodologias analisadas	95
6.2. A Abordagem da UNDRO (1991) e as principais atividades para elaboração de cartas de riscos geológicos associados a escorregamentos	106
6.2.1 Identificação e análise de riscos associados a escorregamentos.....	107
6.2.2 Representação cartográfica dos riscos	110
6.3 Planos Preventivos para escorregamentos	112
6.4 Planejamento para situações de emergências, informações públicas e treinamento.....	115
6.5 Metodologia utilizada para elaboração da Carta de Riscos de Escorregamentos na Rodovia Padre Manoel da Nóbrega.....	117

7 ÁREA PILOTO	119
7.1 Caracterização da rodovia	121
7.1.1 Terraplenagem e geometria	123
7.1.2 Drenagem	129
7.1.3 Pavimento da pista existente	129
7.1.4 Dispositivo de acessos e retornos	131
7.1.5 Obras de Arte Especiais	132
7.1.6 Dispositivos de segurança/obras complementares	133
7.1.7 Tráfego de veículos	134
7.2 Caracterização ambiental preliminar	137
7.2.1 Meio Físico.....	137
7.2.2 Cobertura vegetal	144
7.2.3 Meio antrópico	146
8 SISTEMÁTICA PROPOSTA PARA GESTÃO DE PASSIVOS AMBIENTAIS ASSOCIADOS A ESCORREGAMENTOS EM RODOVIAS	150
8.1 Fase de inventário	152
8.1.1 Planejamento	152
8.2 Fase de investigação	156
8.2.1 Definição das unidades de análise e condicionantes/atributos	156
8.2.2 Trabalhos de cartografia, fotointerpretação, cadastro de escorregamentos, passivos ambientais e elaboração dos mapas temáticos	157
8.3 Fase de análise.....	159
8.3.1 Análise dos condicionantes e atributos	159
8.3.2 Principais tipos de escorregamentos verificados	170
8.3.3 Zoneamento da suscetibilidade a escorregamentos	178
8.3.4 Zoneamento dos danos sociais e econômicos para a ocupação do entorno da rodovia	181
8.3.5 Caracterização dos danos econômicos para a rodovia.....	184
8.3.6 Caracterização dos danos sociais e econômicos para os usuários da rodovia	186
8.3.7 Análise de riscos.....	191
8.4 Fase de síntese	193
8.4.1 Representação cartográfica das áreas de riscos	193
8.4.2 Discussão da Carta de Riscos de Escorregamentos	194
8.4.3 Caracterização dos Passivos Ambientais associados a escorregamentos	196
8.4.4 Classificação dos Passivos Ambientais associados a escorregamentos	197
8.4.5 Gestão dos Passivos Ambientais associados a escorregamentos	198
8.5 Discussão preliminar para implementação de um PPE e um PAEE.....	206
8.5.1 Plano Preventivo e Plano de Atendimento Emergencial de Escorregamentos	206
8.5.2 Implantação, operação e acompanhamento dos Planos	207
8.5.3 Informações públicas e treinamento.....	230
8.6 Atualização do banco de dados dos passivos ambientais	231

9 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS.....	232
9.1 Pesquisa bibliográfica.....	232
9.1.1 Análise e controle dos escorregamentos.....	232
9.1.2 Instrumentos de Gestão Ambiental.....	233
9.1.3 Metodologias relacionadas à Gestão Ambiental de Rodovias.....	235
9.1.4 Metodologias de Cartografia Geotécnica.....	239
9.2 Área piloto e os condicionantes dos escorregamentos.....	244
9.3 Identificação e análise de riscos de escorregamentos.....	247
9.4 Carta de Riscos Associados a Escorregamentos.....	248
9.5 Metodologia utilizada para elaboração da Carta de Riscos de Escorregamentos.....	249
9.6 Passivos ambientais associados a escorregamentos.....	250
9.7 Plano Preventivo e Plano de Atendimento Emergencial de Escorregamentos.....	251
9.8 Sistemática Proposta.....	252
10 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	253
ANEXOS.....	257
ANEXO A Mapa Geológico.....	259
ANEXO B Mapa Geomorfológico.....	261
ANEXO C Ficha Para Levantamento de Passivos Ambientais.....	263
ANEXO D Carta de Declividade.....	266
ANEXO E Carta de Riscos Associados a Escorregamentos da Rodovia Padre Manoel da Nóbrega - Trecho entre Peruíbe e a BR-116.....	268
ANEXO F Protocolo da Auditoria Informal Realizada.....	270
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	275

RELAÇÃO DE QUADROS

CAPÍTULO 01

Quadro 1.1 Acidentes significativos associados a escorregamentos nas escarpas da Serra do Mar no Estado de São Paulo	05
Quadro 1.2 Acidentes significativos associados a escorregamentos ocorridos em fevereiro/2003 em algumas rodovias do Estado de São Paulo.....	05

CAPÍTULO 03

Quadro 3.1 Principais documentos técnicos nas diversas etapas do processo de Avaliação de Impacto Ambiental	21
---	----

CAPÍTULO 04

Quadro 4.1 Processos tecnológicos e do meio físico.....	42
Quadro 4.2 Principais efeitos e impactos ambientais induzidos por empreendimentos rodoviários ao meio físico.....	47

CAPÍTULO 05

Quadro 5.1 Classificação dos problemas.....	62
Quadro 5.2 Cadastramento de áreas degradadas e segmentos homogêneos	62
Quadro 5.3 Levantamento de parâmetros para caracterização da rodovia	65
Quadro 5.4 Determinação de priorização de intervenções	66
Quadro 5.5 IP e nível de intervenção proposta associada	68
Quadro 5.6 Classificação dos fenômenos cadastrados	84

CAPÍTULO 06

Quadro 6.1 Tipos de cartas geotécnicas e seus conceitos.....	93
Quadro 6.2 Definições de termos empregados em mapeamento geotécnico	94
Quadro 6.3 Relação entre escala, finalidades e níveis de informações utilizadas.....	98
Quadro 6.4 Sistemática para desenvolvimento dos estudos e maneiras de obtenção das informações do meio físico.....	99
Quadro 6.5 Sistemática e documentos obtidos na metodologia EINSTEIN (1988)	101
Quadro 6.6 Roteiro a ser observado para elaboração de planos de atendimento à emergências relacionados ao transporte de produtos perigosos	118

CAPÍTULO 07

Quadro 7.1 Alguns pontos críticos de terraplenagem	123
Quadro 7.2 Locais onde foram realizados projetos executivos para implantação de obras de recuperação	126
Quadro 7.3 Locais onde foram realizados projetos executivos para implantação de obras de recuperação	128
Quadro 7.4 Obras de arte especiais existentes ao longo da rodovia.....	133
Quadro 7.5 Distribuição da população nos anos de 1991, 1996 e 2000.....	147

CAPÍTULO 08

Quadro 8.1 Materiais levantados para pesquisa	153
Quadro 8.2 Classificação dos movimentos gravitacionais de massa	154
Quadro 8.3 Condicionantes e atributos investigados para elaboração da carta de riscos de escorregamentos e caracterização dos passivos ambientais.....	156
Quadro 8.4 Postos pluviométricos localizados na região de estudo	164
Quadro 8.5 Ocorrências de acidentes associados a escorregamentos na SP-55.....	166
Quadro 8.6 Subtrechos definidos através da sobreposição dos mapas geológico, geomorfológico e da carta de declividade	179
Quadro 8.7 Síntese do uso e ocupação do solo no entorno da rodovia nos segmentos A, B e C e caracterização da magnitude quanto aos danos socioeconômicos decorrentes de escorregamentos.....	183
Quadro 8.8 Critérios para caracterizar a magnitude quanto aos danos econômicos para rodovia.....	184
Quadro 8.9 Exemplos de danos econômicos para a rodovia.....	185
Quadro 8.10 Exemplos de danos decorrentes da interdição da rodovia.....	187
Quadro 8.11 Exemplos de danos decorrentes dos congestionamentos	188
Quadro 8.12 Grupo de ruídos produzidos pelos veículos e suas fontes.....	188
Quadro 8.13 Determinação da zona livre, em metros, a partir da borda da pista.....	190
Quadro 8.14 Síntese dos resultados obtidos da carta de riscos de escorregamentos	194
Quadro 8.15 Proposta de gestão para os passivos ambientais associados a Escorregamentos na SP-55.....	199
Quadro 8.16 Fases para desenvolvimento de um PPE e um PAEE.....	208
Quadro 8.17 Critérios técnicos para a operação dos Planos	209
Quadro 8.18 Dimensionamentos de “berços” e áreas de segurança para recepção de blocos de acordo com a geometria do talude rochoso	215
Quadro 8.19 Órgãos, entidades de apoio e suas possíveis atribuições.....	223
Quadro 8.20 Formulário para atendimento e registro de ocorrências de escorregamentos	226
Quadro 8.21 Relação preliminar de contato dos participantes a serem acionados nas proximidades da rodovia	229
Quadro 8.22 Recursos materiais que poderão ser disponibilizados pelo DER.....	230

CAPÍTULO 09

Quadro 9.1 Principais aspectos das metodologias analisadas	238
Quadro 9.2 Síntese dos aspectos metodológicos da Cartografia Geotécnica abordados nos quatro simpósios realizados	241

RELAÇÃO DE FIGURAS

CAPÍTULO 03

Figura 3.1 Processo de avaliação de impacto ambiental	20
---	----

CAPÍTULO 05

Figura 5.1 Fluxograma da nova tecnologia de manutenção.....	53
Figura 5.2 Fluxo de atividades para planejamento de obras de estabilização	56
Figura 5.3 Modelo de ficha para o cadastramento dos problemas das rodovias	57
Figura 5.4 Níveis de riscos	58
Figura 5.5 Quadro resumo com a priorização e localização dos problemas.....	58
Figura 5.6 Etapas e atividades desenvolvidas por Riedel et. al (1995)	59
Figura 5.7 Mapa de forma estrutural e de setores de análise.	60
Figura 5.8 Níveis de intervenções propostas	68
Figura 5.9 Parâmetros de caracterização.....	73
Figura 5.10 Parâmetros de decisão.....	74
Figura 5.11 Detalhe da carta para obras viárias.....	79
Figura 5.12 Processo de avaliação ambiental do programa	82
Figura 5.13 Categorias e grupos de passivos ambientais.....	87
Figura 5.14 Tela de opção "viajando na malha" do sistema de consulta ao passivo ambiental em SIG; deslocamento ao longo do sistema e acesso instantâneo à síntese das características de cada ponto do passivo ambiental, incluindo foto do chão.	90

CAPÍTULO 06

Figura 6.1 Fluxograma da metodologia desenvolvida pelo IPT.....	96
Figura 6.2 Principais fases e atividades para elaboração de cartas de riscos de escorregamentos.	103
Figura 6.3 Grupos de atividades para prevenção e redução de acidentes naturais	106

CAPÍTULO 07

Figura 7.1 Mapa de localização do trecho estudado	120
Figura 7.2 Mapa de localização e das Unidades de Conservação Ambiental.....	122
Figura 7.3 Avaliação conjunta para o tráfego total, leve e pesado.....	136
Figura 7.4 Projeção do Incremento de VDM	139
Figura 7.5 Compartimentação tectônica da área	139

CAPÍTULO 08

Figura 8.1 Fases, etapas e atividades contempladas na Sistemática Proposta.....	151
Figura 8.2 Tipos básicos de escorregamentos.....	154
Figura 8.3 Pluviograma das chuvas anuais acumuladas – 1993 a 1999	165
Figura 8.4 Pluviograma das acumuladas médias – 1993 a 1999.....	165
Figura 8.5 Pluviograma das acumuladas mensais – 1993 a 1999.....	165

Figura 8.6 Pluviograma das acumuladas médias mensais – 1993 a 1999	165
Figura 8.7(a-e) Precipitações pluviométricas acumuladas de 1, 2 e 3 dias no mês de março de 1993.....	167
Figura 8.8(a-e) Precipitações pluviométricas acumuladas de 1, 2 e 3 dias no mês de fevereiro de 1994	168
Figura 8.9(a-e) Precipitações pluviométricas acumuladas de 1, 2 e 3 dias no mês de fevereiro de 1996	169
Figura 8.10 Determinação da zona livre em função do VDM, inclinação do talude e velocidade da via	190
Figura 8.11 Distribuição dos passivos ambientais e os riscos associados aos mesmos longo da rodovia.....	200
Figura 8.12 Área de cobertura do radar meteorológico.....	213
Figura 8.13 Localização do Radar Meteorológico de Ponte Nova.....	213
Figura 8.14 Mapa de localização da rota alternativa de tráfego	218
Figura 8.15 Estrutura organizacional proposta para operar o PPE e o PAEE.....	225
Figura 8.16 Fluxograma de acionamento para situações emergenciais.....	227
Figura 8.17 Procedimentos básicos a serem adotados em situações emergenciais.....	228

CAPÍTULO 09

Figura 9.1(a-e) Distribuição dos processos ao longo da rodovia, onde verifica-se a predominância de escorregamentos estruturados	245
--	-----

RELAÇÃO DE FOTOS

CAPÍTULO 01

Foto 1.1 Rodoanel Mário Covas. Verifica-se escorregamento de grande dimensão, moradias em situação de riscos e um volume considerável de materiais mobilizados06

Foto 1.2 Rodoanel Mário Covas. Observam-se materiais mobilizados de uma contenção pré-existente, parte da via interditada e o congestionamento da mesma06

Foto 1.3 Grande escorregamento ocorrido na BR-116-RJ, Rodovia Presidente Dutra. Nota-se que foram destruídas as pistas e que a rodovia ficou totalmente interditada.....06

Foto 1.4 SP-193 – Sem Denominação. Observa-se máquina removendo materiais mobilizados e as cicatrizes de escorregamentos planares. A via ficou interditada por cinco horas no dia 21/02/03.06

Foto 1.5 SP-222 – José Redis. Local onde ocorreu ruptura do aterro da rodovia. Nota-se que o acostamento ficou seriamente comprometido. A via ficou interditada por cinco horas no dia 21/02/03.06

Foto 1.6 Rodovia SP-193 – Sem Denominação. Local onde ocorreu interdição da pista por 36 horas no mês de fevereiro de 2003. Observam-se materiais mobilizados e o talude com solos expostos.06

CAPITULO 04

Foto 4.1 Grande escorregamento ocorrido na rodovia BR-040-RJ.....45

CAPÍTULO 07

Foto 7.1 Corte na faixa de domínio onde observam-se cicatrizes de escorregamentos estruturados e focos erosivos..... 119

Foto 7.2 Início do trecho onde a rodovia atravessa região com declividade quase nula 124

Foto 7.3 Segundo segmento caracterizado por apresentar topografia ondulada..... 124

Foto 7.4 Terceiro segmento. Trecho em serra.....124

Foto 7.5 Trecho em serra, km 380+000. Observa-se a limitação do traçado.....124

Foto 7.6 Pavimento implantado sobre um subleito da planície costeira com deficiência no sistema de drenagem 130

Foto 7.7 Efeito da ausência de drenos de pavimento 130

Foto 7.8 Bueiro tubular simples de concreto no Ribeirão do Alferes..... 130

Foto 7.9 Canaleta retangular de concreto deteriorada junto ao km 385+800 130

Foto 7.10 Acesso ao município de Itariri 132

Foto 7.11 Ponte sobre o rio do Peixe 133

Foto 7.12 Ponte sobre o rio do Azeite 133

Foto 7.13 Mata de encosta, na altura do km 379+000, presente em todo Trecho de serra	145
Foto 7.14 Início do trecho de mata de encosta	145
Foto 7.15 Área de mineração na altura do km 344+500LD.....	147
Foto 7.16 Cultura de subsistência	148
Foto 7.17 Grandes extensões de bananais.....	148

CAPÍTULO 8

Foto 8.1 Queda de blocos rochosos condicionados pelo intenso fraturamento do maciço, 368+700 LE (Lado Esquerdo)	155
Foto 8.2 Cicatriz de escorregamento estruturado, km 378+000 LE (Lado Esquerdo)	155
Foto 8.3 Rolamento de matacão nas proximidades da pista, km 353+100 LE.....	171
Foto 8.4 Rolamento de matacão e matacão imerso no solo de alteração de rocha, km 354+900 LD	171
Foto 8.5 Erosão em ravina e escorregamentos estruturados em corte de elevada inclinação e ausência de drenagem superficial km 353+250 LE.....	173
Foto 8.6 Cicatrizes de escorregamentos estruturados em corte. Observam-se blocos que poderão escorregar devido ao seu isolamento pelas famílias de fraturas.....	174
Foto 8.7 Cicatriz de escorregamento estruturado (em cunha) em solo saprolítico, km 354+600 LD	174
Foto 8.8 Escorregamento no contato solo/rocha, e de lascas de rocha, km 367+100 ao 367+200 LE	176
Foto 8.9 Processo tipo rastejo no talude de encontro da ponte sobre o rio Preto. Observa-se o embarrigamento do talude na parte esquerda da foto, km 349+400.....	177
Foto 8.10 Erosão em ravina acompanhada de escorregamento estruturado, km 353+250 LD	178
Foto 8.11 Erosão em sulco e ravina, km 389+900 LE.....	178
Foto 8.12 Talude com grandes rupturas, placa de sinalização vertical e acostamento comprometidos por materiais decorrentes de escorregamentos, km 360+100 LE.....	186
Foto 8.13 Bloco rochoso comprometendo o acostamento e a zona livre, km 379+500 LD	189
Foto 8.14 Rolamento de grande matacão que atingiu a zona livre, km 353+100 LE.....	189
Foto 8.15 Escorregamento estruturado que atingiu o acostamento e parte das pistas em fevereiro de 2003 levando à interdição da rodovia. Local em situação de risco alto. Observar a proximidade da pista, km 360+200 LE	192
Foto 8.16 Outro exemplo de escorregamento estruturado que atingiu o acostamento e parte das pistas em fevereiro de 2003. Local em situação de risco alto. Observar a proximidade da pista e blocos regulares no pé do talude, km 360+800 LE.....	192

Foto 8.17 Exemplo de passivo ambiental localizado na faixa de domínio pertencente à 1ª Categoria e Grupo I do DER; BID (2001), km 353+100 ao 353+400	197
Foto 8.18 Exemplo de passivo ambiental localizado na faixa de domínio e decorrente da ação de terceiros para retirada de material de empréstimo, km 354+800 LE.....	198
Foto 8.19 Obra de contenção tipo concreto projetado, km 379+500 LD.....	203
Foto 8.20 Obra de contenção com canaletas, drenos horizontais profundos e barbacãs, km 379+000 LE.....	203
Foto 8.21 Cortina atirantada provisória em situação precária, km 379+500 LE.....	203
Foto 8.22 Cortina atirantada	203
Foto 8.23 Pista desativada devido à ocorrência de escorregamentos, km 379+500 LE.....	203
Foto 8.24 Tráfego intenso na serra devido a desativação de uma das pistas, km 379+500 LE.....	203
Foto 8.25 Linha de alta tensão que poderá ser danificada com a evolução dos processos. Verifica-se grande ruptura na parte central da foto, km 353+500 LE.....	205
Foto 8.26 Postes localizados no topo do talude que encontra-se em situação de risco alto associado a escorregamento estruturado, km 353+600 LD	205
Foto 8.27 e 28 Vista do acesso em nível da SP-55 para a Estrada Velha Pedro de Toledo – Miracatu – acesso à Musácea	217
Foto 8.29 Estrada Velha Pedro de Toledo – Miracatu. Verifica-se traçado geométrico com rampas pouco acentuadas e estradas cascalhadas	219
Foto 8.30 Estrada Velha Pedro de Toledo – Miracatu passando pelos vilarejos e paralela à estrada de ferro Sorocabana	219
Foto 8.31 Unidade Básica de Atendimento (UBA) do DER de Pedro de Toledo, localizado no km 373+000 pista direita da SP-55. Verifica-se uma boa infra estrutura quanto dos automóveis de apoio.....	229

RELAÇÃO DE SIGLAS E ABREVIações

AA= Auditoria Ambiental
AAS= Avaliação Ambiental Simplificada
AC= Acre
ABNT= Associação Brasileira de Normas Técnicas
ADA= Avaliação de Desempenho Ambiental
AIA= Avaliação de Impacto Ambiental
APA= Área de Preservação Ambiental
APP= Área de Preservação Permanente
APUD= Citado por
ARA= Análise de Riscos Ambientais
ARTESP= Agência Reguladora de Serviços Públicos Delegados de Transportes de São Paulo
BA= Bahia
BASE= BASE Aerofotogrametria e Projetos S/A
BID= Banco Interamericano de Desenvolvimento
BIRD= Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento
BM= Banco Mundial
BR= Brasil
BSI= British Standard Institute
CBR= California Bealin Ratio
CBUQ= Concreto Betuminoso Usinado a Quente
CCO= Centro de Controle Operacional
CEDEC= Coordenadoria Estadual de Defesa Civil
CETESB= Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CIT= Companhia de Infra-Estrutura de Transportes
CO= Concorrência
CONAMA= Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONCREMAT= CONCREMAT Engenharia e Tecnologia S/A
CONDEPHAAT= Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico do Estado de São Paulo
COMDEC= Comissão Municipal de Defesa Civil
CONSEMA= Conselho Estadual do Meio Ambiente
CPC= Coeficiente de Precipitação Crítica
CPTEC= Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
DAEE= Departamento de Águas e Energia Elétrica
DAIA= Departamento de Impacto Ambiental
DEPRN= Departamento de Proteção dos Recursos Naturais
DER= Departamento de Estradas de Rodagem
DERSA= Desenvolvimento Rodoviário S/A
DHP= Dreno Horizontal Profundo
DNER= Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DR= Divisão Regional

ENGEORPS= ENGEORPS Corpo de Engenheiros Consultores Ltda
ENGEO= ENGEO Consultoria e Projetos S/C Ltda
EIA= Estudo de Impacto Ambiental
EMEF= Escola Municipal de Ensino Fundamental
EPE= Environmental Performance Evaluation
EPI= Equipamento de Proteção Individual
EUA= Estados Unidos da América
FCTH= Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica
FEPASA= Ferrovia Paulista S/A
GASP= Geotechnical Area Studies Programme
GO= Goiás
H= Horizontal
HDM= Highway Development and Management
IAEG= International Association of Engineering Geology and the Environment
IBGE= Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE= Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IN SITU= no mesmo, no local
IP= Índice de Prioridade
IPA= Investigação de Passivo Ambiental
IPT= Instituto de Pesquisas Tecnológicas
IR= Índice de Risco
ISO= International Union of Geological Sciences
IT= Índice Técnico
ITESP= Instituto de Terras do Estado de São Paulo
ITP= Índice Técnico Preliminar
LA= Licenciamento Ambiental
LD= Lado Direito
LE= Lado Esquerdo
LENC= Laboratório de Engenharia e Consultoria Ltda
LI= Licença de Instalação
LO= Licença de Operação
LP= Licença Prévia
MCE= Memorial de Caracterização do Empreendimento
MCT= Mapa de Classificação dos Terrenos
MG= Minas Gerais
MP= Material Particulado
NBR= Norma Brasileira
NEPA= National Environmental Policy Act
OAE= Obras de Arte Especiais
ONU= Organização das Nações Unidas
PAE= Plano de Atendimento à Emergências
PAEE= Plano de Atendimento Emergencial de Escorregamentos
PBA= Plano Básico Ambiental
PCA= Plano de Controle Ambiental

PLANEG= Planejamento, Engenharia e Geologia S/C
PMVS= Painéis de Mensagens Variáveis
PP= Planos Preventivos
PPDC= Planos Preventivos de Defesa Civil
PPE= Plano Preventivo de Escorregamentos
Pr= Probabilidade
PR= Paraná
PRAD= Plano de Recuperação de Áreas Degradadas
PRR/SP= Programa de Recuperação de Rodovias do Estado de São Paulo
PT= Parecer Técnico
QRA= Quantitative Risk Assessment
RAA= Relatório de Avaliação Ambiental dos Projetos da Amostra
RAD= Recuperação de Áreas Degradadas
RAP= Relatório Ambiental Preliminar
RCA= Relatório de Controle Ambiental
REDEC= Coordenadoria Regional de Defesa Civil
RFSA= Rede Ferroviária S/A
RIMA= Relatório de Impacto Ambiental
RJ= Rio de Janeiro
SA= Supervisão Ambiental
SAC= Sistema de Administração de Conservação
SAISP= Sistema de Alerta à Inundações
SBCG= Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica
SC= Santa Catarina
SC= Secretaria da Cultura
SEADE= Sistema Estadual de Análise de Dados
SGA= Sistema de Gestão Ambiental
SIG= Sistema de Informação Geográfico
SISNAMA= Sistema Nacional do Meio Ambiente
SMA= Secretaria do Meio Ambiente
SP= São Paulo
SPT= Standard Penetration Test
SUDELPA= Superintendência de Desenvolvimento do Litoral Paulista
TDR= Termo de Referência
TRADE= Tratamento de Dados Estruturais
UBA= Unidade Básica de Atendimento
UNDRO= United Nations Disasters Relief Co-Ordinator
USP= Universidade de São Paulo
V= Vertical
VDM= Volume Diário Médio
VETEC= VETEC Engenharia Ltda
VIAOESTE= Concessionária de Rodovias do Oeste de São Paulo S/A
ZERMOS= Zones Exposed to Risks of Soil Movements

Capítulo 01

Introdução

As rodovias desempenham papel fundamental nos programas de desenvolvimento do País. Entretanto, a forma como foram implantadas e operadas provocaram muitos impactos negativos no meio ambiente, tais como perda de solos por erosão, escorregamentos e alteração da qualidade de mananciais. Os impactos negativos constituem passivos com que os órgãos rodoviários se defrontam, cujas implicações ultrapassam os aspectos técnicos diretamente relacionados ao tratamento das áreas afetadas. Assim, por exemplo, a investigação e a correção de passivos ambientais têm constado das exigências feitas pelas instituições internacionais de financiamento para a concessão de empréstimos (GALVES; AVO 1999).

De acordo com ROCHA; ROCHA (1999), um sistema rodoviário, seja uma única rodovia ou um conjunto de rodovias, constitui-se muito mais do que um projeto de engenharia rodoviária, de um plano de governo ou mesmo de um órgão rodoviário. Este sistema abrange muitas atividades que resultam em geração, transformação, acúmulo de energia e matéria. O mesmo possui processos com possibilidade de modificar as características intrínsecas dos sistemas naturais, interferir na sua dinâmica e causar desequilíbrio.

Na medida que os projetos de engenharia são desenvolvidos com os cuidados necessários, introduzindo-se a variável ambiental e seus atributos em todas as suas fases, o resultado tende a ser uma interação equilibrada, com níveis menos degradantes da qualidade ambiental. No entanto, quando a interação é deficitária, como obras ineficientes, mal dimensionadas ou mesmo aquelas não previstas, implica em sistemas mais suscetíveis, com manifestações em escalas diversas, como por exemplo, os escorregamentos em taludes de cortes e aterros e as erosões incidentes sobre os mesmos.

Segundo BELLIA; SANTOS (1998), com a prioridade dada nos últimos anos à conservação e recuperação de malhas viárias existentes, observou-se que elas acumulam um passivo ambiental elevado envolvendo, inclusive, rodovias construídas mais recentemente já sob as condições estabelecidas nos Estudos de Impactos Ambientais (EIA) e nos Projetos de Controle Ambiental (PCA).

Este passivo ambiental é derivado não apenas da qualidade original da construção (não recuperação de áreas degradadas pelas obras, projetos incompletos entre outras), mas também da deficiência da conservação rodoviária, da ação intempérica e de sinergias entre a estrada e seus componentes, com o uso da terra vizinha. Em geral, as interferências urbanas derivam desta sinergia, à medida que a simples presença da estrada atrai a ocupação urbana de suas margens, tanto em função da maior facilidade de deslocamento, como das oportunidades de negócios que são oferecidas.

Áreas de apoio também configuram importantes e freqüentes focos de efeitos adversos após a conclusão das obras. O tratamento ambiental mais adequado ou, a inexistência dos mesmos deixa as áreas à disposição da atuação dos processos naturais (ROCHA; ROCHA, 1999).

Vários trabalhos realizados no Estado de São Paulo, bem como em outros estados brasileiros (ROCHA; ROCHA, 1999; VICENTINI, 1999; ROMANINI, 2000; DER/SP; BID, 2001) mostraram que grande parte dos passivos ambientais está relacionada aos movimentos gravitacionais de massa^{1.1}, tanto em taludes naturais como em taludes de corte e aterro, e à falta de manutenção durante as várias fases de vida de uma rodovia.

Segundo ALMEIDA *et al.* (1998), o Brasil gasta cerca de R\$ 500 milhões por ano somente em congestionamentos. A parcela mais significativa deste montante advém do estrangulamento das vias públicas diante do número crescente de veículos nos centros urbanos de importantes cidades como São Paulo e Rio de Janeiro. Entretanto, os congestionamentos com maior intensidade são justamente aqueles originados em situações atípicas, principalmente por ocasião de fortes chuvas de verão que provocam inundações e instabilizações em encostas cortadas pelas vias.

^{1.1} Os movimentos gravitacionais de massas serão genericamente chamados de escorregamentos neste trabalho. No entanto, quando se tratar de um processo ou processos específicos, estes serão mencionados.

Segundo ROMANINI (2000), a densidade atual de rodovias nos países da América Latina está muito abaixo daquela dos países industrializados^{1,2} mas, assim mesmo, os números são expressivos. De acordo com PREUSSLER (1998), o sistema rodoviário Nacional é composto por uma rede de estradas de aproximadamente 1.500.000 km, respondendo pela circulação de 60% de cargas e 95% do transporte de passageiros. REIS (1996) *apud* ROMANINI (2000), afirmou que no Brasil, existem mais de 55.000 km de rodovias federais pavimentadas, em São Paulo, são aproximadamente 5.000 km de rodovias principais pavimentadas, às quais se interligam aproximadamente outros 25.000 km de rodovias estaduais e vicinais pavimentadas, isto sem contar os mais de 200.000 km de rodovias municipais.

Vários autores mencionam que apesar da importância das rodovias no desenvolvimento de um País, as preocupações com os impactos ambientais causados pelas mesmas e a incorporação da variável ambiental nos projetos rodoviários, só ocorreram no final da década de 70 nos países desenvolvidos e início da década de 90 nos países da América Latina em geral e, em específico no Brasil e Estado de São Paulo (WAY, 1977; GIL, 1992). Segundo REIS (1996), até o final da década de 70, a única preocupação com a questão ambiental dos órgãos rodoviários do Estado de São Paulo, se resumia ao paisagismo e à recomposição da vegetação dos taludes.

Atualmente alguns fatores têm desempenhado um papel importante na incorporação da variável ambiental em projetos rodoviários da América Latina, entre eles, a pressão da sociedade, os aspectos institucionais e, principalmente, a atuação de agências de financiamento multilateral, como o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) e o Banco Mundial (BM), que exigem dos órgãos governamentais, responsáveis pelo setor rodoviário, a institucionalização de unidades organizacionais de meio ambiente.

De acordo com ROMANINI (2000), o Brasil não tem ainda uma política ambiental para o setor de transportes, com princípios e procedimentos claramente definidos. Isto se deve, principalmente, ao fato de que só recentemente, pressionado pelo aprimoramento institucional e pela pressão exercida pelas agências de financiamento multilateral, é que a variável ambiental começou a ser incorporada nos projetos rodoviários. Outro fator relevante é que as instituições de pesquisa e universidades brasileiras, a exemplo do que ocorre na maioria dos países têm dado pouca atenção a ecologia de rodovias.

^{1,2} Os Estados Unidos têm uma rede rodoviária pavimentada 27 vezes maior que a brasileira e sua população é somente 66% maior que a do Brasil (BRANCO, 1999 *apud* ROMANINI, 2000).

Através da pesquisa realizada, observou-se que algumas soluções para mitigação de impactos ambientais em rodovias têm sido adotadas desde o início da década de 70, destacando-se as metodologias para o gerenciamento de problemas relacionados aos escorregamentos que afetam rodovias em operação, os programas de Concessões e o Programa de Recuperação de Rodovias do Estado de São Paulo^{1.3}. Regulamentação para transporte de cargas perigosas, estabelecimento dos níveis de ruídos para carros novos e importados, redução do índice de chumbo e aumento da porcentagem de álcool na gasolina, foram outras medidas adotadas e que têm contribuído para a melhoria ambiental das rodovias brasileiras.

Segundo ROMANINI (2000), nos últimos anos, devido à retomada dos investimentos no setor rodoviário, e ao processo de concessão de rodovias, as medidas de mitigação de impactos estão se tornando mais freqüentes. Ressalta-se, no entanto, que grande parte das medidas adotadas no Brasil é copiada dos países industrializados, e ainda sem estudos conclusivos que comprovem eficiência de tais medidas como, por exemplo, os refletores especiais para evitar atropelamentos de fauna (BARLOW, 1997; REEVE; ANDERSON, 1993; SCHAFFER; PENLAND, 1985, *apud* ROMANINI, 2000) e passagens de fauna (SETRA, 1993d; FEMÁNDEZ; REDONDO, 1992; CLEVINGER, 1997b *apud* ROMANINI, 2000).

Efetuada-se uma analogia com as observações de ROMANINI (2000), nota-se também que as medidas de mitigação de impactos e passivos ambientais associados a escorregamentos envolvem na grande maioria das vezes intervenções estruturais após a ocorrência do processo, não identificando-se medidas preventivas. Assim, é freqüente nos períodos chuvosos ocorrências de acidentes associados a escorregamentos em rodovias que provocam interdição das pistas (QUADROS 1.1 e 1.2 e FOTOS 1.1 a 1.6), exigem atendimentos emergenciais para desvio do tráfego, remoção dos materiais movimentados e recuperação dos taludes rompidos. Esses fatores geram muitos impactos negativos ao meio ambiente como, conflitos com os usuários das rodovias, perdas de solo, alteração da paisagem, danos à flora e fauna entre outros.

^{1.3} O Programa de Recuperação de Rodovias do Estado de São Paulo visa implantar melhorias em cerca de 1.200 km de rodovias sob jurisdição do DER/SP, de modo a dotá-las de condições adequadas de trafegabilidade e segurança, necessárias para melhorar a eficiência dos setores produtivos, reduzir o custo do transporte e contribuir para a maior competitividade dos produtos paulistas no mercado nacional e internacional.

QUADRO 1.1 Acidentes significativos associados a escorregamentos nas escarpas da Serra do Mar no Estado de São Paulo.

ANO	LOCALIZAÇÃO	PREJUÍZOS
Vários anos (desde 1952)	Via Anchieta, cota 95 e cota 500	interrupção do tráfego e danos à via
1971	Serra de Caraguatatuba	interrupção do tráfego e danos à via
1975	Paranapiacaba, RFSA, próximo à cota 650 m	interrupção do tráfego
1977	FEPASA trecho Evangelista de Souza Samaritá, km 74, 79 e 80	interrupção do tráfego
Fev. 1994	Rodovia Mogi-Bertioga, SP-98	interrupção do tráfego e danos à via
Fev. 1994	Rodovia Caminho do Mar, SP-148	interrupção do tráfego e danos à via
Fev. 1996	Rodovia Oswaldo Cruz	interrupção do tráfego, danos diversos com ruptura de inúmeros taludes de corte, encostas e aterros
Fev. 1996	Rodovia dos Tamoios	interrupção da via, danos diversos com ruptura de inúmeros taludes de corte, encostas e aterros
Dez. 1999	Rodovias Anchieta e Imigrantes, km 42 e 41 + 700	interdição parcial da pista Sul da Via Anchieta

Fontes: AUGUSTO FILHO (1994); MARTINEZ (1999)

QUADRO 1.2 Acidentes significativos associados a escorregamentos ocorridos em fevereiro/2003 em algumas rodovias do Estado de São Paulo.

DATA	LOCALIZAÇÃO	PREJUÍZOS
Fevereiro/2003 (as interdições das pistas ocorreram na madrugada do dia 21/02/2003)	SP-222 (Pariqueraçu – Jacupiranga)	12 ocorrências significativas em aproximadamente 13 km com interdição das pistas por 5 horas e danos à vegetação
	SP-193 (Jacupiranga – Eldorado)	9 ocorrências significativas em aproximadamente 24 km com interdição das pistas por 5 horas e danos à vegetação
	SP-193 (Jacupiranga – Cananéia)	25 ocorrências significativas em aproximadamente 20 km com interdição das pistas por 36 horas e danos à vegetação. Em alguns locais ocorreu interdição parcial da pista.
	SP-55 (km 360+000 ao 363+000)	3 ocorrências significativas em aproximadamente 3 km com interdição das pistas por 5 horas e danos à vegetação
Fevereiro/2003	Rodoanel Mário Covas (Lote Oeste, aproximadamente no km 11+000)	1 ocorrência significativa com interdição de 3 pistas, danos à obra de contenção existente no local e moradias em situação de risco

Fonte: Elaborado pela Autora/2004



FOTO 1.1 Rodoanel Mário Covas. Verifica-se escorregamento de grande dimensão, moradias em situação de riscos e um volume considerável de materiais mobilizados.



FOTO 1.2 Rodoanel Mário Covas. Observam-se materiais mobilizados de uma contenção pré-existente, parte da via interditada e o congestionamento da mesma.



FOTO 1.3. Grande escorregamento ocorrido na BR-116-RJ, Rodovia Presidente Dutra. Nota-se que foram destruídas as pistas e que a rodovia ficou totalmente interditada. Fonte: LUCAREVSCHI (1993).



FOTO 1.4 SP-193 – Sem Denominação. Observa-se máquina removendo materiais mobilizados e as cicatrizes de escorregamentos planares. A via ficou interditada por cinco horas no dia 21/02/03.



FOTO 1.5 SP-222 – Rodovia José Redis. Local onde ocorreu ruptura do aterro da rodovia. Nota-se que o acostamento ficou seriamente comprometido. A via ficou interditada por cinco horas no dia 21/02/03.

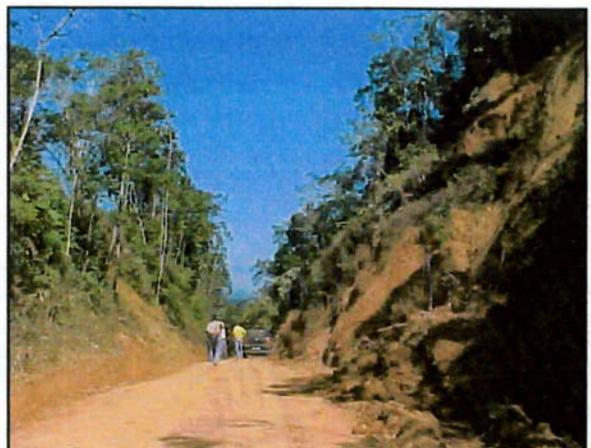


FOTO 1.6 SP-193 – Sem denominação. Local onde ocorreu interdição da pista por 36 horas no mês de fevereiro de 2003. Observam-se materiais mobilizados e o talude com solos expostos.

Do anteriormente exposto, verifica-se que é consenso entre vários autores que as rodovias desempenham importante papel para o desenvolvimento do País; os impactos ambientais negativos são conseqüência de diferentes fatores durante as várias fases de vida do empreendimento (inclusive a falta de manutenção); estes impactos representam importantes passivos ambientais com que os órgãos rodoviários têm convivido; grande parte dos passivos ambientais está relacionada com impactos causados por movimentos gravitacionais de massa e que as várias instituições internacionais de financiamento têm exigido a incorporação da variável ambiental em projetos rodoviários para concessão de empréstimos.

Fica claro que muitos são os atributos peculiares a estes empreendimentos, e que os mesmos têm que se adequar à política ambiental vigente de forma a evitar os impactos negativos, corrigir e fazer gestão sobre os passivos ambientais existentes e ampliar a utilização de técnicas preventivas.

Neste contexto, verificando-se a problemática dos passivos e danos ambientais associados a escorregamentos e a necessidade de técnicas para a gestão ambiental de rodovias, desenvolveu-se uma Sistemática para Gestão de Passivos Ambientais Associados a Escorregamentos, apoiada nos fundamentos da Cartografia Geotécnica, na abordagem da *UNDRO* (1991) para prevenção e redução de acidentes naturais e nos Instrumentos de Gestão Ambiental atualmente praticados.

Capítulo 02

Objetivos e estrutura da pesquisa

O objetivo central deste trabalho foi desenvolver uma Sistemática para cadastramento, classificação, hierarquização e acompanhamento de passivos e danos ambientais (Gestão de Passivos Ambientais) associados a escorregamentos em rodovias. Para atingir o objetivo proposto a Pesquisa foi estruturada em grandes etapas, com atividades específicas, que deram origem aos capítulos da Tese que abordam os fundamentos, desenvolvimento da Sistemática, sua aplicabilidade, os resultados obtidos da pesquisa realizada, as conclusões e recomendações.

Assim, no Capítulo 03 apresenta-se uma breve discussão sobre alguns instrumentos de gestão ambiental, com ênfase àqueles que atualmente são ou poderiam ser aplicados aos empreendimentos rodoviários.

Considerações sobre a Legislação Ambiental do Brasil e do Estado de São Paulo; natureza das intervenções rodoviárias do DER/SP e caracterização dos principais impactos ambientais gerados pelas rodovias ao meio físico, são tratados no Capítulo 04.

No Capítulo 05 são apresentados estudos sobre as metodologias, técnicas e sistemáticas utilizadas para gestão de problemas associados a escorregamentos e processos correlatos em rodovias, verificando-se as dificuldades e deficiências das mesmas em especial as propostas para gestão de passivos ambientais.

Avançando no sentido de elaborar a sistemática proposta, as metodologias, técnicas e sistemáticas utilizadas para gestão dos problemas associados a escorregamentos, utilizando-se a cartografia geotécnica, a abordagem da *UNDRO* (1991) e dos Planos Preventivos de Defesa Civil – PPDC, foram agrupados no Capítulo 06. A metodologia para elaboração da Carta de Riscos de Escorregamentos na área piloto, também é apresentada no referido capítulo.

No Capítulo 07 apresenta-se a caracterização da área piloto, com a descrição dos componentes básicos da Rodovia Padre Manoel da Nóbrega e o meio onde a mesma está inserida.

No Capítulo 08 apresenta-se a Sistemática Proposta e sua aplicação na SP-55, compreendendo: cadastramento e classificação dos passivos ambientais associados a escorregamentos; elaboração dos mapas temáticos e da carta de riscos de escorregamentos; hierarquização dos passivos ambientais associados a escorregamentos (tendo como princípio os fundamentos da Cartografia Geotécnica, da abordagem da *UNDRO* (1991) e dos Instrumentos de Gestão Ambiental); Auditoria Informal com o técnico do Departamento de Estradas e Rodagem/SP e discussão sobre a implantação de um Plano Preventivo de Escorregamentos (PPE) e um Plano de Atendimento Emergencial de Escorregamentos (PAEE) na área piloto.

A Discussão dos resultados obtidos é tratada no Capítulo 09.

Finalmente, no Capítulo 10 são apresentadas as Conclusões e recomendações.

Capítulo 03

Instrumentos de Gestão Ambiental

São vários os Instrumentos de Gestão Ambiental^{3.1} atualmente praticados. SÁNCHEZ (1994), lembra que eles podem ser discutidos ao nível de políticas de governo e ao nível empresarial. No primeiro caso, é citado o estabelecimento de normas e padrões ambientais, o planejamento e o zoneamento ambiental, instrumentos econômicos (como taxas e multas) e penalidades administrativas, civis e criminais. Quanto aos instrumentos de gestão ao nível das empresas, é lembrado que estes são definidos em função dessas políticas governamentais, das demandas e pressões da opinião pública, da comunidade e de consumidores, e das condições de mercado.

Neste último caso, são citados como os principais instrumentos disponíveis e aplicados: a Avaliação de Impacto Ambiental, Análise de Riscos, “*due diligence*” (investigação para se determinar algum passivo ambiental), Auditoria Ambiental, Monitoramento Ambiental, Programas de Medidas Emergenciais, Remediação e Recuperação Ambiental, Programas de Comunicação, e outros que possam decorrer de cada um destes ou de suas combinações. A estes, pode ser agregado como componente gerencial o Seguro Ambiental (POLIDO *et al.* 1993) cuja apólice oferece cobertura para poluição gradual, poluição súbita, contenção de sinistro iminente, e despesas com a defesa do segurado.

^{3.1} SÁNCHEZ (1991), propõe como uma possível definição de gerenciamento, gestão ou administração ambiental “o conjunto de operações, técnicas e atividades gerenciais que visam assegurar que o empreendimento opere dentro dos padrões legais ambientais exigidos, minimize seus impactos ambientais e atenda a outros objetivos empresariais, como manter um bom relacionamento com a comunidade. A gestão ambiental deve garantir o bom desempenho (“*performance*”) ambiental do empreendimento”. Segundo BITAR (2001), os termos correlacionáveis à expressão gestão ambiental, variam de acordo com o campo do conhecimento técnico-científico no qual se fundamentam os métodos e técnicas correspondentes ou mesmo do setor econômico em que se aplicam. Empregam-se os termos gestão, gerenciamento, administração e manejo ambiental, geralmente, com o mesmo significado.

No sentido da organização dos vários instrumentos e da eficácia de seus resultados, tem-se trabalhado atualmente com o conceito de Sistema de Gerenciamento Ambiental. De acordo com FORNASARI FILHO (1995), este foi inicialmente tratado em normas técnicas britânicas (BSI, 1992), sendo posteriormente adaptado às normas internacionais da série ISO 14000 (ISO, 1994).

No caso de rodovias embora se reconheça a grande importância destes empreendimentos à comunidade, sabe-se que os mesmos trazem impactos negativos diretos e indiretos, ao meio ambiente. Sabe-se também que a implantação e/ou ampliação de rodovias não se restringe à obra propriamente dita, mas, implica na verificação de todos os impactos nos meios físico, biótico e antrópico, gerados inclusive por outras atividades a ela associadas. Além disso, após a implantação e/ou ampliação de rodovias, a variável ambiental também deve ser considerada na fase de operação.

Neste contexto, e de acordo com GALVES (1998), um empreendimento rodoviário deve ser regido segundo um sistema estruturado que considere, integre e articule todos os elementos ligados à questão ambiental, em todas as atividades e operações que o caracterizem garantindo assim, um desempenho eficaz e atendimento aos requisitos ambientais.

Segundo ROMANINI (2000), inicialmente os órgãos rodoviários e as agências governamentais de meio ambiente, priorizaram os Estudos de Impacto Ambiental, como instrumento de incorporação da variável ambiental nos grandes projetos de infra-estrutura. No entanto, atualmente outros instrumentos, como Avaliação Ambiental Estratégica, Avaliação de Desempenho Ambiental, Auditoria Ambiental e Sistema de Gestão Ambiental, passaram a ser exigidos pelos órgãos ambientais governamentais e, principalmente, pelas agências de financiamentos multilaterais, devido à ocorrência de alguns eventos importantes como a publicação das normas internacionais da Série 14.000.

Dessa forma, neste capítulo apresenta-se uma breve discussão sobre alguns instrumentos de gestão ambiental, com ênfase aos instrumentos que atualmente são, ou poderiam, ser aplicados aos empreendimentos rodoviários.

3.1 Sistema de Gestão Ambiental - SGA

É consenso entre as diversas categorias profissionais que cada vez mais aumentam as preocupações com a manutenção e a melhoria da qualidade do meio ambiente. Assim, as organizações têm crescentemente voltado suas atenções para os potenciais impactos de suas atividades, produtos e serviços, pois o desempenho ambiental possui importância cada vez maior para as partes interessadas, internas e externas. Alcançar um desempenho ambiental consistente requer comprometimento organizacional, uma abordagem sistemática e o aprimoramento contínuo.

Neste sentido, o SGA é uma ferramenta que facilita a organização alcançar, e sistematicamente controlar o nível de desempenho ambiental por ela estabelecido, pois fornece um processo estruturado para o alcance da melhoria contínua, cujo ritmo será determinado pela organização e é essencial para assegurar a conformidade com os requerimentos nacionais e/ou internacionais.

Para sua implantação existem as diretrizes da norma ISO 14.001 que (TIBOR; FELDMAN, 1996; SEMA, 1998 *apud* ROMANINI, 2000) especificam os elementos de um SGA e oferecem ajuda prática para sua implantação ou aprimoramento. Elas também fornecem auxílio às organizações no processo de efetivamente iniciar, aprimorar e sustentar o SGA.

As primeiras normas aprovadas, ISO 14.001 e 14.004 (Sistema de Gestão Ambiental), foram publicadas internacionalmente em 1996. No mesmo ano, seguiram-se as normas ISO 14.010, 14.011 e 14.012 de Auditoria Ambiental. Posteriormente, foram publicadas as ISO 14.031 e 14.032, que tratam da avaliação de desempenho ambiental. A partir das publicações internacionais iniciou-se, no Brasil, o processo de tradução e votação na Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), para transformá-las em normas brasileiras, tendo sido publicadas as normas NBR ISO 14.001, 14.004, 14.010, 14.011, 14.012, 14.015, 14.021, 14.024, 14.031 entre outras (ROMANINI, 2000 e ABNT, 2004).

O Sistema de Gestão Ambiental baseado na NBR ISO 14.001 (ABNT, 1996a), a semelhança das normas da série ISO 9.000, está apoiado em três pilares principais, ou seja: (1) o comprometimento da alta administração da empresa; (2) o melhoramento contínuo (através dos ciclos de aperfeiçoamento) e (3) a abordagem do sistema (REIS, 1995; ABNT, 1996b).

Na verdade, a ISO 14.001 compartilha inúmeros princípios gerenciais com a ISO 9.000 e, recomenda que as organizações que já tenham um Sistema de Qualidade implantado façam adaptações no mesmo para utilizá-lo como base para um Sistema de Gestão Ambiental (GILBERT, 1995; REIS, 1995; TIBOR; FELDMAN, 1996; MAIMON, 1999 *apud* ROMANINI, 2000).

No meio rodoviário nacional, o Departamento Nacional de Estradas de Rodagem em 1999 identificando a necessidade de estabelecer diretrizes específicas para a área de meio ambiente e de disseminar internamente a cultura ambiental, constituiu uma Comissão composta por servidores do DNER para analisar e definir o Sistema de Gestão Ambiental a ser desenvolvido pelo seu Serviço de Estudos Rodoviários e Ambientais da Divisão de Estudos e Projetos (DE JORGE 2002 *in* CONCREMAT, LENC, ENGEIO, 2001).^{3.2}

Posteriormente, no ano de 2000, aprovou a Política Ambiental do Órgão e seu respectivo Sistema de Gestão, e resolveu, por meio da Instrução de Serviço DNER nº 16/00/2000, determinar a todas as Unidades do DNER o cumprimento da Política Ambiental aprovada.

Com relação à gestão ambiental do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo (DER/SP), a mesma conta com a atuação da Assessoria Ambiental vinculada à Diretoria de Engenharia, que é a responsável pela condução de todos os aspectos técnicos relacionados à execução dos Projetos Executivos de obras rodoviárias e a respectiva supervisão técnica e ambiental das obras. Esta Assessoria vem desenvolvendo todas as tarefas relativas ao tema, das quais se destacam:

- ✓ o Licenciamento Ambiental dos empreendimentos do DER/SP;
- ✓ o atendimento às exigências da Secretaria do Meio Ambiente (SMA), do Ministério Público e demais órgãos intervenientes no licenciamento de empreendimentos existentes e o acompanhamento e apoio à SMA nas vistorias realizadas durante o processo de licenciamento;
- ✓ a preparação e revisão de Termos de Referência para contratação de serviços na área ambiental;
- ✓ a análise e aceitação dos produtos (RAP, EIA/RIMA, PBA e outros) elaborados por contratadas;

^{3.2} Informações obtidas da Concorrência Pública Internacional nº 001/01-CI. Consórcio CONCREMAT, LENC, ENGEIO.

- ✓ a realização de vistorias em rodovias existentes e obras em execução para apoiar os setores responsáveis no encaminhamento correto de questões relacionadas a pendências com órgãos de fiscalização ambiental;
- ✓ a participação em comissões e grupos de trabalho para a regulamentação ambiental das obras do setor.

A reestruturação em estudo para a Secretaria de Estado dos Negócios dos Transportes do Governo do Estado de São Paulo prevê que as funções e atividades desenvolvidas pelo DER/SP deverão ser absorvidas pela Companhia de Infra-Estrutura de Transportes (CIT) que será a empresa pública responsável pela expansão e operação dos sistemas de transportes sob administração do Estado (multimodal).

A sua criação não prevê a extinção do DER/SP, mas sim a reforma organizacional, reestruturação patrimonial e relocação do quadro de pessoal. O momento de reestruturação favorece a implantação de um Sistema de Gestão Ambiental, com a definição de uma política ambiental e da formalização na estrutura organizacional do órgão de uma área ambiental.

Utilizando alguns aspectos ambientais do sistema rodoviário administrado pela Concessionária de Rodovias do Oeste de São Paulo S/A (VIAOESTE), e eventos classificados como passivo ambiental ROMANINI (2000), propôs um modelo de SGA, baseado na NBR ISO 14.001, visando prevenir e mitigar os impactos ambientais decorrentes da operação das rodovias SP-270 - Rodovia Raposo Tavares, SP-280 - Rodovia Castelo Branco e SP-075 - Rodovia Senador José Ermírio de Moraes, bem como mitigar o passivo ambiental, do qual alguns eventos são remanescentes da época da construção das mesmas.

3.2 Licenciamento Ambiental - LA

O LA é um procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou aquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso (Resolução CONAMA, 237/1997).

No Brasil, o licenciamento ambiental foi regulamentado pela Lei Federal 6938/81, que estabeleceu a Política Nacional de Meio Ambiente. A partir daí a Avaliação de Impacto Ambiental-AIA, está vinculada ao licenciamento, tendo sido estabelecidos os tipos de licenças a serem expedidos, bem como o órgão público responsável nas esferas estadual e federal (MARQUES *et al*, 1998).

As licenças ambientais previstas na legislação constituem: a Licença Prévia (LP), requerida com base na elaboração do RAP ou EIA/RIMA e correspondente à etapa de planejamento do empreendimento, que subsidia a avaliação de sua viabilidade ambiental; a Licença de Instalação (LI), requerida previamente à etapa de implantação do empreendimento e possibilitando a liberação das frentes de obra; a Licença de Operação (LO), correspondente à etapa de operação do empreendimento, que atesta a regularidade legal do mesmo mediante a comprovação da implementação das medidas ambientais compromissadas no processo de licenciamento ambiental (DER/SP; BID, 2001).

As estradas de rodagem com duas ou mais faixas de rolamento foram consideradas, na Resolução nº 001/1986 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), como empreendimentos sujeitos ao licenciamento prévio por meio de Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), tendo sido reiteradas na Resolução CONAMA nº 237 de 1997 (que introduz, entretanto, outras categorias de estudos além do EIA/RIMA, para atender à diversidade de atividades e distintas complexidades ambientais das intervenções) que “*caberá ao órgão ambiental competente definir os critérios de exigibilidade, o detalhamento e complementação do elenco relacionado na mesma, levando em consideração as especificidades, os riscos ambientais, o porte e outras características do empreendimento ou atividade*” (DER/SP; BID, 2001).

Em conformidade com as disposições legais do plano federal, particularmente a Resolução CONAMA 001/86, a Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SMA/SP) elaborou Manual de Orientação para Estudos de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), para intervenções de maior porte e complexidade, envolvendo, em geral, a implantação de novas rodovias e duplicações em áreas ambientalmente sensíveis com potencial de significativa degradação ambiental (DER/SP; BID, 2001).

Dado que a exigibilidade desses instrumentos abrange uma gama de intervenções com distintos graus de interferências ambientais, o órgão ambiental estadual, antecipando-se à Resolução CONAMA 237/97, instituiu, mediante a Resolução SMA 42/94, a elaboração de instrumento preliminar ao EIA/RIMA^{3.3}: o Relatório Ambiental Preliminar (RAP), que visa avaliar previamente a significância dos impactos ambientais e agilizar os procedimentos do licenciamento ambiental, podendo dispensar a preparação do EIA/RIMA de projetos cujos impactos ambientais sejam pouco significativos (DER/SP; BID, 2001).

Avançando neste mesmo sentido e em observância à Resolução CONAMA 237/97, a SMA/SP expediu em 01/12/98, especificamente para o setor rodoviário, a Resolução SMA/81, que dispõe sobre o licenciamento ambiental em intervenções destinadas à conservação e melhorias de rodovias e sobre o atendimento de emergências decorrentes do transporte rodoviário de produtos perigosos.

Assim sendo, de maneira geral, no Estado de São Paulo, em virtude da Resolução SMA-42/94, o licenciamento ambiental inicia-se com a apresentação do RAP (Relatório Ambiental Preliminar), que deverá contemplar, dentre outros aspectos a justificativa do empreendimento, concepção do projeto, diagnóstico ambiental da área de influência, identificação dos impactos ambientais, proposição de medidas mitigadoras e compensatórias, planos e programas para o acompanhamento da obra e sua operação futura.

^{3.3} O licenciamento de rodovias é de competência da SMA, pois este tipo de empreendimento não é enquadrado como "potencialmente poluidor" conforme estabelecido na Lei 997/76 e pelo Decreto Estadual 8468/76, que define quais os empreendimentos que deverão ser licenciados pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB (MARQUES *et al*, 1998).

Após análise do RAP, a SMA, poderá indeferir o pedido de licença (em razão de impedimentos legais ou técnicos), emitir a LP – Licença Prévia (por considerar que foi comprovada a viabilidade ambiental do empreendimento) ou exigir a apresentação de EIA/RIMA para comprovação da viabilidade. O EIA/RIMA deverá conter, basicamente os mesmos itens citados para o RAP, com uma abordagem mais ampla.

Após a obtenção da LP é solicitada a LI (Licença de Instalação). É importante mencionar que para obtenção da LI é preciso constar no projeto um plano de acompanhamento, ou seja, um plano que deixe claro que durante a implantação das obras, os trabalhos serão realizados de maneira racional a fim de evitar a degradação do meio ambiente. A emissão da LI é condicionante para o início das obras.

Após a obtenção da LI, a SMA exige que sejam apresentados os relatórios de acompanhamento, onde a periodicidade vai depender do tipo de empreendimento. Os aspectos abordados são aqueles propostos no RAP ou RIMA e as recomendações dos pareceres técnicos. O Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA) tem o papel de emitir o PT (Parecer Técnico) para implantação de um determinado empreendimento, acrescentando as exigências, recomendações e medidas mitigadoras.

Outro aspecto importante é o LA das áreas de apoio às obras. Em relação às áreas de apoio localizadas fora da faixa de domínio (depósitos de materiais excedentes, áreas de empréstimos, canteiros de obra entre outras), o Departamento de Impacto Ambiental (DAIA), tem solicitado a regularização, iniciando-se pela apresentação da certidão de conformidade da Prefeitura Municipal, Parecer Técnico Florestal do DEPRN (Departamento de Proteção dos Recursos Naturais), a comprovação dominial e concordância do proprietário com o uso proposto, e o atendimento a Resolução SMA 30/2000. A total recuperação dessas áreas é condicionante para que a SMA emita a LO (Licença de Operação).

Quando da implantação de áreas de apoio na faixa de domínio, deverão ser respeitadas as disposições da Resolução SMA 81/98. Ressalta-se ainda, que os aspectos referentes a estas áreas e frentes de obras serão checados periodicamente em campo e também através de relatórios de acompanhamento, ou seja, a SMA fiscalizará as conformidades propostas no projeto.

Além dos aspectos acima mencionados, as alterações induzidas pela rodovia na questão de uso e ocupação do solo municipal, ou do desenvolvimento regional, são questões relevantes que a SMA irá observar num RAP ou EIA/RIMA (MARQUES *et al*, 1998).

De acordo com MARQUES *et al*. (1998), os programas de compensação dos impactos ambientais gerados são mecanismos importantes do licenciamento ambiental, uma vez que, nos regulamentos instituídos pelo CONAMA, dentre eles a Resolução 02/96 prevêem: a implantação de unidade de conservação ambiental, o custeio de atividades ou aquisição de equipamentos e bens para unidades de conservação existentes, ou ainda o fortalecimento das instituições responsáveis pelo gerenciamento desse patrimônio.

A constituição de programas de apoio às regiões afetadas pelos empreendimentos tais como a elaboração de legislação de uso e ocupação do solo para municípios afetados e planos diretores de desenvolvimento regional ou local, é outra forma de consubstanciar a compensação ambiental. Os recursos alocados, por Lei, não podem ser inferiores a 0,5% do valor de investimento total do empreendimento (MARQUES *et al*, 1998).

De acordo com ROMANINI (2000), do ponto de vista dos atos legislativos voltados à questão ambiental, o Brasil mostra-se um país muito bem amparado por um dispositivo legal abrangente e às vezes até extremamente rigoroso. A Constituição Federal de 1988, com um capítulo específico sobre meio ambiente, vem reforçar o trato jurídico das questões ambientais, colocando o Brasil como um dos países do mundo com legislação avançada e moderna nessa área.

Segundo o Autor, os projetos de rodovias no Brasil em geral, e em especial no Estado de São Paulo incorpora a variável ambiental sempre a reboque da legislação, ao contrário do que aconteceu com alguns outros setores de infra-estrutura como o setor elétrico, que já tinha incorporado a avaliação de impacto ambiental de seus projetos, antes mesmo do estabelecimento da exigência legal.

Do acima exposto, fica claro que o LA de rodovias é freqüentemente condicionado por uma legislação ambiental específica e aplicado com vários instrumentos de gestão, principalmente com a AIA. Devido às diversas particularidades existentes no processo de LA de rodovias, esse assunto será retomado no Capítulo 04, onde serão apresentados os grupos de intervenções rodoviárias e os critérios propostos e praticados pelo DER/SP para obtenção das licenças ambientais e gestão ambiental.

3.3 Avaliação de Impactos Ambientais – AIA

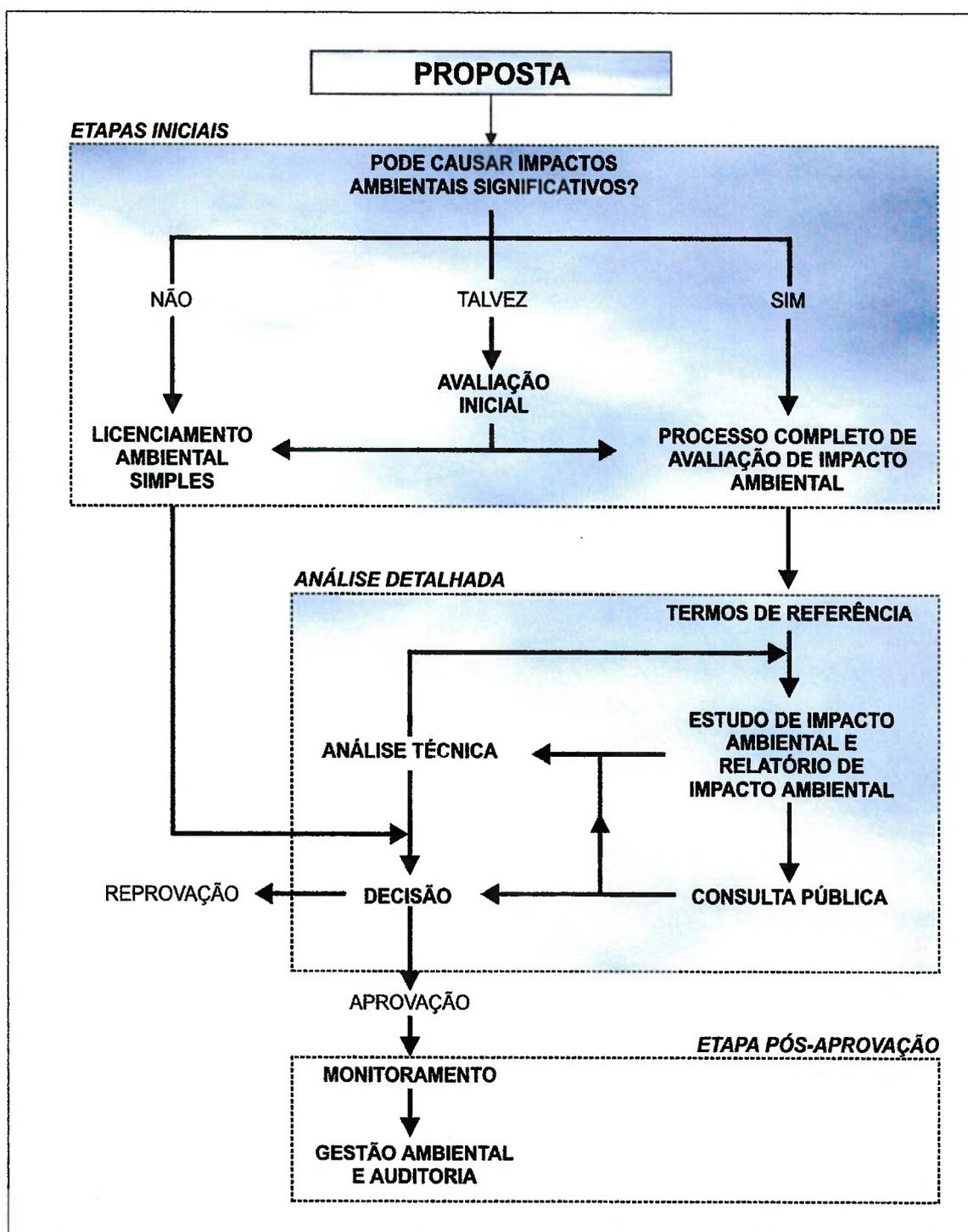
A AIA é um instrumento de planejamento e de política ambiental adotado atualmente em inúmeras jurisdições (países, regiões ou governos locais) assim como, por organizações internacionais (bancos de desenvolvimento) e entidades privadas. É reconhecida como um mecanismo potencialmente eficaz de prevenção de dano ambiental e de promoção do desenvolvimento sustentável. Assim, ao ser incorporada às legislações nacionais modificam radicalmente os processos decisórios então existentes, tanto públicos como privados.

Sua formalização ocorreu pela primeira vez nos Estados Unidos, através de uma lei federal intitulada de *NEPA (National Environmental Policy Act, de 1969)*, a partir de então a AIA disseminou-se, alcançando hoje uma difusão mundial (SÁNCHEZ, 2001).

A AIA chegou no Brasil através das legislações estaduais, Rio de Janeiro e Minas Gerais adiantando-se à legislação federal. Foi, com a aprovação da Lei 6938/81 que a AIA foi incorporada à legislação brasileira, incorporação esta confirmada e fortalecida com o art. 225 da Constituição Federal de 1988. Na prática foi somente a partir da regulamentação da Resolução CONAMA 001/86 que o instrumento passou a ser aplicado.

Segundo SÁNCHEZ (2001), com a finalidade de considerar os impactos ambientais como um critério de decisão acerca de obras ou atividades que possam acarretar significativa degradação da qualidade ambiental, é necessário realizar uma série de atividades seqüenciais. A esse conjunto de procedimentos dá-se o nome de “Processo de Avaliação de Impacto Ambiental”.

A FIGURA 3.1 sintetiza as atividades a serem desenvolvidas e representa um esquema genérico e essencial de AIA. Nota-se nesta figura que o processo pode ser dividido em três etapas, cada uma agrupando diferentes atividades: a) etapa inicial; b) etapa de análise detalhada e c) etapa pós-aprovação. No QUADRO 3.1 apresenta-se os principais documentos envolvidos nas diversas etapas do processo de AIA.



Fonte: SÁNCHEZ (2001)

FIGURA 3.1 Processo de avaliação de impacto ambiental

QUADRO 3.1 Principais documentos técnicos nas diversas etapas do processo de Avaliação de Impacto Ambiental

Documentos de entrada	Etapa	Documentos resultantes
<ul style="list-style-type: none"> memorial de descrição do projeto¹ avaliação ambiental inicial² publicação em jornal anunciando a intenção de realizar determinada iniciativa³ 	Triagem	parecer técnico sobre o nível de avaliação ambiental necessária
<ul style="list-style-type: none"> plano de trabalho 	definição da abrangência e conteúdo do EIA	termos de referência ⁴
<ul style="list-style-type: none"> termos de referência 	elaboração do EIA	EIA e RIMA
<ul style="list-style-type: none"> EIA 	Análise	parecer técnico
<ul style="list-style-type: none"> EIA e RIMA publicação em jornal 	Consulta pública	relatório de consulta pública
<ul style="list-style-type: none"> EIA, RIMA e pareceres técnicos 	Decisão	licença prévia ⁵
<ul style="list-style-type: none"> planos de gestão⁶ 	Decisão	licença de instalação
<ul style="list-style-type: none"> relatórios de implementação do plano de gestão 	Construção	licença de operação
<ul style="list-style-type: none"> vários documentos 	Operação	relatórios de monitoramento e desempenho ambiental ⁷
<ul style="list-style-type: none"> plano de fechamento⁸ 	desativação	licença de desativação ⁹

¹ exemplos: MCE – Memorial de Caracterização do Empreendimento (São Paulo), FCE – Formulário de Caracterização do Empreendimento (Minas Gerais).

² exemplos: RAP – Relatório Ambiental Preliminar (São Paulo), RCA – Relatório de Controle Ambiental.

³ publicação em jornais de grande circulação é uma das formas mais comuns de anunciar a intenção de realizar um empreendimento ou tomar uma decisão que possa acarretar impactos ambientais, mas há diversas outras formas de divulgar essa informação; esta divulgação permite que o público possa se manifestar e que, portanto, as preocupações do público possam ser utilizadas como um critério de triagem.

⁴ no Rio de Janeiro, este documento recebe o nome de “Instrução Técnica”.

⁵ a licença pode incluir condicionantes que só a tornam válidas se as condições forem cumpridas.

⁶ exemplos: PBA – Projeto Básico Ambiental (setor elétrico), PCA – Plano de Controle Ambiental (setor de mineração).

⁷ em alguns estados exige-se relatórios de Auditoria Ambiental para certas atividades.

⁸ no Brasil é exigido somente o PRAD – Plano de Recuperação de Áreas Degradadas, para empreendimentos de mineração.

⁹ ainda não existente no Brasil.

Fonte: SÁNCHEZ (2001)

A forma mais conhecida de aplicação da AIA implica na elaboração de EIA, submetido a algum processo de consulta pública, para analisar os impactos que poderão decorrer da construção, funcionamento e da desativação de obras ou atividades que possam causar significativa degradação ambiental, na maioria das vezes, projetos de engenharia. No entanto, há muitas outras decisões públicas ou privadas que podem trazer sérias conseqüências à qualidade ambiental. Fala-se, desta forma, em Avaliação de Impacto Ambiental Estratégica e Avaliações de Impactos Ambientais Internas (SÁNCHEZ, 2001).

Ressalta-se que, dentre os instrumentos de gestão ambiental a Avaliação de Impacto Ambiental é a que mais tem sido aplicada, talvez pela própria exigência da lei. Apesar do avanço da legislação brasileira no que diz respeito à AIA e sua obrigatoriedade para licenciamento de obras, em particular rodovias, segundo BOA (1998) já é tempo de se promover uma revisão deste instrumento normativo, pois verifica-se um grande desgaste no emprego do EIA/RIMA. Este foi criado com a função de permitir ao Poder Público tomar decisões sobre as questões ambientais, atuando como mediador dos interesses da população, direta ou indiretamente afetada pela ação em análise, no entanto ele tem sofrido visíveis distorções.

Ainda segundo o Autor, metodologias inadequadas, adaptações pouco condizentes com a realidade do objetivo avaliado, defesa dos interesses do empreendedor, carência de pessoal especializado na maioria dos órgãos de controle ambiental e principalmente, ausência de formatação específica, são algumas críticas que têm sido desferidas à sistemática de elaboração/aprovação dos EIA/RIMA. Dessa forma BOA (1998), apresentou uma análise crítica dos estudos de avaliação ambiental e uma proposta de licenciamento ambiental para rodovias no Estado de Minas Gerais, com o objetivo de buscar mudanças nesta área.

3.4 Auditoria Ambiental - AA

A Auditoria Ambiental é um dos instrumentos de gerenciamento mais utilizado pela indústria (CAIRNOROSS, 1990 *apud* SÁNCHEZ, 1994) e foi incorporada em lei no Estado do Rio de Janeiro (Lei nº 1898 de 26.11.91), Minas Gerais (Lei nº 0.627 de 16.01.92), Espírito Santo (Lei nº 4802 de 02.08.93) e no município paulista de Santos (Lei nº 790 de 05.11.91).

Existe ainda o projeto de Lei Federal nº 3160 de 1992 que dispõe sobre a obrigatoriedade de realização de Auditorias Ambientais nas instituições cujas atividades causem impacto ambiental (BRAGA *et al*, 1996). Embora já existam as leis que tornam as auditorias ambientais obrigatórias, apenas nos Estados de Espírito Santo e Rio de Janeiro a lei já foi regulamentada, e apresenta diversas dificuldades em aplicá-la (REIS, 1995).

Estão em vigor três normas ambientais da série ISO 14000 que se referem à Auditoria Ambiental: a NBR ISO 14010 que estabelece os princípios gerais de Auditoria Ambiental aplicáveis a todos os tipos de auditorias ambientais; a NBR ISO 14011 que estabelece procedimentos para planejar e executar uma auditoria de um Sistema de Gestão Ambiental, incluindo os critérios para seleção e composição de equipes de auditores; e a NBR ISO 14012 que estabelece as diretrizes relativas aos critérios de qualificação para auditores ambientais, sendo aplicável tanto a auditores internos como externos (VICENTINI, 1999).

A Auditoria Ambiental tende a ser imprescindível em organizações cujas atividades sejam potencialmente causadoras de impacto ambiental. Ela tem o objetivo de verificar o atendimento à legislação, normas, regulamentos e técnicas relativas à proteção do meio ambiente, ou seja, ao conjunto de exigências ou requisitos ambientais (BRAGA *et al*, 1996). No entanto, quando se trata da aplicação deste instrumento em empreendimentos rodoviários poucos trabalhos têm sido realizados. Um trabalho que merece ser mencionado é o de JUCHEM (1998) denominado "Diretrizes para Auditorias Ambientais em Rodovias". Este trabalho é pioneiro neste assunto e está fundamentado no contexto da série de normas ISO 14 000.

Segundo a Autora, atualmente os aspectos ambientais de rodovias já são objeto de estudo e análise em vários países desenvolvidos e em desenvolvimento incluindo-se o estabelecimento de normas e padrões de avaliação e/ou Auditoria Ambiental, compreendendo as fases de planejamento, projeto, construção, operação, manutenção e fiscalização de uma rodovia ou malha viária.

Afirma, ainda, que o EIA/RIMA, PBA (Projeto Básico Ambiental) e mesmo o PRAD (Plano de Recuperação de Áreas Degradadas) estão cada vez mais exigindo mecanismos para verificação, acompanhamento e avaliação, quer sejam simples vistorias, atividades de fiscalização, monitoramento e, num contexto mais amplo e moderno, procedimentos de Auditoria Ambiental. JUCHEM (1998), apresentou os objetivos, finalidade, abrangência, questões básicas, principais aspectos e elementos ambientais passíveis de serem auditados em rodovias.

Segundo o BANCO MUNDIAL (1995) *apud* VICENTINI (1999), a Auditoria Ambiental também tem sido utilizada para avaliar o processo de implantação de um empreendimento e determinar o efetivo cumprimento das ações e medidas ambientais estabelecidas no Estudo de Impacto Ambiental e no Plano de Manejo Ambiental.

Para grandes empreendimentos, como, por exemplo, o Gasoduto Bolívia-Brasil, as agências multilaterais de crédito (BM e BID) contrataram auditores ambientais independentes para avaliar se o processo de implantação desses projetos estava sendo realizado conforme planejado nos estudos ambientais.

Além disso, a Auditoria Ambiental tem sido utilizada como um instrumento para a identificação de problemas ambientais preexistentes (passivos ambientais) a serem considerados nos estudos de impacto ambiental de projetos de melhoria e/ou ampliação de empreendimentos.

Na verdade, a Auditoria Ambiental, em geral, ainda é incipiente no País. No que se refere às rodovias as discussões estão iniciando-se e na prática o assunto vem sendo discutido no âmbito de alguns encontros técnicos e realizada em poucos empreendimentos (JUCHEM, 1998).

A Auditoria Ambiental ainda é uma prática pouco utilizada pelos órgãos rodoviários em geral, mas que deverá tomar um impulso nos próximos anos. No contexto geral, já se dispõe de procedimentos e métodos que podem ser aplicados as rodovias. No entanto, é necessário aprofundar os conhecimentos sobre a matéria, para adequar e aperfeiçoar os instrumentos e conhecimentos já disponíveis.

3.5 Monitoramento Ambiental

Segundo BEANLANDS (1988) *apud* SÁNCHEZ (1990), o instrumento essencial da gestão ambiental de um empreendimento é o Monitoramento Ambiental, ou seja, o acompanhamento sistemático da variação temporal e espacial de determinados parâmetros, denominados indicadores ambientais. Esta coleta sistemática de dados e sua interpretação constituem o “*input*” das atividades de gerenciamento, isto é, de uma ação visando garantir a manutenção da qualidade ambiental. Enquanto o objetivo da AIA é o de prever mudanças nos sistemas ambientais decorrentes de um projeto proposto, o monitoramento fornece os resultados pós-projeto através dos quais as mudanças tempo-espaciais podem ser avaliadas.

O Monitoramento Ambiental corresponde ao acompanhamento da evolução da implementação de medidas preconizadas no Plano de Gestão Ambiental avaliando, periodicamente seus efeitos e propondo, quando necessárias, alterações, complementações e/ou novas ações e atividades ao plano original (DNER, 1996).

Segundo MACHADO (1989 *apud* DNER, 1996), o artigo 6º, inciso IV da Resolução CONAMA 001/86, prevê que os EIA conterão a “elaboração do programa de acompanhamento e monitoramento dos impactos positivos e negativos, indicando os fatores e parâmetros a serem considerados”. Como se observa, os EIA deverão contemplar o programa de monitoramento, mas não compreendem a sua implementação, isto porque, o monitoramento será feito após o licenciamento prévio da obra. Conseqüentemente, o monitoramento do empreendimento é de responsabilidade do órgão rodoviário.

Analisando-se a NBR ISO 14.001 (ABNT, 1996a) verifica-se que o Monitoramento Ambiental está contemplado no item 4.5.1 da mesma, a saber:

“A organização deve estabelecer e manter procedimentos documentados para monitorar e medir, periodicamente, as características principais de suas operações e atividades que possam ter um impacto significativo sobre o meio ambiente. Tais procedimentos devem incluir o registro de informações para acompanhar o desempenho, controles operacionais pertinentes e a conformidade com os objetivos e metas ambientais da organização. Os equipamentos de monitoramento devem ser calibrados e mantidos, e os registros desse processo devem ficar retidos, segundo procedimentos definidos pela organização. A organização deve estabelecer e manter um procedimento documentado para avaliação periódica do atendimento à legislação e regulamentos ambientais pertinentes”.

Como já mencionado, o Monitoramento Ambiental tem como objetivo medir e analisar as alterações (físicas, biológicas e antrópicas) de atividades; alterações provocadas pela implantação de um empreendimento e avaliar a adequabilidade das medidas mitigadoras previstas nos EIA e detalhadas no Plano de Gestão Ambiental.

Para estabelecer as atividades de um Monitoramento Ambiental é necessário conhecer as condições ambientais e identificar quais aspectos sofrerão alterações que poderão ser medidas e comparadas com o marco referencial, durante a execução das obras e/ou operação do empreendimento. Neste contexto, um programa de Monitoramento Ambiental deve conter entre outros aspectos (DER/SP, 1999):

- descrição dos indicadores que permitem correlacionar os impactos ambientais e as medidas mitigadoras previstas;

- descrição dos parâmetros a serem medidos, métodos de medição, localização dos pontos de amostragem, frequência de coleta e período de amostragem, limites máximos e/ou mínimos permissíveis e definição do nível de alteração a partir do qual se deverão adotar as medidas corretivas necessárias;
- órgãos e/ou entidades responsáveis;
- cronograma de implementação;
- custos estimados e origem dos recursos.

Cabe mencionar que é preciso a indicação e justificativa:

- dos parâmetros selecionados para a avaliação dos impactos sobre cada um dos fatores ambientais considerados;
- da rede de amostragem, incluindo seu dimensionamento e distribuição espacial;
- dos métodos de coleta e análise de amostras;
- da periodicidade de amostragem para cada parâmetro, segundo os diversos fatores ambientais;
- dos métodos a serem empregados no processamento das informações levantadas, visando retratar o quadro de evolução dos impactos ambientais causados pelo empreendimento.

3.6 Supervisão Ambiental

A Supervisão Ambiental consiste em inspecionar a implantação das medidas de caráter ambiental em todas as fases do empreendimento, desde o planejamento até a operação. Esta atividade relaciona-se à função de exercer atenta e contínua verificação do cumprimento dos princípios, normas e funções estabelecidas nos EIA. Segundo SÁNCHEZ (2004), a supervisão pressupõe um acompanhamento com periodicidade reduzida das atividades realizadas, sendo que qualquer desvio das condutas ou resultados esperados é imediatamente comunicado e uma ação corretiva deve ser implantada.

A mesma normalmente é apoiada em um Plano de Supervisão Ambiental que tem como objetivo apresentar o conjunto de diretrizes e orientações necessárias para assegurar a aplicação dos dispositivos legais e institucionais vigentes, bem como as medidas mitigadoras e compensatórias, visando a proteção do meio ambiente durante

a implantação e operação do empreendimento. Cabe ressaltar que este processo fundamenta-se em atividades de planejamento, mediante a supervisão e controle das ações exercidas sobre o meio ambiente, visando minorar as interferências negativas.

Dentre outras atividades, destacam-se as tarefas de acompanhamento das medidas preconizadas nos EIA, avaliando periodicamente seus efeitos/resultados. Ao longo do período de implantação, de cada projeto, poderão ser inseridas ações ao Plano, em decorrência de eventuais problemas localizados. Assim, a Supervisão Ambiental tem como objetivos básicos (DER/SP, 1999):

- a redução dos impactos ambientais da implantação e operação do empreendimento através da verificação da implantação de medidas mitigadoras e compensatórias definidas e estruturadas em programas ambientais, garantindo sua integração física e operacional e uma relação sadia com os órgãos ambientais e com a comunidade;
- a garantia da manutenção da qualidade ambiental das áreas afetadas pelo projeto durante a etapa de construção e operação do empreendimento;

Um exemplo desta atividade no Estado de São Paulo foi à Supervisão Ambiental das obras de duplicação da BR-381. Segundo DE JORGE (2002 *in* CONCREMAT, LENC e ENGeo 2002)^{3,4}, “o desenvolvimento desta atividade serviu como um aprendizado, tanto para os técnicos do setor rodoviário como para os dos órgãos ambientais envolvidos no processo, na medida que propiciou, através do trabalho conjunto, uma maior compreensão das dificuldades enfrentadas em cada uma dessas áreas. Como exemplo do esforço mútuo citou os procedimentos de autorização ambiental para uso das áreas de apoio (caixas de empréstimo e bota-foras) e as medidas necessárias para a sua recuperação ambiental”.

Segundo o Autor, “o aprendizado e os resultados da Supervisão Ambiental da BR-381 contribuíram para constituição de um grupo técnico especialmente preparado para acompanhamento ambiental das obras, o que se configurou com a criação do Grupo Técnico de Rodovias (GTR), que realizava vistorias das obras e acompanhava os relatórios sistemáticos e periódicos da Supervisão Ambiental das obras”.

^{3,4} Informações obtidas da Concorrência Pública Internacional nº 001/01-CI. Consórcio CONCREMAT, LENC, ENGeo.

Outro exemplo desta atividade no Estado de São Paulo é o Programa de Supervisão Ambiental das Concessionárias de rodovias implementado pela ARTESP (Agência Reguladora de Serviços Públicos Delegados de Transportes de São Paulo), que através do acompanhamento dos indicadores de desempenho ambiental, realiza-se mensalmente a avaliação do desempenho ambiental das Concessionárias.

Os dados e a experiência obtida com a Supervisão Ambiental de obras rodoviárias têm contribuído ainda para se estabelecer as bases técnicas para a criação de resoluções do órgão ambiental voltados diretamente para as especificidades do setor rodoviário.

3.7 Análise de Riscos Ambientais - ARA

A ARA tem sido utilizada em empreendimentos cujas condições nas fases de instalação ou operação indicam a possibilidade de incidentes, induzidos ou não, os quais podem acarretar significativos danos e prejuízos ao ambiente e, em particular, às pessoas que trabalham ou residem na área. No planejamento, pode ser empregada como ferramenta em conjunto com a AIA (BITTAR, 2001).

Compreende a estimativa prévia da probabilidade de ocorrência de um acidente e a avaliação das suas conseqüências ao meio ambiente, principalmente, à instalações industriais, hidrelétricas e disposições de resíduos urbanos ou industriais, incluindo os barramentos utilizados em projetos de retenção de rejeitos em mineração. No entanto, sua aplicação pode se estender a outras situações e ameaças, incluindo riscos associados a fenômenos naturais, como movimentos gravitacionais de massa.

Um exemplo desta atividade tem sido os cadastros de riscos iminentes realizados pelas Concessionárias de Rodovias para atender à Resolução SMA-81/98, que em seu artigo 4º estabelece: *“os responsáveis pela operação das rodovias devem, no prazo de 180 dias, apresentar à SMA diagnóstico e solução de situações de risco iminente em relação à estabilização de taludes, desenvolvimento de processos erosivos, interrupção de drenagens naturais, deficiência nos sistemas de drenagens implantados e outras situações que possam acarretar danos ambientais”*.

Quanto ao transporte de produtos perigosos, a Resolução SMA/81, apresenta um roteiro a ser observado para elaboração de planos de atendimento a emergências relacionadas ao transporte de produtos perigosos, compreendendo: caracterização do empreendimento e da região, hipóteses de acidentes, estrutura organizacional, procedimentos de combate às emergências e apresentação da documentação.

3.8 Recuperação de Áreas Degradadas - RAD

Segundo BITTAR (2001), a RAD tem sido implementada em diferentes países como importante instrumento de política pública na área ambiental visando assegurar a correção de impactos ambientais negativos ocorridos, proporcionando a “estabilização” do ambiente e a definição ou consolidação de um uso do solo produtivo, gerenciável e sustentável na área afetada.

Tem aplicação mais freqüente às fases de operação e desativação de empreendimentos, devendo, no entanto, ser prevista desde o planejamento. As etapas principais compreendem a avaliação da degradação, planejamento da recuperação, implementação, monitoramento e manutenção das medidas executadas.

No Brasil, a legislação vigente contempla especialmente a obrigatoriedade da recuperação no caso da mineração, em que a RAD se integra à AIA nos procedimentos de LA (SMA, 1991 e BITAR, 2001).

Há base legal para aplicação da RAD a outros tipos de empreendimento, como disposição de resíduos, sendo também bastante empregada no LA de áreas de empréstimo e de bota-fora gerados nas fases de instalação e operação de rodovias; no âmbito dos Programas de Concessões de Rodovias e do Programa de Recuperação de Rodovias do Estado de São Paulo estabelecido entre o DER/SP e o BID.

Ressalta-se que a RAD, nestes dois programas, aplica-se principalmente às áreas de apoio e a recuperação de passivos ambientais identificados nas rodovias a serem recuperadas.

3.9 Investigação de Passivo Ambiental – IPA

A IPA compreende o conjunto de atividades voltado à identificação e avaliação de todos os problemas ambientais existentes em um empreendimento e que foram gerados no passado, incluindo o levantamento do histórico do terreno e, dependendo do caso, também das práticas adotadas pela empresa nos locais onde ela operou. Tanto na desativação quanto na transferência (o que geralmente ocorre na fase de operação), embora ainda não claramente contemplada na legislação, a aplicação da IPA deve ser requerida, podendo incluir a aplicação da AA, e quando constatada a degradação, levar a RAD. Por outro lado, nos novos empreendimentos, os quais se submetem e se utilizam da AIA, a IPA pode ser utilizada conjuntamente na fase de planejamento e seus resultados podem ser incluídos no EIA/RIMA (BITTAR, 2001).

A transferência (aquisição ou privatização) de certos tipos de empreendimentos (indústrias, minerações, dentre outras) tem exigido, por parte dos compradores, uma cuidadosa investigação prévia, visando determinar a existência de passivos ambientais que possam afetar o negócio e evitar que os futuros proprietários assumam, sem conhecimento prévio, responsabilidades por degradação ambiental causada pelos anteriores (BITTAR, 2001; SÁNCHEZ, 2001).

Em relação aos empreendimentos rodoviários, no Estado de São Paulo o regulamento da Concessão dos Serviços Públicos de Exploração da malha rodoviária estabelece uma série de compromissos e responsabilidades das Concessionárias quanto à preservação e melhoria da qualidade ambiental da malha rodoviária sob concessão, entre elas a investigação e recuperação dos passivos ambientais.

O Programa de Recuperação de Rodovias do Estado de São Paulo, estabelecido entre o DER/SP e o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), apresenta entre seus componentes básicos a recuperação de passivos ambientais através da “estabilização e recomposição de taludes de corte e aterros; recuperação de áreas de empréstimos laterais; recuperação de antigas áreas de apoio às obras; recuperação de processos erosivos que coloquem em risco o corpo estradal, mesmo quando originados fora da faixa de domínio”.

Ainda relacionados ao setor rodoviário, merecem ser mencionados os trabalhos desenvolvidos pelo DNER (1996), VICENTINI (1999) e ROMANINI (2000), que, entre outros aspectos, abordaram a IPA.

3.10 Avaliação de Desempenho Ambiental - ADA

A Avaliação de Desempenho Ambiental (*Environmental Performance Evaluation – EPE*) é um processo de gestão existente em uma organização, que fornece informações, para o estabelecimento de uma comparação entre seu desempenho ambiental passado e presente, segundo critérios pré-estabelecidos. É um processo de coleta e avaliação de dados e informações, que visa fornecer uma estimativa corrente de desempenho, assim como as tendências ao longo do tempo (BITTAR, 2001).

A Avaliação de Desempenho Ambiental é, portanto, uma ferramenta gerencial importante podendo se constituir numa forma de verificação básica, no sentido de encontrar critérios ambientais para o gerenciamento.

No Estado de São Paulo o Regulamento da Concessão dos Serviços Públicos de Exploração da malha rodoviária, estabelece que “todos os cuidados e providências relacionadas às questões ambientais, incluídos como cláusulas dos Contratos de Concessão, apesar de genéricos, visam a atender aos compromissos básicos das Concessionárias quanto à preservação e melhoria contínua da qualidade ambiental da malha rodoviária sob Concessão (DE JORGE, 2002 *in* CONCREMAT, LENC e ENGE0)^{3.5}”.

Por ser uma matéria que interessa a todas as partes, com benefícios que se estendem aos usuários e comunidades lindeiras, a Comissão de Monitoramento das Concessões, através da sua área ambiental, passou a adotar a utilização de um Relatório de Avaliação de Desempenho Ambiental, apresentado anualmente por todas as Concessionárias, propondo indicadores de desempenho ambiental que visam avaliar o nível de atendimento aos requisitos ambientais dos órgãos licenciadores e o estágio de implantação das medidas de caráter ambiental adotadas, incluindo-se as ações voluntárias de proteção e monitoramento do meio ambiente.

O objetivo do Poder Concedente no Estado de São Paulo é garantir a qualidade ambiental da malha rodoviária ao término da concessão dentro dos padrões estabelecidos e sem passivos ambientais.

^{3.5} Informações obtidas da Concorrência Pública Internacional nº 001/01-CI. Consórcio CONCREMAT, LENC, ENGE0.

Visando estabelecer indicadores a serem apresentados no Relatório de Avaliação de Desempenho Ambiental, a Comissão de Concessões sugere os seguintes índices a serem considerados (ROMANINI, 1999):

- a) existência de autos de infração por descumprir a legislação ambiental;
- b) Licenciamento Ambiental em nível federal, estadual e municipal;
- c) elaboração e implantação de Planos de Controle Ambiental para mitigação dos impactos ambientais de novas obras;
- d) implantação de Programas para Monitoramento e Proteção Ambiental e Planos e Projetos Emergenciais, exigidos pelos órgãos de licenciamento e/ou necessários à mitigação de impactos gerados pelo sistema de operação;
- e) levantamento e Plano de Recuperação do Passivo Ambiental existente, além de cronograma de recuperação com no mínimo 05 anos de previsão. Deverão constar dos relatórios a descrição e localização de todos os passivos já recuperados. Deverão ser incluídas no referido plano as novas ocorrências de passivos;
- f) implantação voluntária de programas visando à proteção do meio ambiente (ex: Sistema de Gestão Ambiental, Educação Ambiental etc.);
- g) ocorrências pontuais sobre atropelamentos de animais domésticos e silvestres, focos de incêndios, destinação do lixo, resíduos, óleos e graxas etc, além de outros incidentes com implicações ambientais.

Para realizar a avaliação, foram definidos os conceitos *suficiente* e *insuficiente* para caracterizar o Desempenho Ambiental da Concessionária. Será considerado *suficiente* o desempenho da Concessionária que atender todos os índices considerados obrigatórios, estabelecidos acima. O desempenho *suficiente* será classificado em *regular, bom e ótimo*.

A concessionária que obtiver o conceito *insuficiente* será notificada para se adequar às exigências ambientais dentro de um prazo de 10 dias, a partir dos quais será multada, de acordo com as normas e contrato de licitação.

A concessionária que obtiver o conceito *suficiente regular* receberá um relatório de avaliação, com comentários e sugestões de aprimoramento. Para a Concessionária que obtiver o conceito *suficiente bom*, será encaminhado um ofício de congratulações pelo desempenho ambiental.

A Concessionária que obtiver o conceito *suficiente ótimo* receberá um documento de excelência emitido pela Comissão de Concessões. A Comissão de Concessões também comunicará oficialmente à Secretaria do Meio Ambiente sobre a excelência ambiental da Concessionária, solicitando que a mesma obtenha os privilégios previstos no parágrafo 3º, do Artigo 12, Resolução CONAMA nº 237, de 19/12/1997.

CARVALHO (1999), apresentou um modelo para Avaliação de Desempenho Ambiental para os primeiros contratos de concessão de rodovias federais concedidas à iniciativa privada. O modelo também se apóia em indicadores, semelhantes aos estabelecidos por ROMANINI (1999), que retratam a gestão da concessionária em relação aos aspectos ambientais.

Quanto aos conceitos, são atribuídos os termos completo (quando implementadas 100% das medidas no prazo estabelecido); incompleto (para atendimento a um percentual variável entre 50 e 90%) e insuficiente (para atendimento a um percentual inferior a 50%).

Capítulo 04

Rodovias e Meio Ambiente

Como já mencionado no Capítulo 03, a Legislação Brasileira inseriu as rodovias entre os empreendimentos sujeitos à elaboração de EIA/RIMA para requerer o Licenciamento Ambiental entendendo que estes empreendimentos geram impactos significativos ao meio ambiente. Estas disposições foram flexibilizadas na Resolução CONAMA nº 237/97, que atribuiu ao órgão ambiental a função de definir os procedimentos específicos para as licenças ambientais, observadas a natureza, características e peculiaridades da atividade ou empreendimento.

Diante do contexto legal, evidencia-se a importância em distinguir os tipos ou natureza das intervenções usualmente implementadas pelo setor rodoviário, e correlacioná-las com os impactos que poderão ser gerados sobre o meio ambiente, de modo a definir os procedimentos para a condução do LA dessas intervenções.

Essa tarefa, já iniciada pelo órgão ambiental Estadual através da Resolução SMA-81/98, tem em vista dispensar a elaboração de EIA/RIMA as intervenções do setor rodoviário restritas à faixa de domínio de rodovias em operação, que gerem interferências ambientais pouco significativas e que não apresentem impeditivos legais nas áreas de intervenções, iniciativa esta que possibilita abreviar o tempo e reduzir o dispêndio de recursos requeridos no LA (DER/SP, 1999).

Avançando neste sentido, em 1999 o DER/SP evidenciou a conveniência de serem avaliadas as naturezas das intervenções do seu setor e o grau de interferência que as mesmas possam acarretar ao meio ambiente, de forma a possibilitar a flexibilização de procedimentos de licenciamento e de gestão ambiental (ARAÚJO; GRIGOLETO, 1999; DER/SP, 1999).

Com esse objetivo, o DER/SP, naquele ano, agrupou os tipos de intervenções (serviços e obras) usuais no setor sob sua jurisdição e os classificou de acordo com grupos de natureza similar e quanto às repercussões ambientais passíveis de serem desencadeadas.

Neste contexto, e frente aos objetivos da Pesquisa, apresenta-se a seguir, a natureza das intervenções rodoviárias geralmente efetuadas pelo Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo (DER/SP), a tentativa de correlação destas intervenções com o processo de LA e os impactos significativos causados por rodovias ao meio físico, principalmente, na fase de operação.

4.1 Natureza das intervenções rodoviárias ^{4.1}

O DER/SP (1999), agrupou os tipos de intervenções e indicou em cada grupo os condicionantes sujeitos à regularização ambiental distinguidos pela *Natureza das Intervenções*, agregando as atividades em oito grupos: (I) Conservação de rotina; (II) Conservação de emergência; (III) Obras de conservação especial; (IV) Restauração limitada e recapeamento; (V) Restauração e/ou melhoramentos sem alteração de traçado; (VI) Melhoramentos com alteração de traçado, com ou sem restauração; (VII) Duplicação adjacente, com ou sem restauração e (VIII) implantação de nova rodovia.

Estes grupos expressam graus variados de complexidade quanto às possíveis interferências ambientais a serem geradas em sua implementação, pois procuram cobrir a abrangência dos serviços e obras do setor, que envolvem uma grande diversidade de ações, compreendendo desde os serviços de limpeza e conservação de rotina até a implantação de novas rodovias.

A descrição do primeiro (I) e segundo (II) grupos, baseada em DER/SP (1999), envolvendo o conjunto de serviços inerentes aos mesmos e sua potencialidade de geração de impactos ambientais, são apresentadas a seguir:

- **Conservação de rotina:** compreende um conjunto de serviços executados continuamente nas rodovias em operação, visando manter todos os elementos constitutivos tão próximos quanto possíveis das condições em que foram construídos.

^{4.1} Texto baseado em DER (1999).

No Sistema de Administração da Conservação (SAC) do DER-SP, integram a conservação de rotina, os serviços de poda de revestimento vegetal na faixa de domínio; limpeza, recuperação e reparos de dispositivos de sinalização e segurança; desobstrução, limpeza e reparo de elementos de drenagem; remendos, selagem de trincas, correção de defeitos, regularização de depressões e afundamentos localizados nos pavimentos, além de outros serviços de baixo potencial de causarem impactos ambientais.

As ações de Conservação de rotina, por se restringirem à faixa de domínio e particularmente ao corpo estradal, não chegam a acarretar interferências ambientais significativas, assim, não dependem de licenciamento ambiental.

- **Conservação de emergência:** compreende os serviços de caráter eminentemente emergencial, necessários para reparar, repor, reconstruir ou restaurar trechos ou estruturas do corpo estradal, que tenham sido seccionadas, obstruídas, ou danificadas por eventos extraordinários, de calamidade pública que ocasionam interrupção parcial ou total do tráfego, ou ainda risco iminente para a segurança dos usuários ou para a população lindeira à rodovia.

Por sua natureza, as ações de Conservação de emergência não comportam o decurso de prazo no aguardo de licenciamento ambiental para sua execução, sendo considerado na Resolução SMA-81/98 que “quando necessárias intervenções emergenciais, que impliquem na remoção de vegetação para estabilização, em decorrência de quedas de barreiras ou deslizamentos de taludes, o responsável pela rodovia deve notificar imediatamente a Secretaria do Meio Ambiente, preferencialmente antes do início das intervenções, sem prejuízo dos trabalhos”.

Nesse sentido, uma vez recuperadas as condições de tráfego e de segurança, deverão ser promovidas imediatamente a recuperação das áreas que eventualmente foram degradadas pelas atividades desenvolvidas para a ação emergencial. No caso das medidas adotadas para sanar os problemas decorrentes da emergência ocorrida, apresentarem caráter provisório, a implementação das soluções definitivas poderá implicar na necessidade de consulta ou de licenciamento ambiental.

Nota-se que a Conservação de rotina e a Conservação de emergência são tratadas de forma diferenciada, a primeira por implicar em alterações ambientais mínimas e a segunda pelo caráter emergencial dos serviços que não podem aguardar prazos de licenciamento ambiental para a sua execução. Segundo DER/SP (1999), as demais atividades associadas aos empreendimentos rodoviários podem envolver ações *potencialmente impactantes* ao meio ambiente. Assim, devido ao grau de significância das demais intervenções rodoviárias as mesmas foram reclassificadas em seis grupos conforme segue:

- Grupo I - Obras de conservação especial;
- Grupo II - Restauração limitada a recapeamento;
- Grupo III - Restauração e/ou melhoramentos sem alteração de traçado;
- Grupo IV - Melhoramentos com alteração de traçado, com ou sem restauração;
- Grupo V - Duplicação adjacente, com ou sem restauração;
- Grupo VI - Implantação de novas rodovias.

4.1.1 Grupo I - Obras de conservação especial

Constitui o conjunto de serviços ou obras que são executadas em uma rodovia em operação e que visam preservar o investimento inicial, adaptar a rodovia a novas condições ocorridas em seu entorno, implantar ou complementar serviços e pequenas obras não executadas durante a fase de construção.

O DER/SP relaciona dentre os serviços que integram as obras deste grupo as recuperações de revestimento em “panos” (pequenas áreas) e/ou aplicação de capas selantes e/ou lama asfáltica, sempre em extensões limitadas; prolongamento e ampliação de dispositivos de drenagem superficial e profunda; a execução de pequenas obras localizadas de terraplenagem, contenção e revegetação para proteção e recomposição de elementos do corpo estradal, implantação, reabilitação e recomposição de elementos de sinalização e segurança, dentre outros.

Esses serviços, limitados à faixa de domínio, são eximidos do licenciamento ambiental, conforme a Resolução SMA-81/98, exceto em caso de necessidade de supressão de vegetação nativa primária ou secundária nos estágios médio ou avançado de regeneração; de intervenções na vegetação nativa em Áreas de Preservação Permanente e intervenções com dispositivos de drenagem, que exigirão autorização do DEPRN e DAEE.

4.1.2 Grupo II - Restauração limitada a recapeamento

Inclui-se neste Grupo a execução extensiva de revestimento sobre outro já existente, com a finalidade de recuperá-lo, funcional ou estruturalmente, com intervenções limitadas à pista e acostamentos, envolvendo serviços de reciclagem a frio ou a quente de pavimentos betuminosos.

Os serviços relativos a esse Grupo contam com condições similares às expostas no Grupo I, acrescidas da necessidade de licenciamento específico para os canteiros e instalações de usina asfáltica junto aos Poderes Públicos Municipais e à CETESB.

4.1.3 Grupo III - Restauração e/ou melhoramentos sem alteração de traçado

São consideradas as obras destinadas a recuperar as estradas existentes, em todos os seus aspectos: pavimento, terraplenagem, drenagem e obras de arte correntes, obras de arte especiais, sinalização, iluminação e obras complementares, mantendo o seu traçado original, sem extrapolar a faixa de domínio existente.

Incluem-se, no Grupo III, os serviços e obras para: reconstrução de pavimentos; execução de melhoramentos físicos de interseções; implantação de terceiras faixas, com ou sem alargamento de plataforma; implantação de áreas e instalações de apoio à operação da rodovia e pavimentação de rodovias existentes, sem alteração significativa de traçado, horizontal e/ou vertical, que exija mudança ou ampliação da faixa de domínio.

Esses serviços, também limitados à faixa de domínio, contam com as condições expressas nos grupos anteriores, acrescidas da necessidade de material proveniente de jazidas e áreas de empréstimo, bem como de áreas para deposição de materiais excedentes. Estas áreas quando não localizadas na própria faixa de domínio, requererão regularização ambiental para a sua utilização e posterior recuperação.

Nesses casos há necessidade de autorização ambiental específica do DEPRN para a supressão de vegetação nativa primária ou secundária, nos estágios médios ou avançados de regeneração; de vegetação nativa em áreas de preservação permanente, sendo, ainda, exigido o licenciamento específico das áreas de apoio (canteiros, usinas de solo, concreto e asfalto), junto aos Poderes Públicos Municipais e à CETESB, e também junto ao DEPRN e DAEE para intervenções em cursos d'água.

4.1.4 Grupo IV - Melhoramentos com alteração de traçado, com ou sem restauração

Esse Grupo envolve as obras destinadas a recuperar as estradas em todos os seus aspectos: pavimento, terraplenagem, drenagem e obras de arte correntes, obras de arte especiais, sinalização, iluminação e obras complementares, tal como no Grupo III, acrescidas da execução de segmentos novos de rodovias, alterações localizadas de traçado para melhorar a geometria ou para introduzir contornos de pequena extensão de áreas urbanas. Inclui, ainda, a implantação de novos dispositivos de interseção.

As atividades nos segmentos com alteração pouco significativa de traçado vertical ou horizontal são as mesmas do Grupo III, enquanto que nos segmentos novos, as áreas localizadas, objeto das intervenções, podem incluir todos os serviços requeridos para a implantação de novas rodovias, conforme Grupo VI.

As intervenções relativas ao conjunto de serviços e obras que integram esse Grupo exigem a consulta ao órgão ambiental sobre a necessidade de licenciamento, particularmente das alterações de traçado e dos dispositivos de interseção que extrapolam a faixa de domínio. O porte das obras planejadas e a incidência das mesmas em áreas de complexidade ambiental constituirão os elementos definidores da necessidade ou não da elaboração de RAP e/ou EIA/RIMA.

Os elementos a serem objeto de avaliação para a determinação da significância das interferências ambientais serão consubstanciados, além das condições expostas no Grupo anterior, na potencialidade de impactos sobre os recursos hídricos (desvios de cursos d'água, alterações de regime hídrico, efeitos em Áreas de Proteção de mananciais, envolvendo, inclusive, os riscos do transporte de produtos perigosos), bem como sobre a necessidade de remoção de população de baixa renda instalada nas áreas de intervenção, e outros fatores relevantes intrínsecos à complexidade ambiental dessas áreas.

4.1.5 Grupo V - Duplicação adjacente, com ou sem restauração

Considera-se neste Grupo a duplicação adjacente e o conjunto de obras necessárias para a implantação de uma nova pista, adjacente ao corpo estradal existente, que impliquem na ampliação da faixa de domínio, particularmente em segmentos onde serão introduzidos dispositivos em níveis diferentes (interseções, travessias, retornos). Poderá envolver, ainda, alargamento de pontes e viadutos, a restauração ou reconstrução parcial do pavimento e outros melhoramentos na pista existente.

As intervenções inerentes ao conjunto de serviços e obras constante desse Grupo exigem consulta ao órgão ambiental sobre a necessidade do licenciamento para o empreendimento como um todo.

O volume das obras projetadas e a necessidade da ampliação da faixa de domínio, acrescida à complexidade ambiental das áreas objeto das intervenções, consistirão os elementos definidores da necessidade ou não de se proceder à elaboração de Relatório Ambiental Preliminar - RAP e mesmo de Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental - EIA e RIMA. Nos casos em que sejam julgadas pouco significativas as interferências no meio ambiente, sendo dispensada a elaboração de RAP e de EIA/RIMA, deverão ser respeitadas as condições expressas nos Grupos anteriores, que poderão ser objeto de análise e avaliação do órgão ambiental.

4.1.6 Grupo VI - Implantação de novas rodovias

Envolve as intervenções necessárias à implantação de novas rodovias com pistas duplas ou simples, inclusive variantes de traçado, duplicações com traçado independente e contornos extensos de áreas urbanas.

A implantação de novas rodovias, de modo geral, exige a elaboração de RAP e, via de regra, EIA/RIMA. Exceções podem haver, nos casos em que o volume de obras e a extensão do empreendimento, bem como a complexidade do quadro ambiental da área de intervenção não implique em impactos ambientais significativos, sendo recomendável nesses casos, a consulta prévia ao órgão licenciador e a aprovação do projeto pelos Poderes Públicos Municipais.

4.2 Intervenções rodoviárias, processos do meio físico e impactos ambientais

As intervenções rodoviárias geram alterações nos processos ambientais que necessitam ser compreendidas para que os impactos negativos possam ser reduzidos e os positivos ampliados. O conhecimento adequado dessas alterações passa pela identificação e avaliação das limitações e potencialidades do ambiente, em termos físicos, bióticos e antrópicos.

Em relação ao meio físico, seus processos, mesmo com alterações, são a base de sustentação do meio ambiente e tendem a continuar se manifestando ao longo da história do uso do solo (FORNASARI FILHO, 1995).

Ainda segundo o Autor, na caracterização das alterações deve-se levar em conta a identificação, o alcance, a propagação, a magnitude, a temporalidade e as propriedades cumulativas e sinérgicas de seus processos, sendo imprescindível que esta caracterização decorra do cruzamento do meio físico com as características operacionais e tecnológicas da correspondente atividade modificadora do meio ambiente. A aplicação desta técnica em um ambiente genérico, considerando-se alguns processos do meio físico e alguns processos tecnológicos envolvidos nos projetos rodoviários são apresentados no QUADRO 4.1.

Da mesma forma, na definição de medidas mitigadoras dos impactos negativos, deve-se buscar as melhores soluções na própria concepção tecnológica de intervenção no meio ambiente; o mesmo deve ocorrer na definição de indicadores de alterações a serem medidos, bem como de locais e da frequência de medições, para fins de acompanhamento e monitoramento dos impactos.

De acordo com GARCIA NOVO (1992); SÁNCHEZ (2000) *apud* ROMANINI (2000), para identificar, prever e avaliar os impactos ambientais de um projeto de rodovia é usual decompor o empreendimento nas diversas fases de seu ciclo de vida, quais sejam, planejamento, implantação, operação e desativação.

Os impactos das fases de planejamento e implantação têm sido, em geral, amplamente considerados nos estudos de avaliação de impacto ambiental (AIA). Os impactos da desativação de rodovias, no contexto atual, não têm sido abordados, já os impactos da fase de operação só recentemente começaram a ser melhor estudados verificando-se que a intensificação dos processos erosivos, indução de escorregamentos e assoreamento de corpos d'água são impactos importantes da fase de operação de rodovias.

KESSELRING; KESSELRING (1999), apresentaram os impactos ambientais causados pelos serviços de terraplenagem e pavimentação, exploração de materiais e pela disposição de materiais excedentes que ocorrem na área de influência direta das rodovias.

Segundo os Autores, construções projetadas pelo método do "bota-dentro", onde ocorrem escavações do terreno natural paralelamente ao eixo da futura rodovia, acumulando o material sobre a plataforma projetada ou próximo aos "off-sets", cria uma série imensa de "piscinas" ao longo das rodovias, tanto à jusante como à montante, gerando problemas como: ambiente favorável à proliferação de vetores de doenças (mosquitos, caramujos etc); grandes taludes compostos pela soma das alturas do aterro construído e da caixa de empréstimo explorada e alteração do relevo.

QUADRO 4.1 Processos tecnológicos e do meio físico.

FASE	PROCESSOS TECNOLÓGICOS		RASTEJO DE SOLO	QUEDA DE BLOCO OU DETRITO	ESCOAMENTO DAS ÁGUAS EM SUPERFÍCIE
	PROCESSOS DO MEIO FÍSICO				
I M P L A N T A Ç Ã O	INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS	A alteração no processo tende a não ser significativa.	A alteração no processo tende a não ser significativa.	A alteração no processo tende a não ser significativa.	A alteração no processo tende a não ser significativa.
	MOVIMENTAÇÃO DE SOLO E ROCHA	A retirada ou acúmulo de solo ou outros materiais em terrenos sujeitos a rastejo tende a intensificar este processo, principalmente a partir de cortes executados em corpos de talús.	A execução de taludes de corte, ao envolver a remoção de materiais superficiais de sustentação, pode provocar a intensificação do processo.	A retirada ou acúmulo de solo ou outros materiais modifica as condições topográficas do terreno e, conseqüentemente, todo o processo de escoamento das águas precipitadas ou aflorantes, podendo interrompê-lo (represamento), acelerar ou reduzir a sua velocidade, concentrando ou dispersando as águas. As conseqüências da alteração se traduzem por reflexos imediatos nos processos com os quais o escoamento superficial interage com mais intensidade (erosão pela água, escorregamento, movimentação das águas de subsuperfície, inundação entre outros).	
	OBRAS DE CONTENÇÃO, DRENAGEM, PROTEÇÃO SUPERFICIAL E OBRAS DE ARTE	As obras de proteção superficial, contenção e, principalmente, as de drenagem profunda retardam o processo rastejo de solo no local de sua implantação.	As obras de contenção e drenagem superficial agem funcionalmente no sentido de retardar ou eliminar o processo no local de sua implantação.	As obras de contenção e proteção superficial modificam as condições locais da superfície do terreno e, conseqüentemente, do escoamento das águas precipitadas, acelerando-o ou retardando-o, dependendo das modificações impostas. As obras de drenagem, em complemento, captam e aduzem as águas, concentrando o escoamento que, nos pontos de lançamento, interagem sobremaneira com outros processos.	
	TRATAMENTO DO LEITO E ACOSTAMENTOS	A alteração no processo tende a não ser significativa.	A alteração no processo tende a não ser significativa.	O tratamento impermeabiliza o solo, tornando o leito um elemento captador e adutor das águas precipitadas para pontos de lançamento concentrado (em sistema de drenagem ou terrenos adjacentes). A produção eventual de asfalto no canteiro de obras pode gerar resíduos (poluentes) dissemináveis pelo escoamento das águas em superfície (com conseqüentes interações físico-químicas na água e no solo).	
	OBRAS DE SINALIZAÇÃO E SEGURANÇA	A alteração no processo tende a não ser significativa.	A alteração no processo tende a não ser significativa.	A alteração no processo tende a não ser significativa.	
	TRÁFEGO DE VEÍCULOS	A alteração no processo tende a não ser significativa.	A alteração no processo tende a não ser significativa.	A alteração no processo escoamento das águas em superfície tende a não ser significativa. Cargas poluidoras acidentadas podem ser amplamente disseminadas através do processo escoamento das águas em superfície.	
O P E R A Ç Ã O	MANUTENÇÃO PREVENTIVA OU CORRETIVA	A manutenção preventiva ou corretiva das obras de contenção, drenagem e proteção superficial garantem as condições para a estabilização do processo rastejo de solo.	A manutenção preventiva ou corretiva das obras de contenção, drenagem e proteção superficial garantem as condições para a estabilização do processo queda de bloco ou detrito.	A manutenção preventiva ou corretiva das obras de contenção, drenagem e proteção superficial garantem as condições para o estabelecimento de um novo patamar de equilíbrio do processo escoamento das águas em superfície.	

Fonte: FORNASARI FILHO et al. (1992)

A disposição de materiais excedentes dos cortes e terraplenagem, de revestimento asfáltico, de demolição de construção civil, drenagens e de desmatamento, provocam a desconformação do relevo, alteram a circulação e qualidade das águas.

Quando dispostos em talvegues ou próximos a açudes e lagoas, também interferem no escoamento natural das águas, trazendo como conseqüência o assoreamento diminuindo, assim, a intensidade de vazão, a qualidade dos mananciais, a destruição da vegetação existente ou até mesmo a sobrevivência de algumas espécies aquáticas.

No entanto, segundo os Autores, o que se observa é que os serviços ambientais são executados após a realização dos demais serviços, acarretando custos maiores, uma vez que os equipamentos necessários para a execução dos mesmos já foram, muitas vezes, retirados das obras.

KESSELRING; KESSELRING (1999), recomendam que os serviços e obras de engenharia sejam realizados concomitantemente com os serviços ambientais, diminuindo, assim, os custos e garantindo que a execução dos serviços ambientais seja realizada a contento.

ROMANINI (2000), apresentou uma revisão de alguns dos principais impactos ambientais da fase de operação de uma rodovia, visando subsidiar os procedimentos ambientais a serem propostos no modelo prático do Sistema de Gestão Ambiental da VIAOESTE (Concessionária de Rodovias do Oeste de São Paulo S/A).

De acordo com ROMANINI (2000), o escoamento superficial das águas e a produção de sedimentos são os processos físicos-chaves, por meio dos quais as rodovias causam impactos sobre os rios e outros ecossistemas aquáticos, sendo que as distâncias dos efeitos resultantes variam amplamente. Estudos de monitoramento do escoamento superficial em auto-estradas têm evidenciado os tipos de poluentes presentes e demonstrado como muitos poluentes carreados e suas concentrações dependem das características das rodovias e do padrão de precipitação (BARBOSA; HVITVED-JACOBSEN, 1999; STOTZ, 1987 *apud* ROMANINI, 2000).

O aumento do escoamento superficial, associado às rodovias, pode aumentar a taxa e a extensão de erosões, reduzir a percolação e as taxas de recarga dos aquíferos, alterar a morfologia de canais e aumentar a taxa de descarga de rios (BESCHTA, 1978 *apud* ROMANINI, 2000). Picos de descarga ou enchentes reestruturam áreas ribeirinhas através do rearranjo de canais, troncos de árvores, braços de rios, seixos rolados, depósitos de sedimentos finos e poças.

Em áreas de floresta, a combinação de desmatamento e rodovias aumenta os picos de descarga e inundações rio abaixo (WEMPLE *et al*, 1998). Os impactos causados por rodovias nos ecossistemas de florestas incluem aumento da contribuição de sedimentos finos para os canais de drenagem, taxas aceleradas de escorregamentos durante as grandes enchentes, aumento e mudança da densidade de drenagem e de picos dos eventos de “runoff” (WEMPLE *et al*, 1998 *apud* ROMANINI, 2000).

A remoção da floresta resulta em menor evapotranspiração e capacidade de armazenamento de água, mas a rodovia por si pode aumentar as taxas de pico de descarga. Além disso, a frequência de cheias em uma bacia hidrográfica correlaciona-se com a porcentagem de áreas cobertas por rodovias (HARR *et al*, 1975; JONES; GRANT, 1996 *apud* ROMANINI 2000).

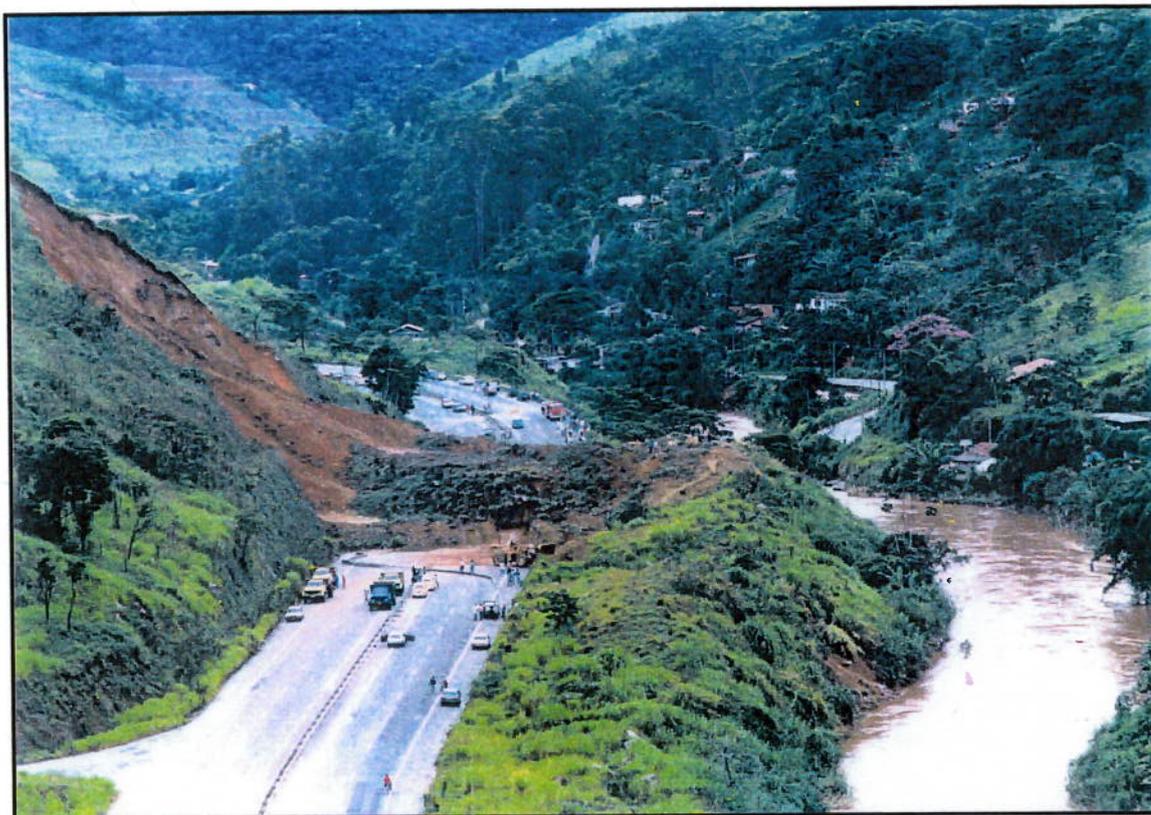
Estudos realizados no oeste do Oregon, nos Estados Unidos, demonstram que a posição da rodovia em relação à paisagem é um determinante chave do tipo e magnitude dos impactos causados pela mesma (WEMPLE *et al*, 1998).

A poeira originada das rodovias, apesar de ser um fenômeno ainda muito pouco estudado, pode prejudicar a vegetação de áreas próximas, prover nutrientes para o crescimento de plantas ou alterar o pH do solo e tipo de vegetação (SANTELMAN; GORHAM, 1988 *apud* FORMAN; ALEXANDER, 1998).

Movimentos de massa, associados a rodovias, podem ser as principais fontes de sedimentos (BESCHTA, 1978 *apud* ROMANINI, 2000). Muitos dos sedimentos originados destes fenômenos acumulam-se nas rampas mais baixas e são objeto de processos erosivos subseqüentes, provocados quer pelas drenagens das rodovias, quer pela incidência de chuva em áreas não protegidas por vegetação. Estes sedimentos então atingem as planícies de inundação ou rios, alterando os ecossistemas ribeirinhos, morfologia dos canais ou *habitats* aquáticos.

Esta situação ocorreu associada ao grande deslizamento de encosta no km 42 da Rodovia Anchieta. Os sedimentos depositaram-se nos patamares abaixo e sobre eles iniciaram os processos erosivos que podiam provocar alterações no rio Pilões, um dos principais mananciais de abastecimento da Baixada Santista (SADOWSKI *et al*, 2001).

Outro exemplo ocorreu na Rodovia BR-040-RJ, em Pedro Rio. Os materiais movimentados interditaram a rodovia, se depositaram nos patamares abaixo e comprometeram as margens do rio adjacente (FOTO 4.1, LUCAREVSCHI, 1993).



Fonte: LUCAREVSCHI (1993)

FOTO 4.1 Grande escorregamento ocorrido na rodovia BR-040-RJ.

Grande parte do carreamento de substâncias químicas a partir das rodovias ocorre nas grandes enchentes, através do solo ou sobre o mesmo. Os poluentes decorrentes do carreamento superficial alteram a composição química do solo, podendo ser absorvidos por plantas e afetar o ecossistema de rios, onde são diluídos e dispersos a grandes distâncias (BROWN, 1994 *apud* ROMANINI 2000; GILSON *et al*, 1994). Hoje se reconhece que as águas pluviais são a causa direta de mais da metade da contaminação das águas no Estado da Flórida, sendo que as águas carreadas das rodovias têm grande importância nesse processo (RIVERO-DE-AGUILAR; BATEMAN, 1992 *apud* ROMANINI, 2000).

Segundo RIVERO-DE-AGUILAR; BATEMAN (1992), praticamente todos os metais pesados que chegam às águas superficiais da Flórida são consequência do carreamento superficial e parecem estar relacionados com os veículos.

Os elementos químicos Na e Cl, provenientes do sal usado para impedir a formação de gelo nas rodovias, corrói veículos e pontes, contamina mananciais de abastecimento e são tóxicos para muitas espécies de plantas, peixes e outros organismos aquáticos (ARMRHEIN *et al*, 1992). Também CaCl_2 , usado para reduzir a quantidade de poeira em rodovias, pode inibir o movimento de anfíbios (DEMAYNADIER; HUNTER, 1995 *apud* ROMANINI, 2000).

Metais pesados são relativamente estáveis e distribuídos de forma heterogênea nas faixas de domínio, especialmente devido ao sistema de drenagem (HEWITT; RASHED, 1991 *apud* FORMAN; ALEXANDER, 1998; MONTGOMERY, 1994). Solos adjacentes às pistas das rodovias usualmente contém as maiores concentrações de metais pesados (WUST *et al*, 1994 *apud* FORMAN; ALEXANDER, 1998).

Elevadas concentrações em tecidos de gramíneas podem ocorrer a distâncias entre 5 e 8 m das pistas de rodovias, embora altas concentrações de chumbo tenham sido encontradas em solos distantes 25 m das pistas (LAGERWERFF; SPECHT, 1970 *apud* FORMAN; ALEXANDER, 1998).

O escoamento superficial é a principal fonte de metais pesados encontrados em rios, especialmente Pb, Zn, Cu, Cr e Cd (BROWN, 1994; GILSON *et al*, 1994). Alto volume de tráfego e alta concentração de metais dos escoamentos superficiais de rodovias têm correlação com mortalidade de peixes e outros organismos aquáticos (HORNER; MAR, 1983). Outras fontes importantes de contaminação do solo e da água são os produtos químicos oriundos de acidentes com cargas perigosas.

FORMAN; ALEXANDER (1998), fizeram uma abrangente revisão da literatura científica da América do Norte, Europa e Austrália, constatando-se diversos impactos negativos das estradas sobre a flora e fauna. Entre os principais fatores que afetam os sistemas aquáticos estão os aumentos de sedimentos, metais pesados e sais usados para remoção do gelo. Os Autores relataram que o efeito ecológico das estradas estende-se na paisagem além da estrada em uma área mais larga denominada "zona do efeito estrada".

FORMAM (2001), avançando nos estudos, concluiu que a "zona do efeito estrada" compreenderia uma faixa maior que 600m de cada lado da via.

No QUADRO 4.2 apresenta-se uma síntese dos principais efeitos e impactos ambientais induzidos por empreendimentos rodoviários ao meio físico.

QUADRO 4.2 Principais efeitos e impactos ambientais induzidos por
Empreendimentos rodoviários ao meio físico

1. Intensificação dos processos erosivos
2. Retardamento/eliminação dos processos erosivos
3. Intensificação da deposição de sedimentos
4. Assoreamento de corpos d'água
5. Alteração do relevo
6. Alteração das espessuras das camadas superficiais
7. Alteração do comportamento hidrogeotécnico local
8. Eliminação da infiltração das águas precipitadas
9. Redução da área de recarga de aquíferos
10. Redução dos mecanismos de infiltração, escoamento subterrâneo e capilaridade
11. Alteração da qualidade das águas
12. Alteração potencial dos processos pedogenéticos
13. Alteração do escoamento das águas de superfície
14. Intensificação das interações físico-química na água e no solo
15. Aumento potencial da erosão pelo vento
16. Aumento potencial de partículas em suspensão no ar
17. Alterações na qualidade do ar
18. Estabilização dos processos do meio físico
19. Redução da resistência mecânica dos solos
20. Intensificação dos processos de inundação
21. Aumento potencial dos níveis de ruído
22. Melhoria dos acessos
23. Alteração das condições climáticas locais
24. Indução de escorregamentos e outros movimentos de massa
25. Risco de poluição da água e do solo com substâncias químicas

Fonte: modificado de SÁNCHEZ (2001)

Do exposto anteriormente, observa-se que toda obra rodoviária de extrema importância à comunidade, pode gerar impactos diretos e indiretos, positivos e negativos ao meio ambiente e que o planejamento, implantação, ampliação e operação de rodovias não se restringe somente à obra propriamente dita, mas implica na verificação de todos os impactos ambientais gerados inclusive por outras atividades a elas associadas. Assim, nota-se a relevância da caracterização e entendimento da natureza das intervenções rodoviárias, sua interação com meio ambiente e atendimento dos preceitos da legislação ambiental.

Capítulo 05

Metodologias Relacionadas à Gestão Ambiental de Rodovias

Muitas técnicas, sistemáticas e metodologias têm sido propostas e utilizadas para tentar gerenciar os inúmeros problemas que ocorrem associados às rodovias, seja na faixa de domínio ou nos entornos das mesmas.

PIVETTI *et al.* (1982) chamam a atenção à forma de gestão do setor rodoviário, ou seja, construção de vias de acesso por todo País, nas diferentes condições, porém, não priorizando a manutenção destas mesmas vias, não mantendo os padrões anteriormente vigentes, resultando em uma malha deficiente com freqüentes interrupções de tráfego em inúmeras regiões, principalmente por ocasiões de chuvas intensas.

Segundo os Autores, as equipes de trabalhadores que atuavam na manutenção das estradas foram praticamente eliminadas como solução encontrada frente aos fatores econômicos adversos. A falta de controle gerada nos serviços de manutenção levou a gastos exorbitantes para a restauração e consolidação das vias e ainda a um acúmulo muito grande de passivos ambientais.

Para LUZ; PIMENTA (1998) os processos propostos para sistematização da manutenção rodo-ferroviária foram sendo desenvolvidos ao longo do tempo e continuam em constante evolução.

Nos últimos anos, seja por exigências de organismos financiadores internacionais, seja por iniciativa dos DER, vários estudos têm sido realizados voltados à resolução/recuperação dos passivos ambientais acumulados na construção, operação e conservação das redes rodoviárias e os mesmos vêm sendo utilizados para subsidiar o gerenciamento ambiental de rodovias.

Segundo ALMEIDA *et al.* (1998) com os programas de privatizações de estradas, os trabalhos de conservação de vias públicas também ganharam maior importância. Cita-se como exemplo o programa de conservação da Rodovia BR-040, que vem desenvolvendo serviços de levantamento, monitoramento e intervenção em vários taludes ao longo do trecho entre Petrópolis-RJ e Juiz de Fora-MG. Outro exemplo é a recém inaugurada Linha Amarela, que faz a ligação entre os bairros da Ilha do Fundão e a Barra da Tijuca. Construída às custas de vários cortes tanto em solo como em rocha, e abertura de túneis em rocha, necessita de manutenção e monitoramento permanentes.

De acordo com MANZANEDO (1992); SETRA (1993); FORMAN; ALEXANDER (1998) *apud* ROMANINI (2000), princípios e procedimentos ecológicos estão ganhando grande importância na política ambiental do setor de transporte em todo o mundo. Austrália, Holanda, Canadá, França, Estados Unidos, Espanha e outros países desenvolvidos têm realizado pesquisas e implementado medidas de mitigação e compensação, para os efeitos decorrentes da implantação e operação da infraestrutura rodoviária, com enfoques diferenciados.

Assim, neste capítulo apresenta-se algumas técnicas, sistemáticas e metodologias relacionadas à gestão ambiental de rodovias. Ênfase é dada àquelas propostas e utilizadas para gestão de áreas degradadas por movimentos gravitacionais de massa. Apresenta-se ainda algumas metodologias que têm sido utilizadas, principalmente, na busca de locais mais viáveis a serem recuperados ao longo da via, isto é, gestão de passivos ambientais.

5.1 Sistemática da manutenção convencional

Corresponde à execução de trabalhos de recuperação de locais isolados da via após a constatação da sua deteriorização. Trata-se de uma sistemática de manutenção de caráter determinístico, ou seja, tratamento de pontos isolados da via, muitas vezes conduzindo-os a um alto nível de segurança em relação aos trechos restantes.

5.2 Técnica de Costa Nunes (1982)

COSTA NUNES (1982), apresentou as principais técnicas utilizadas para prevenção de escorregamentos e para correção dos ocorridos na rodovia Rio - Teresópolis, compreendendo: *medidas de segurança permanente, medidas de emergência e interrupção da via.*

Procurou estabelecer os *parâmetros para caracterizar as condições de maior risco* e com base nas mesmas elaborar *cartas de riscos* fundamentando-se nas cartas francesas ZERMOS (*Zones Exposed to Risks of Soil Movements – 1972/73 apud COSTA NUNES, 1982*). O Autor indicou ainda as providências para minimização dos riscos e os tipos de recuperação adotados, a saber:

- a) *parâmetros para caracterizar as condições de maior risco*: compreende a caracterização das chuvas destrutivas destacando-se o valor absoluto da precipitação no evento e o valor da precipitação anterior ao evento.
- b) *sistema de cadastro dos acidentes*: o Autor buscou estabelecer uma estatística dos acidentes associados aos escorregamentos nas rodovias Rio - Teresópolis, Rio-Petrópolis e Rio - Santos para priorizar os locais e assim elaborar a carta de riscos da região atravessada pelas referidas estradas.
- c) *carta de riscos*: segundo o Autor, devido ao elevado custo de se realizar a quantificação de riscos através de levantamento geológico e topográfico de detalhe, sondagens, ensaios e cálculo do fator de segurança, as cartas de riscos caracterizam-se como importantes ferramentas na priorização dos locais a serem recuperados, pois permitem selecionar os taludes de riscos mais elevado, aos quais poderia então aplicar a análise geotécnica mais apurada.

Os fatores a considerar na quantificação empírica dos riscos são, principalmente, a inclinação do talude; geologia (incluindo litologia e estruturas); geomorfologia dinâmica; hidrogeomorfologia, circulação de águas subterrâneas, drenagem superficial; clima, intensidade das chuvas e sua frequência e ocupação do terreno.

Posteriormente, a avaliação de riscos deve ser baseada no tipo de solo, condições hidrogeomorfológicas, ângulo do talude, complexidade do talude e uso do terreno. O Autor apresentou o critério de formulação de risco relativo baseando-se em STEVENSON (1977 *apud* COSTA NUNES, 1982) sendo:

$R = [(P+2W) \times (S+2C)] \times U$, onde: P= fator argila; W= fator da água; S= ângulo do talude; C = complexidade do talude; U= uso do solo.

O valor de R que indica ruptura é superior a 60.

5.2.1 Aspectos econômicos, estatísticos e decisórios

COSTA NUNES (1982), utilizou para correção e prevenção dos escorregamentos ocorridos, respectivamente, as seguintes técnicas: medidas de segurança permanente, medidas de emergência e interdição da estrada.

As medidas de segurança permanente e medidas de emergência compreendem: taludamento ou suavização, drenagem superficial, drenagem profunda, proteção superficial, estruturas de contenção, estruturas ancoradas e terreno reforçado, estacas e diafragmas, estruturas de impacto, enrocamento e gabiões, terra armada e terra protendida (muitas foram utilizadas na recuperação de taludes na Rio -Teresópolis).

Face ao custo das medidas de segurança permanentes, elas só são economicamente viáveis quando se destinam a resistir a chuvas de período de recorrência baixo, ou risco alto, de acordo com o critério de JANBU (1980 *apud* COSTA NUNES, 1982) que propõe para probabilidade de ruptura a expressão: $Pr = 10^{-r}$ onde r é o fator de risco, logo tem-se: $r < 2$ alto risco; $r = 3$ risco moderado e $r > 3$ risco baixo.

Para chuvas de período de recorrência maiores do que 500 anos ($r \sim 2,5$), a interdição da estrada, é a medida mais indicada (COSTA NUNES, FERREIRA, MAGADALA, 1971 *apud* COSTA NUNES, 1982).

5.3 Tecnologia de manutenção rodo-ferroviária proposta por PIVETTI *et al.* (1982)

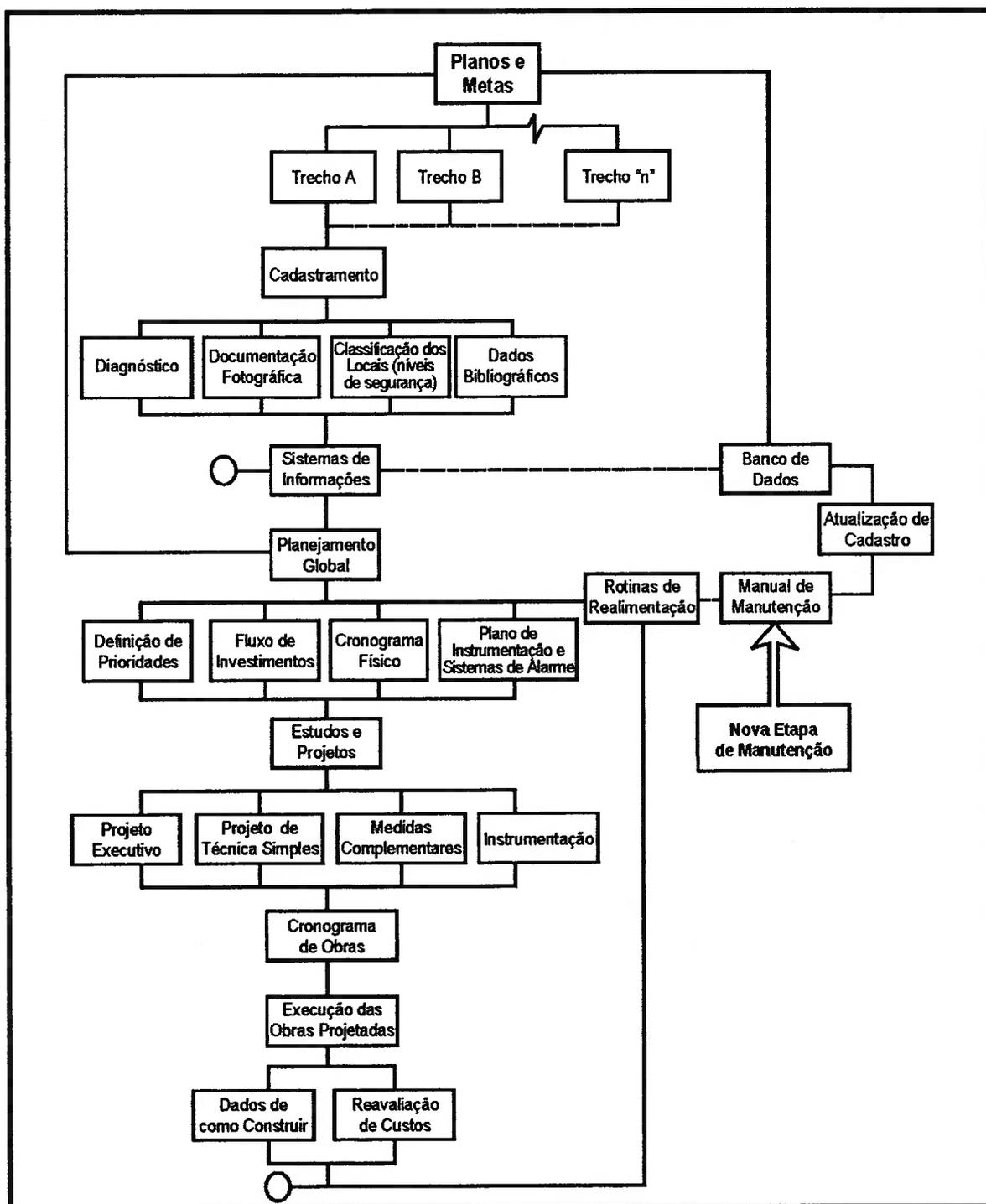
Segundo PIVETTI *et al.* (1982), devido à constante deterioração dos serviços de manutenção rodo-ferroviária, vultosas verbas são despendidas na restauração de pontos isolados. Para os Autores, através do cadastramento, análise, estabelecimento de níveis de segurança, planejamento, obras adequadas e arquivo, pode-se obter melhores resultados. Assim, propuseram uma tecnologia de manutenção, contemplando um manual de manutenção e a implantação de um banco de dados para futuros tratamentos estatísticos dos eventos.

A tecnologia proposta compreende uma sistematização de procedimentos, com um enfoque global baseado na observação constante dos eventos, com caráter preventivo visando à uma alocação mais adequada de recursos, de maneira a se obter níveis de segurança compatíveis com a operação, ao longo de toda extensão da via (FIGURA 5.1). Os principais fundamentos da proposta são apresentados a seguir:

- *cadastramento*: constitui-se em atividade fundamental dentro da Nova Tecnologia de Manutenção, por fornecer as informações através das quais um planejamento global adquirirá consistência diante dos serviços de manutenção;

Durante o cadastramento são levantados todos os problemas e infra-estrutura da estrada, tais como: elementos referentes à estabilidade, sistemas de drenagem, proteção superficial, ocorrências de solos e rochas, entre outras, que permitam a elaboração de um diagnóstico geral, resultando num inventário das condições da via. Através de análise comparativa dos dados levantados e, considerando-se todos os demais fatores expostos, os locais serão enquadrados em níveis de segurança. A documentação fotográfica das ocorrências observadas, juntamente com a coleta dos dados bibliográficos e eventuais elementos da construção, complementam esta atividade;

- *sistema de informações*: as informações coletadas na fase de cadastramento e, posteriormente, aquelas coletadas na fase de execução e utilização da obra, serão armazenadas constituindo-se num "Banco de Dados", que permitirá o controle permanente da situação da via. Este sistema, sendo realimentado freqüentemente, permite uma avaliação da eficiência das soluções adotadas e, no futuro, um tratamento estatístico dos problemas;



Fonte: PIVETTI et al. (1982)

FIGURA 5.1 Fluxograma da nova tecnologia de manutenção

- *planejamento global*: efetuado pelo conhecimento das condições da via, definindo-se prioridades para cada local, tratando-os de acordo com suas necessidades, importância relativa no contexto global e disponibilidade de recursos. Destas análises resultarão fluxos de investimentos, cronogramas de obras, além do estabelecimento das rotinas necessárias para a realimentação do sistema.

Determinados tipos de análises de características globais, como verificação e complementação de drenagem de plataforma, planos de instrumentação, podem ser perfeitamente elaborados, face à consistência dos dados disponíveis;

- *estudos e projetos*: para cada local a solução será definida de forma a se garantir uma segurança compatível com suas condições e importância relativa, face aos demais, de acordo com os recursos disponíveis. Desta forma, poderão ser necessários: instrumentação ou simples observações; medidas complementares; projetos de técnicas simples; projetos executivos; reciclagem do sistema.

Com os procedimentos descritos e atualizações de cadastros, através de visitas periódicas aos trechos, se estabelece uma manutenção sistematizada, que permite controle eficiente da situação da via pela organização do “Banco de Dados”, constantemente atualizado. Todas estas atividades permitirão a elaboração de um “Manual de Manutenção”, além do treinamento técnico de pessoal que sistematizará a conservação da via.

PIVETTI *et al.* (1982), fizeram ainda uma analogia entre a aplicação de técnicas de Manutenção Convencional e a nova Tecnologia de Manutenção, apresentando as várias deficiências da Manutenção Convencional e as vantagens da Manutenção Planejada. Para tal utilizaram conceitos de segurança, análise de tratamento de um dado local, condicionantes, tipos de tratamento e tipos de solução.

5.4 Metodologia do DER/SP; IPT (1991)

Esta metodologia foi desenvolvida para aplicação na recuperação de taludes de rodovias, tendo como fundamento a ordenação das fases de trabalho e o correto cumprimento das mesmas, compreendendo os seguintes pontos principais:

- estudos e investigações;
- concepção e elaboração do projeto de estabilização;
- execução das obras e sua fiscalização;
- manutenção e controle das obras.

De acordo com DER; IPT (1991), a conservação rodoviária desempenha um papel fundamental para a operação eficiente da malha rodoviária e também para minimizar os custos, uma vez que, os recursos a serem alocados em programas de manutenção são muito inferiores àqueles necessários para a execução de grandes obras de estabilização. Assim nota-se que, os trabalhos de conservação devem apresentar, principalmente, um caráter preventivo, impedindo sempre que possível a ocorrência de problemas de maior gravidade, através da atuação sobre os mesmos na sua fase inicial.

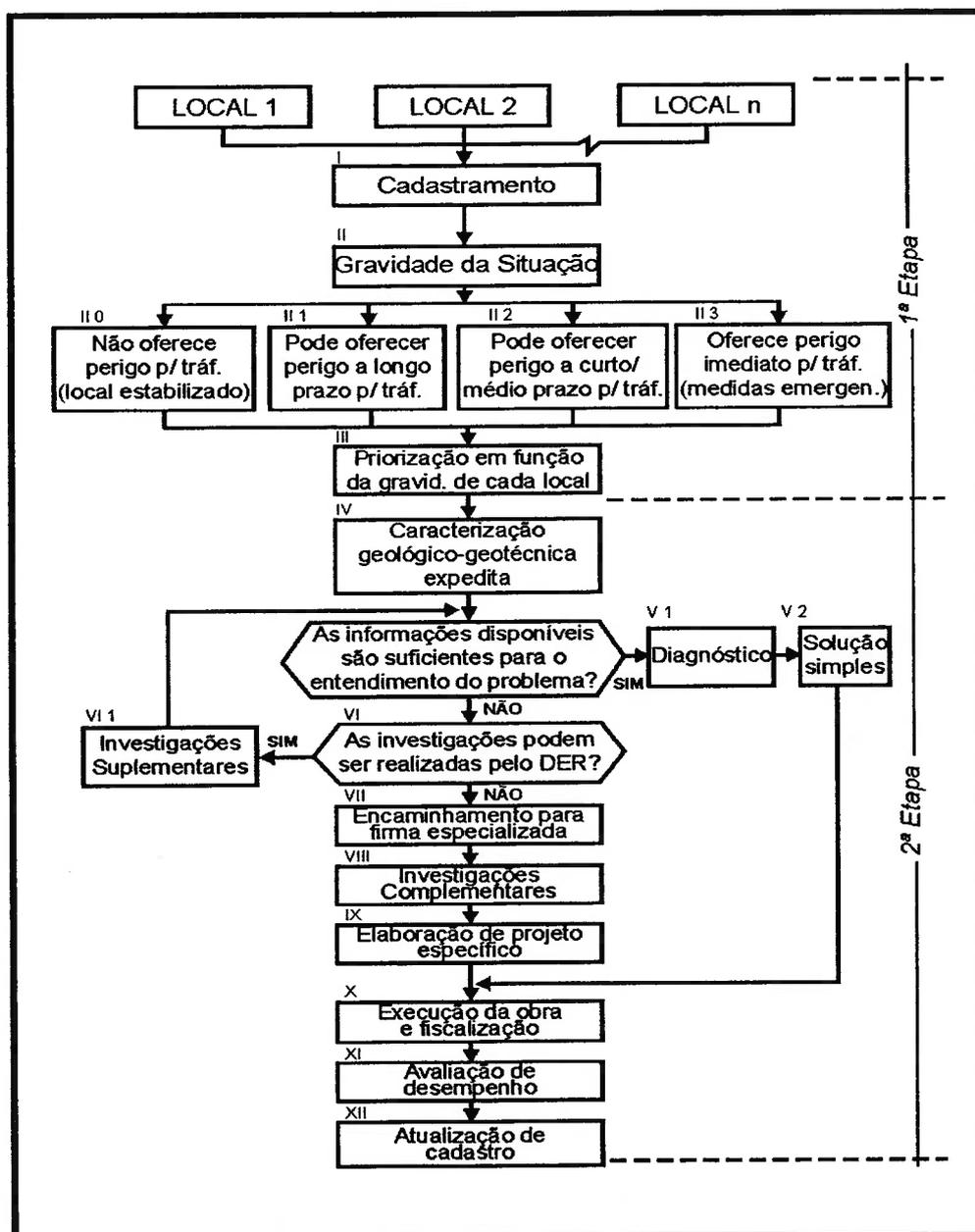
Para que esta atuação possa ser eficaz é necessário acompanhar como os condicionantes do meio físico reagem frente às diversas solicitações impostas. É com base no conhecimento das variações que devem ser definidas as medidas de prevenção e correção a serem adotadas, conforme apresentado a seguir.

5.4.1 Atuação e planejamento para recuperação de taludes de rodovias

De acordo com DER/SP; IPT (1991), a atuação diante de problemas geotécnicos em rodovias implica, além da disponibilidade de recursos financeiros, em um planejamento adequado que possibilite definir prioridades entre os diversos locais com problemas ao longo de uma rodovia. A FIGURA 5.2 mostra o fluxo de atividades que possibilitam a realização do planejamento com base na manutenção preventiva e no entendimento dos processos de instabilização, privilegiando a adoção de soluções simples. O fluxo de atividades que compõe o planejamento é constituído de duas etapas distintas:

- a primeira compreende o cadastramento, a avaliação da gravidade da situação e a priorização dos locais a serem recuperados;

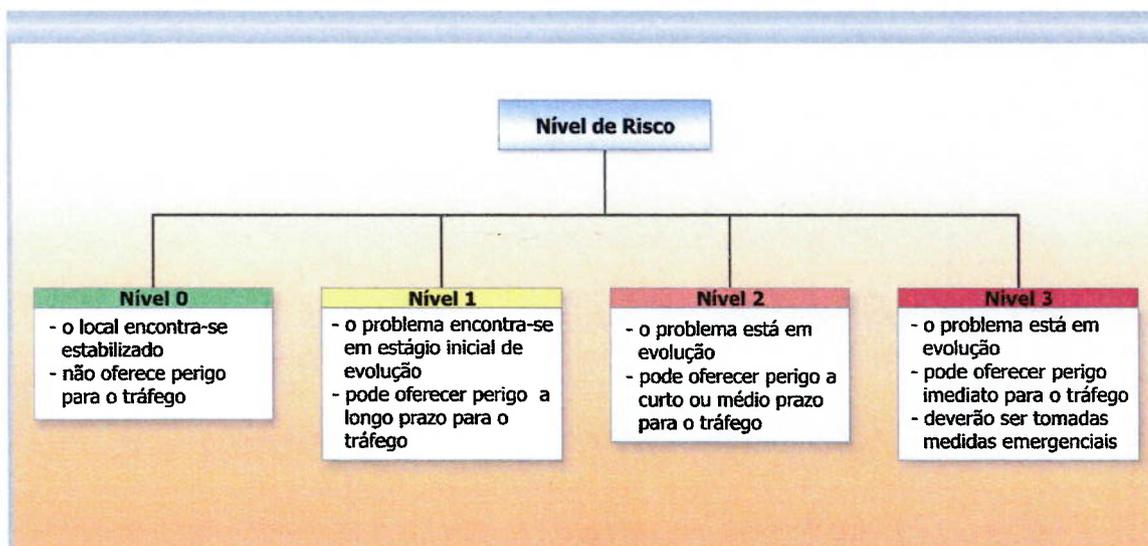
- a segunda etapa inclui a caracterização geológica/geotécnica expedita, o diagnóstico dos problemas, a proposição de soluções, a execução de obras de estabilização, sua fiscalização e avaliação de desempenho.



Fonte: DER/SP; IPT (1991)

FIGURA 5.2 Fluxo de atividades para planejamento de obras de estabilização

Na primeira etapa o cadastramento poderá ser feito utilizando-se uma ficha como a apresentada na FIGURA 5.3.



Fonte: DER/SP; IPT (1991), organizado pela Autora (2004)
 FIGURA 5.4 Níveis de riscos.

As fichas de cadastro fornecem um panorama dos problemas e seus níveis de riscos. Para facilitar a priorização, as informações contidas nas fichas devem ser sintetizadas em quadro-resumo e os locais devem ser indicados no mapa da Regional (FIGURA 5.5). Assim é possível definir prioridades para os diversos locais cadastrados (DER; IPT, 1991).

DER - DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO

DR - _____ RC - _____ DATA: ____/____/____ PREENCHIDA POR: _____

QUADRO - RESUMO DOS PROBLEMAS

Identificação			Data do último cadastro			Problema ocorrido em			Gravidade da situação na data do último cadastro (Quadro II)	Ordem de Prioridade (Quadro III)	Sol. Adotada		Situação Atual				Observações
Local	SP	km	Corte (m ²)	Aterro (m ²)	Obra de Cont. (tipo)				Pelo DER	Por Firma Especializada	Proj. em elab.	Proj. concl. (data)	Obra em exec.	Obra concl. (data)			

LEGENDA

- NÍVEL 0
- ▤ NÍVEL 1
- ▥ NÍVEL 2
- NÍVEL 3

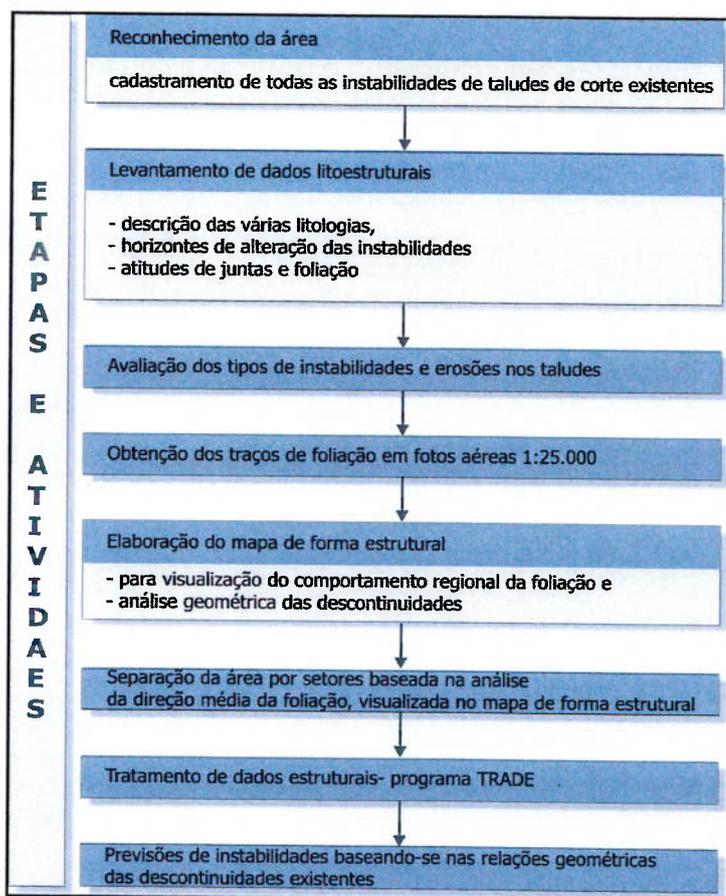
Fonte: DER/SP; IPT (1991)

FIGURA 5.5 Quadro resumo com a priorização e localização dos problemas

Nessa priorização serão ponderados fatores ligados à gravidade da situação, a importância de cada local para a segurança da via, bem, como a necessidade de se atuar sobre os problemas em sua fase inicial. Dessa análise resultarão subsídios para que a distribuição de recursos se faça de maneira racional.

5.5 A influência das estruturas geológicas em instabilidades de taludes em saprolitos – uma abordagem regional – RIEDEL *et al.* (1995)

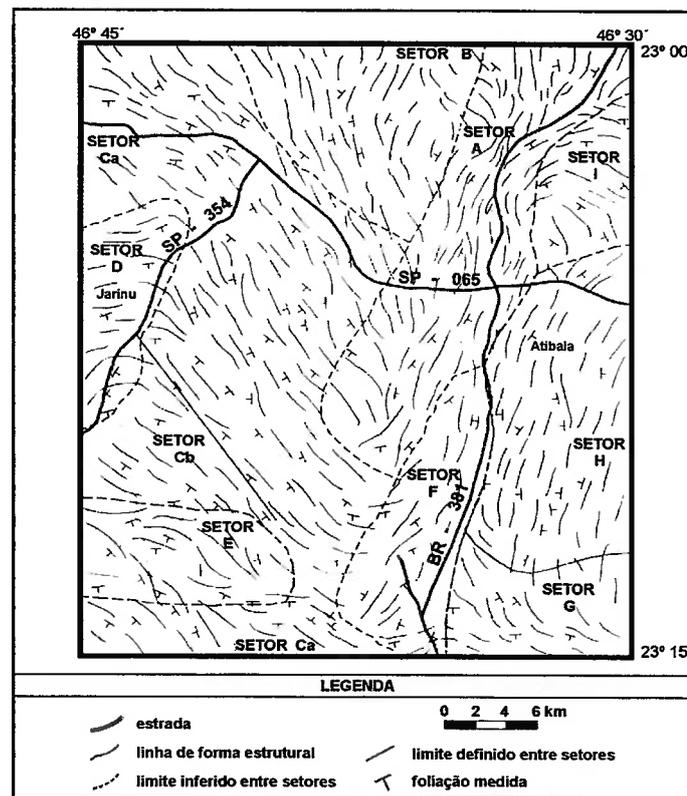
RIEDEL *et al.* (1995), avaliaram os condicionantes estruturais de estabilidade de taludes de corte em horizontes de saprolitos, na área que compreende a folha de Atibaia-SP, na escala 1:50.000. O trabalho apresentou uma abordagem regional, baseada em dados obtidos por sensoriamento remoto, complementados por trabalhos de campo. O método utilizado visa ao estabelecimento de previsões de instabilidades em taludes existentes nas principais estradas da área, bem como em cortes futuros, para auxiliar o planejamento rodoviário. Apresenta-se na FIGURA 5.6 as várias etapas desenvolvidas pelos Autores para realização do trabalho.



Fonte: RIEDEL *et al.* (1995), organizado pela Autora (2004)

FIGURA 5.6 Etapas e atividades desenvolvidas por RIEDEL *et al.* (1995).

Segundo RIEDEL *et al.* (1995), a separação em setores e a análise geométrica permitiram verificar que as estruturas geológicas que provocam a individualização dos blocos e erosões nos taludes são juntas e foliações, o que consubstanciou a separação da área em nove setores (FIGURA 5.7). Para a realização das previsões, foram projetadas nos estereogramas as direções médias atuais das estradas.



Fonte: RIEDEL *et al.* (1995)

FIGURA 5.7 Mapa de forma estrutural e de setores de análise.

Os Autores concluíram que as estruturas reliquias são importantes condicionantes das estabilidades em taludes de corte nos horizontes de saprolito, e que o estudo destas estruturas é indispensável à compreensão e previsão das instabilidades nestes materiais. O mapa de forma estrutural foi fundamental para a visualização do comportamento da foliação, em toda região, e consistiu na principal ferramenta para a setorização da área.

Através da setorização, pode-se estabelecer o modelo geométrico para cada setor, imprescindível aos estudos de estabilidade de taludes, no que concerne ao entendimento dos processos instalados e previsões de futuras instabilidades. Na proximidade das zonas de cisalhamento devido à grande variabilidade da foliação, adotaram um modelo geométrico médio, que não consegue satisfazer plenamente as condições observadas em campo, mas que apresenta relativa eficácia.

5.6 Metodologia do DNER (1996)

Esta metodologia foi desenvolvida para o gerenciamento do passivo ambiental em rodovias do Estado do Rio de Janeiro. Ressalta-se que a mesma orientou muitos estudos desta natureza, realizados em outros estados brasileiros (BELLIA, 1999). As atividades contempladas compreendem: a priorização de intervenções corretivas, método para priorização de intervenções, determinação do IP (Índice de Prioridade) e a classificação de soluções propostas.

Os trabalhos iniciam-se pelo conhecimento do conjunto da malha rodoviária e de suas interações com o meio. Para tanto foi proposto um quadro (QUADRO 5.1) onde estão classificados os tipos de problemas que podem ser encontrados. Assim, todos os problemas que podem ser reconhecidos como passivo, deverão ser objeto de levantamento expedito, com identificação, dimensão aproximada e localização, incluindo no mínimo:

- identificação de problemas ambientais decorrentes da implantação da rodovia tais como, erosão, assoreamento, escorregamentos, inundações, que interfiram ou possam interferir no corpo estradal e em áreas e/ou comunidades lindeiras à faixa de domínio da rodovia;
- identificação de problemas ambientais decorrentes de atividades de terceiros, como lavouras, comércios, indústrias, que interfiram ou possam interferir no corpo estradal e em áreas e/ou comunidades lindeiras à faixa de domínio da rodovia;
- identificação de antigas áreas de apoio como acampamentos, usinas, pedreiras, jazidas, bota-foras. Verificação da possibilidade de interferência na rodovia e/ou comunidades lindeiras.

O passivo ambiental pode ser levantado com auxílio de um conjunto de quadros (como por exemplo, o apresentado a seguir, denominado de QUADRO 5.2) que constituirão um banco de dados homogêneos das áreas degradadas. Os levantamentos devem ser complementados por relatórios fotográficos, croquis esquemáticos e estimativas dos tipos e quantitativos de serviços e obras necessárias à eliminação ou mitigação dos problemas. Para se conseguir a maior homogeneidade possível nos levantamentos de campo, é necessário estabelecer um roteiro e definir critérios para orientação dos técnicos envolvidos no cadastramento das áreas degradadas (DNER, 1996).

QUADRO 5.1 Classificação dos problemas

PROBLEMAS EM CORTE			
(ER) EROSIÃO (01) em sulcos (02) diferenciada (03) longitudinal em plataforma (04) associada a obras de drenagem (ravina e voçoroca) (DS) DESAGREGAÇÃO SUPERFICIAL (05) desagregação superficial	(ES) ESCORREGAMENTO (06) devido à inclinação acentuada (07) ao longo de estruturas residuais (08) no contato solo/rocha (09) por saturação (10) por evolução de erosão (11) em corpo de tálus	(QB) QUEDA DE BLOCOS (12) por estruturas residuais (13) por descalçamento (RB) ROLAMENTO DE BLOCOS (14) rolamento de blocos	
PROBLEMAS EM ATERRO			
(ER) EROSIÃO (15) em sulcos (16) longitudinal em plataforma (17) associada a obras de drenagem (ravina e voçoroca) (18) erosão interna	(ES) ESCORREGAMENTO, por problemas: (19) na fundação (20) no corpo do aterro (21) em travessias de linhas de drenagem (22) nos sistemas de drenagem e proteção superficial	(RE) RECALQUE (23) deficiência de fundação (24) deficiência de drenagem (25) rompimento de bueiro (26) má compactação	
PROBLEMAS EM ÁREAS EXPLORADAS			
(ER) EROSIÃO (27) em sulcos (28) diferenciada (29) ravinamento	(ES) ESCORREGAMENTO (30) devido à inclinação acentuada (31) ao longo de estruturas residuais (32) no contato solo/rocha (33) por saturação (34) por evolução de erosão	(QB) QUEDA DE BLOCOS (35) Queda de blocos	
PROBLEMAS EM BOTA-FORAS			
(ER) EROSIÃO (36) em sulcos (37) longitudinal em plataforma (38) erosão interna (39) ravinamento	(ES) ESCORREGAMENTO, por problemas: (40) na fundação (41) no corpo do bota-fora		
(AS) OCORRÊNCIA DE ASSOREAMENTO, decorrente de: (42) erosão em corte (43) escorregamento em corte (44) erosão em aterro (45) escorregamento em aterro (46) áreas exploradas (47) bota-foras	(AL) ALAGAMENTO (48) na fundação (49) fora da faixa de domínio		
GRAVIDADE DA SITUAÇÃO			
	NÍVEL	AO TRÁFEGO	EM ÁREAS ADJACENTES
	0	Não oferece perigo	Não interfere
	1	Oferece perigo	Interfere
	2	Em evolução, pode oferecer perigo	Em evolução pode interferir
Material predominante: Rocha = RO; Solos = SO; Mistura heterogênea = MH Cobertura vegetal: sem cobertura = SC; Grama = GR; Pasto = PS; Mata floresta /nativa = MA; Outras = definir			

Fonte: modificado DNER (1996)

QUADRO 5.2 Cadastramento de áreas degradadas e segmentos homogêneos

Discriminação	Classificação do problema	Localização (km)	Montante/Jusante	Material predominante	Cobertura vegetal	Presença de água	Gravidade

Fonte: modificado DNER (1996)

5.6.1 Priorização de intervenções corretivas

Considerando-se a necessidade de gerenciamento dos recursos disponíveis para realização das intervenções, o DNER apresentou um método de priorização das intervenções, visando dirigir a execução para o conjunto que representasse o melhor/maior ganho ambiental possível em toda malha viária a cada período orçamentário chamado de *intervenção ótima* para um dado período. A intervenção ótima raramente coincide com o maior número possível de intervenções, ou com intervenção total em um ou poucos trechos.

Para tanto, apresentou um modelo de caracterização dos trechos rodoviários homogêneos que compõem a malha, em função de alguns parâmetros os quais definirão as prioridades almejadas, quais sejam: características operacionais da rodovia; características ambientais da rodovia e seu entorno; indicadores socioeconômicos.

5.6.1.1 Caracterização da rodovia

A caracterização da rodovia pode ser feita por segmentos (subtrechos homogêneos) onde são considerados parâmetros significativos como: volume de tráfego, estado de conservação e características de interesse antrópico.

- a) volume de tráfego: é analisado pelo VDM (Volume Diário Médio) e envolve simultaneamente fatores como importância da rodovia, potencial de desgaste e riscos de acidentes (função de probabilidade direta da quantidade de veículos);
- b) estado de conservação: trata-se de uma combinação das condições gerais da via, pista e acostamento, e sistema de drenagem. Este último quando apresenta falhas no seu funcionamento representa um dos maiores fatores de risco ambiental nas rodovias em operação;
- c) características de interesse antrópico: compreende interesses estratégico, socioeconômico e risco de dano ambiental:
 - *interesse estratégico*: determinados trechos de rodovias devem ter prioridade na distribuição dos recursos disponíveis. São considerados merecedores desta vantagem trechos diretamente relacionados à: rotas de evacuações de regiões de catástrofes (naturais ou não), traçados alternativos para eventual interrupção de vias principais e vias de ligação a pontos estratégicos de segurança pública/nacional;

- *interesse socioeconômico*: se aplica a vias de ligação de regiões produtoras a centros de consumo ou que permitam fluxo turístico, além de vias exclusivas para acesso de comunidades a locais com maiores ofertas de empregos e serviços;
- *riscos de danos ambientais*: são objeto de prioridade os segmentos viários implantados em áreas protegidas e, principalmente, as travessias e/ou proximidades de corpos hídricos que abastecem centros urbanos/indústrias onde acidentes podem por em risco a qualidade/quantidade das águas.

5.6.1.2 Caracterização física e biológica

Para caracterização física e biológica de cada segmento de rodovia são considerados parâmetros que representem alteração potencial significativa ao ecossistema, pelo fator de risco à integridade da rodovia e à sua condição de operação, tais como: tipo/estado do solo, cobertura vegetal e características climáticas.

A estabilidade do solo é fortemente influenciada pela existência de condicionantes locais em função de características que atuando sinergicamente a fatores edafológicos podem alterar a estabilidade de maciços.

Na caracterização da cobertura vegetal são consideradas duas variáveis, ou seja, densidade e adequação. De maneira geral uma encosta que apresenta como cobertura uma floresta preservada, não necessariamente é mais estável que uma área beneficiada por estudos e projetos específicos que indicam a adoção de combinação de floresta (árvores maiores com raízes profundas) com vegetação rasteira (raízes compactas, agregando e protegendo a camada superficial do solo) e/ou obras específicas de estabilização.

Entre as características climáticas, o aspecto mais significativo para conservação de rodovias é a intensidade/duração das precipitações. Fenômenos decorrentes como erosão, alagamento e instabilizações do solo por saturação, são potencialmente graves, implicando em riscos significativos à rodovia e ao meio ambiente, comumente levando a necessidade de obras emergenciais caracterizadas por condições de trabalho que, geralmente, não podem garantir a adoção de medidas de proteção convenientes.

5.6.2 Método para priorização de intervenções

Este método consiste no levantamento de parâmetros para caracterização da rodovia (QUADRO 5.3), determinação dos índices de priorização e determinação do índice de prioridade.

QUADRO 5.3 Levantamento de parâmetros para caracterização da rodovia.

Ficha: _____					
Rodovia: _____		Estado: _____		Residência: _____	
Trecho: _____					
Extensão: _____					
Condição geral da Via / pista e acostamento					
Péssimo	<input type="checkbox"/>	Regular	<input type="checkbox"/>	Bom	<input type="checkbox"/>
Sistema de drenagem					
Suficiente		Insuficiente		Mal Conservado	<input type="checkbox"/>
Bem Conservado	<input type="checkbox"/>				
Volume de tráfego: _____ veículo/dia					
Interesse estratégico		Sim	<input type="checkbox"/>	Não	<input type="checkbox"/>
Interesse sócio-econômico		Sim	<input type="checkbox"/>	Não	<input type="checkbox"/>
Risco de dano ambiental		Sim	<input type="checkbox"/>	Não	<input type="checkbox"/>
Cobertura vegetal					
Densa	<input type="checkbox"/>	Esparsa	<input type="checkbox"/>	Nula	<input type="checkbox"/>
Adequada		Sim	<input type="checkbox"/>	Não	<input type="checkbox"/>
Solos / talude					
Estável		Médio		Instável	
Precipitação					
_____ mm / ano		Estiagem Prolongada		Sim	<input type="checkbox"/>
				Não	<input type="checkbox"/>

Fonte: DNER (1996)

A obtenção de um índice de prioridade (IP) para cada segmento rodoviário homogêneo considerado é feita com a interação dos parâmetros de caracterização da rodovia registrados no QUADRO 5.3. Assim são determinados dois índices: Técnico (IT) e de Risco (IR). A determinação do IT é resultado da interação dos parâmetros de caracterização da rodovia com a utilização das TABELAS 1, 1a, 2 e 2a apresentadas no QUADRO 5.4.

Com o uso da TABELA 1 identifica-se o índice "V" para as condições gerais da via (pista e acostamento), onde V1 = péssimo, V2 = regular e V3= bom. Uma vez obtido este índice ele é associado aos parâmetros referentes ao sistema de drenagem com a utilização da TABELA 1a, permitindo a determinação do estado de conservação da rodovia.

QUADRO 5.4 Determinação de priorização de intervenções

Tabela 1		Condições gerais da via/pista e acostamento			
V1		Péssimo			
V2		Regular			
V3		Bom			

Tabela 1a					Estado de conservação				
Condições gerais da via		Insuficiente Mal conservada		Insuficiente Bem conservada		Suficiente Mal conservada		Suficiente Bem conservada	
V1		Péssimo		Mau		Mau		Regular	
V2		Regular		Regular		Regular		Bom	
V3		Bom		Bom		Bom		Ótimo	

Tabela 2						Índice técnico					
Estado de conservação		Volume médio de tráfego diário									
		< 300		< 700		< 1400		< 3000		> 3000	
Ótimo		0		1		1		2		2	
Bom		1		1		2		2		3	
Regular		1		2		3		3		4	
Mau		2		3		3		4		5	
Péssimo		3		3		4		5		6	

Tabela 2a			
Interesse estratégico		+1	
Interesse socioeconômico		+1	
Risco de dano ambiental		+1	

Tabela 3					Risco Geo-ambiental				
Tipo / estado de solo		Cobertura Vegetal							
		Densa/adequada	Densa/inadequada	Esparsa/adequada	Esparsa/nula/inadequada				
Estável		G0	G1	G1	G2				
Médio		G1	G2	G2	G3				
Instável		G2	G3	G3	G4				

Tabela 3a		Risco climático	
Nulo		Precipitação até 1000mm/ano sem estiagem prolongada	
Baixo		Precipitação até 1000mm/ano com estiagem prolongada	
Médio		Precipitação <2000mm/ano	
Alto		Precipitação > 2000mm/ano	

Tabela 3b					Índice de Risco				
Risco Geo-Ambiental		Risco Climático							
		Nulo	Baixo	Médio	Alto				
G0		0	0	1	1				
G1		0	1	1	2				
G2		1	1	2	3				
G3		2	2	3	4				
G4		3	3	4	5				

Tabela 4							ÍNDICE DE PRIORIDADE						
Risco Geo-Ambiental		Índice de Risco											
Índice técnico		0	1	2	3	4	5						
<=1		1	1	2	2	3	3						
2		1	2	2	3	3	4						
3		2	2	3	3	4	4						
4		2	3	3	4	4	5						
5		3	3	4	4	5	5						
6		3	4	4	5	5	6						
>=7		3	4	5	6	6	7						

Mínimo: Limpeza, conservação e manutenção				Melhorias: recuperação de áreas degradadas, melhoria dos sistemas de drenagens e melhoria em dispositivos na interface com áreas urbanas			
---	--	--	--	--	--	--	--

Fonte: modificado DNER (1996)

A determinação do IT é realizada então em duas etapas. Primeiramente com o uso da TABELA 2 é efetuada a interação entre o de estado de conservação e o volume de tráfego do segmento, determinando o ITP (Índice Técnico Preliminar).

A seguir com o auxílio da TABELA 2a adiciona-se ao ITP as bonificações previstas que se façam necessárias para os aspectos de interesse da rodovia, em relação aos seguintes fatores: estratégico, socioeconômico e risco potencial de dano ambiental.

No final deste procedimento é obtido o IT, que será utilizado posteriormente para a determinação do IP (Índice de Prioridade).

O IR (Índice de Risco) é resultado da interação dos parâmetros de caracterização física e biológica para cada segmento rodoviário homogêneo considerado com a utilização das TABELAS 3, 3a e 3b apresentadas no QUADRO 5.4.

Com o uso da TABELA 3 e efetuada a interação entre os parâmetros referentes à cobertura vegetal e tipo/estado do solo/taludes, determina-se o índice "G" para o risco geoambiental.

Através da TABELA 3a identifica-se o fator de risco climático, função da precipitação registrada para o segmento rodoviário homogêneo considerado. A determinação do IR é efetuada com o auxílio da TABELA 3b, com a qual é feita a interação entre o índice "G" e o fator de risco climático. O IR será usado posteriormente para a determinação do IP.

A determinação do IP é realizada com o auxílio da TABELA 4 (apresentada no QUADRO 5.4). É o resultado da convergência dos valores determinados previamente para os IT e IR. Desta forma pode-se determinar, para cada segmento homogêneo de rodovia considerado, um IP para que se possa definir qual o nível de solução recomendado e que permita a gerência eficiente dos recursos disponíveis e para as intervenções corretivas/preventivas necessárias.

5.6.3 Classificação de soluções propostas

O IP de cada segmento rodoviário permite a classificação ordinal da aplicação dos recursos disponíveis. Visando ao gerenciamento destes recursos, o DNER optou pela associação de IP com o agrupamento de soluções recomendadas para cada nível de prioridade.

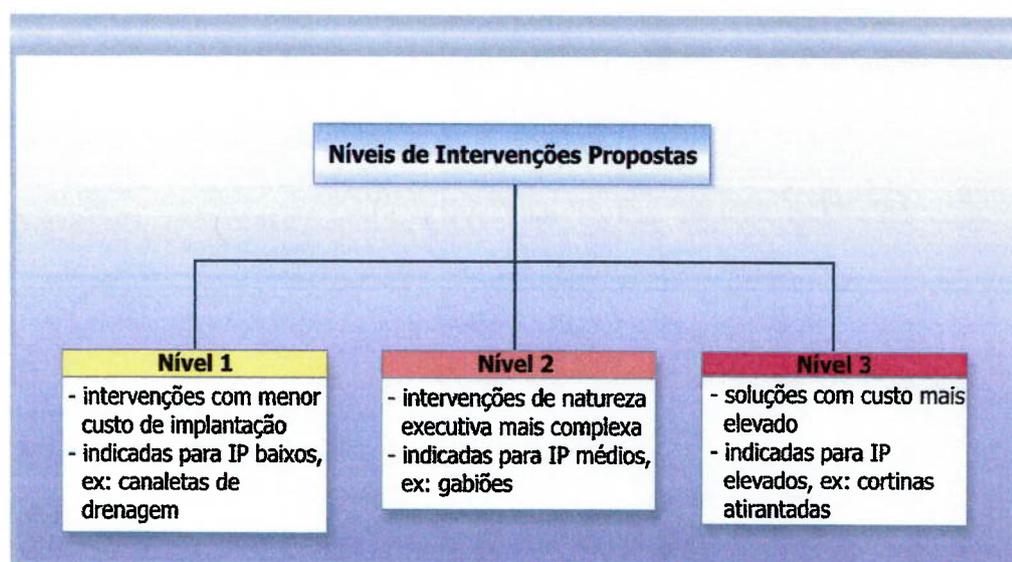
QUADRO 5.5 IP e nível de intervenção proposta associada

IP	Nível de intervenção proposta associada
< 1-2	1
3-5	2
6>7	3

Fonte: DNER (1996)

Cada solução proposta está associada ao nível de intervenção, e como resultado tem-se uma lista de alternativas para cada segmento considerado. O IP ao representar o conjunto de prioridade técnica/risco, indica também qual a ordem de grandeza do custo de intervenção que deverá ser despendido para cada segmento.

Após o cadastro das áreas degradadas, será possível a indicação de soluções para erradicação ou mitigação dos problemas. Deverão ser indicados os maiores números possíveis de opções, enquadrando-as dentro de um dos níveis de intervenção proposta, conforme FIGURA 5.8.



Fonte: DNER (1996), organizado pela Autora (2004)

FIGURA 5.8 Níveis de intervenções propostas.

5.6.4 Considerações apresentadas por BELLIA (1999) sobre a Metodologia do DNER (1996)

Segundo BELLIA (1999), a metodologia do DNER (1996) tem uso amplo e tem sido aplicada por vários órgãos rodoviários, por exemplo: DER/GO, DER/BA, DER/PR e DER/MG. No entanto, esta série de trabalhos evidenciou algumas lacunas na metodologia, provavelmente derivadas dos seguintes fatos:

- “a metodologia do DNER (1996) baseia-se num estudo restrito tanto em termos da extensão da malha (1,5 mil km) como da localização geográfica e ambiental (Estado do Rio de Janeiro);
- está orientada pela intenção, de longo prazo, de um dia vir a ser incorporada num sistema de gerência de pavimentos tipo *HDM (Highway Development and Management)*”.

Assim, durante a aplicação da metodologia outros casos ficaram evidentes:

- “que o catálogo de projetos pode e deve ser ampliado, em função da diversidade ambiental do País;
- não há detalhamento dos tratamentos das travessias urbanas e dos problemas de segurança a elas associados;
- o custo da imagem dos organismos envolvidos deve ser usado na definição das prioridades de intervenção;
- o manual não detalha as interferências com unidades de conservação e com reservas indígenas;
- o manual não se refere à periodicidade dos levantamentos de passivos para avaliação da eficácia do gerenciamento proposto.”

Segundo BELLIA (1999), poucas contribuições foram propostas nos últimos anos visando preencher as lacunas que a metodologia apresenta, mesmo verificando-se estudos patrocinados e levados a efeito por diversas instituições rodoviárias.

O Autor considera que esta paralisação na evolução das técnicas e modelos está na forma confusa da administração ambiental no País como um todo e, conseqüentemente, tanto por parte dos agentes econômicos, como por parte dos organismos encarregados da proteção e conservação ambiental.

5.6.5 Considerações apresentadas por ROCHA; ROCHA (1999) sobre a Metodologia do DNER (1996) e a sistemática adotada para levantamento de passivos ambientais

Com base nos levantamentos dos passivos ambientais de quatro importantes rodovias da região sul do Brasil (BR-116/PR-LOTE 3; BR-376/PR-LOTES 6 e 7; BR-101/SC; SC-470), ROCHA; ROCHA (1999), apresentaram considerações importantes sobre a metodologia do DNER (1996) e a sistemática adotada por eles para levantamento do passivo ambiental.

Segundo os Autores, os primeiros trabalhos executados foram basicamente apoiados na metodologia do DNER (1996). Cada área considerada como passivo ambiental foi identificada, localizada e caracterizada segundo as fichas do Grupo XIII (fichas para cadastramento de áreas degradadas), as quais se mostraram como elemento de apoio. Entretanto, as fichas que configuram o Grupo XV (determinação de priorização de intervenções) raramente foram utilizadas e pouco satisfizeram as equipes de campo.

Nos trabalhos seguintes os autores optaram por iniciar o levantamento do passivo ambiental executando-se a caracterização dos ambientes existentes no espaço ocupado ou a ser ocupado pela rodovia, seus componentes, características, processos e, decorrentes dos mesmos, a fragilidade ambiental. Resultou que, para uma mesma rodovia distintos ambientes e distintas fragilidades foram identificadas.

De posse destas informações efetuaram o levantamento do passivo, conhecendo-se previamente as características físicas do ambiente, os processos mais importantes e a maior fragilidade do ambiente considerado. Esta caracterização essencialmente física em conjunto com o preenchimento das fichas de campo já permitia conceber soluções e quantificar serviços e materiais, configurando uma espécie de anteprojeto ambiental, ao qual eram anexadas algumas instruções em nível de medidas de proteção ambiental.

Assim, o passivo ambiental deixou de ser um cadastro de áreas instáveis com diretrizes de engenharia para sua recuperação, para se tornar um registro detalhado do estado de ocupação, uso e degradação do espaço ocupado pela rodovia. Concomitantemente a estes ajustes, procedeu-se as modificações na escala de trabalho. Inicialmente optou-se por segmentos a serem avaliados a intervalos de 1000m.

Em algumas situações este procedimento foi perfeitamente viável, entretanto, como o nível de detalhamento final pode refletir nos custos ambientais e, portanto, em reflexos na própria recuperação do passivo, optou-se por reduzir este intervalo, ficando o mesmo indicado para segmentos de 100 m de extensão por larguras mínimas iguais às da faixa de domínio. As extensões e as larguras podem ser ampliadas de acordo com a necessidade e a gravidade da situação detectada.

Com o nível de detalhamento maior, a fragilidade do ambiente num certo segmento da rodovia pôde ser melhor compreendida, e a partir disto às soluções puderam ser melhor elaboradas. Alguns casos exigem um avanço no anteprojeto, sendo necessários levantamentos adicionais, como os topográficos, ou ensaios de estabilidade de taludes, os quais podem ser desenvolvidos à medida que o conhecimento do ambiente e a solução que se pretende aplicar assim o exigirem. Nestas situações o nível de detalhe pode chegar ao de projeto básico.

5.7 Avaliação e monitoramento inteligente de taludes em rodovias – PACHECO *et al.* (1997)

Segundo PACHECO *et al.* (1997), as análises convencionais de estabilidade de taludes, métodos determinísticos clássicos, são, em geral, limitadas para avaliação global da segurança dos usuários de uma rodovia, pois inviabiliza um estudo abrangente de todos os casos sujeitos à instabilizações durante chuvas intensas. Até mesmo as formulações probabilísticas mais usuais revelam-se de menor versatilidade para um tratamento global, já que são igualmente mais recomendadas para avaliações locais.

De acordo com os Autores, técnicas modernas de avaliação global de riscos de deslizamento de taludes foram discutidas no “*Workshop on Landslide Risk Assessment in Practice*”, realizada em Honolulu, Fevereiro de 1997. Em sua maioria, os assuntos tratados nesse encontro foram mais direcionados à avaliação de riscos de deslizamentos por conceitos de “*Societal Risk*”, através de técnicas de QRA (“*Quantitative Risk Assessment*”). Uma abordagem abrangente dessa técnica foi apresentada por FELL; HARTFORD (1997). Apreciações conceituais diversas foram apresentadas por MORGENSTERN (1995 e 1997) *apud* PACHECO *et al.* (1997).

Segundo PACHECO *et al.* (1997) embora os conceitos de QRA possam ser também aplicados aos casos de taludes rodoviários, parece que tal técnica é mais propícia à avaliação de risco de deslizamentos em grandes centros urbanos.

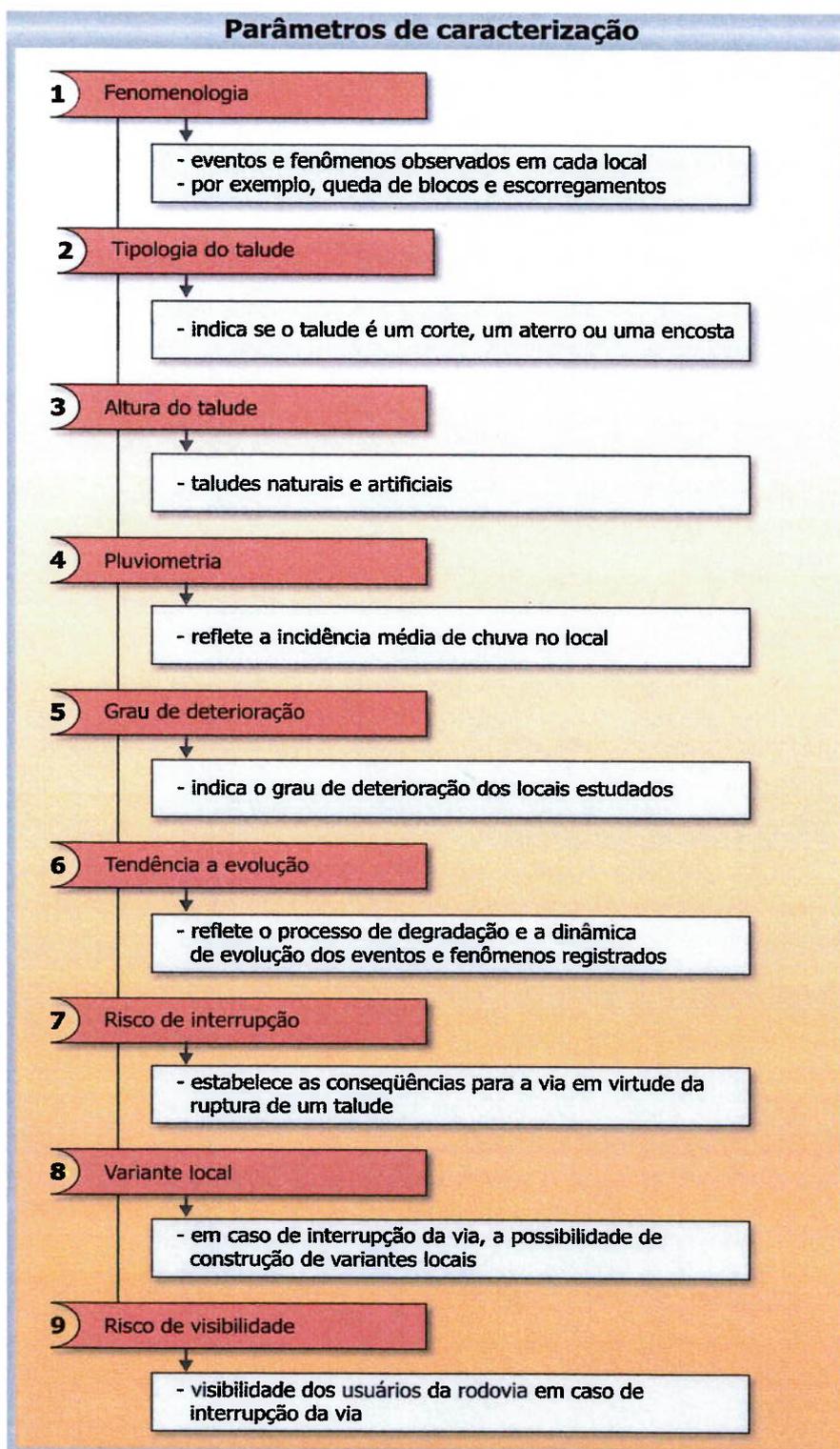
A avaliação da estabilidade de taludes numa rodovia, com vistas à segurança do usuário e à priorização dos investimentos nos pontos críticos, pode se mostrar uma atividade muito complexa quando há um grande número de pontos críticos a serem avaliados. Assim, os Autores propuseram uma formulação subjetiva, lastreada em experiências geotécnicas e implementada através de redes neurais, visando estabelecer qualitativamente a condição de estabilidade de cada talude ao longo de uma rodovia, a priorização de investimentos nos diversos pontos críticos e o acompanhamento posterior contínuo dos taludes (monitoramento ambiental) através do algoritmo “*back-propagation*”.

5.8 Metodologia adotada pela ENGECORPS; PLANEG (1997)

Esta metodologia baseia-se no conceito de manutenção planejada, enfocando dois aspectos: sistemática de decisão e sistemática de hierarquização. Nestas etapas, através de análises probabilísticas, se estabelece uma escala de prioridades (hierarquização), a partir da fixação de níveis de confiabilidade, incorporando conceitos da Teoria de Decisão (BENJAMIN; CORNELL, 1970; RAIFFA, 1977; HACHICH, 1978; NEME, 1981 *apud* ENGECORPS; PLANEG, 1997).

Esta metodologia foi aplicada para a definição da criticidade e conseqüente hierarquização de 320 pontos críticos cadastrados ao longo da BR-040, trecho Rio de Janeiro – Juiz de Fora, atribuindo-se a cada ponto uma nota final obtida a partir da ponderação de duas outras notas: nota de caracterização e nota de decisão.

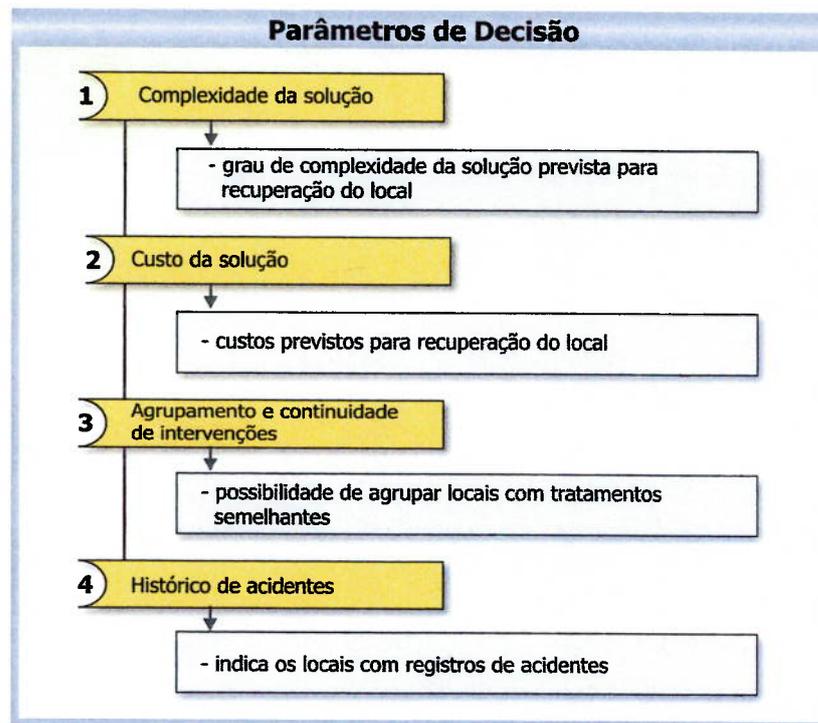
A nota de caracterização reflete os aspectos geotécnicos de cada local estudado e é obtida pela ponderação de parâmetros que sintetizam, de forma qualitativa, as características do meio físico. A nota de decisão estabelece o grau de necessidade de manutenção do local estudado e é obtida a partir de condicionantes que levam em consideração aspectos operacionais para a tomada de decisão. Para o trecho estudado foram definidos os parâmetros de caracterização, conforme FIGURA 5.9.



Fonte: ENGEORPS-PLANEG (1997), organizado pela Autora (2004)

FIGURA 5.9 Parâmetros de caracterização.

Os parâmetros de decisão (FIGURA 5.10), assim como alguns dos parâmetros de caracterização, também possuem seus atributos divididos entre as faixas de ocorrência alta, média e baixa. Dentro desta metodologia subjetiva de análise e decisão são atribuídos pesos a cada parâmetro e a cada tipo de condicionante.



Fonte: ENGEORPS-PLANEG (1997), organizado pela Autora (2004)

FIGURA 5.10 Parâmetros de decisão.

5.9 Manutenção Planejada - Metodologia de LUZ; PIMENTA (1998)

Segundo LUZ; PIMENTA (1998), a manutenção planejada procura ter um caráter preventivo estabelecendo-se uma escala de prioridades dos locais a serem tratados ao longo de uma via, com base em condicionantes técnicos, do meio físico, socioeconômicos e políticos-administrativos.

Apresenta como fundamento principal a sistemática de decisão e hierarquização, que são baseadas em critérios que consideram a idéia de segurança como variável ao longo do tempo associada a um padrão de comparação que se renova frequentemente. A utilização de técnicas de decisão e de hierarquização tem como propósito a alocação de recursos em resposta às seguintes questões:

- quais locais da via deverão ser tratados?
- quando restaurá-los?
- como executar estas restaurações?
- quais recursos deverão ser aplicados?
- com qual frequência restaurar os locais?
- como hierarquizar (estabelecer prioridades) os locais a serem tratados?

Neste sentido, a metodologia proposta por LUZ; PIMENTA (1998) compreende cinco etapas: cadastramento da via, implantação de um banco de dados, sistemática de decisão, sistemática de hierarquização, estabelecimento de soluções padronizadas e elaboração de manuais.

Como as estradas são obras lineares, elas devem ser analisadas pela ponderação de todos os locais deteriorados, o que implica que a segurança da via deve ser entendida sob um aspecto relativo. Assim, procura-se substituir o conceito de segurança absoluta pelo conceito probabilístico, trabalhando-se com níveis de confiabilidade.

Após o cadastramento da via, e a implantação de um banco de dados, têm início os processos de análise e tomada de decisão relativos à manutenção dos locais da estrada, que continuam com o estabelecimento de prioridades (hierarquização dos locais dentro da via, em termos de manutenção e tratamento).

Segundo LUZ; PIMENTA (1998), existem dois processos para análise e decisão em nível local: processo simplificado e processo com Teoria da Decisão:

a) *processo simplificado*: consiste na definição de parâmetros de caracterização e de decisão que sintetizam qualitativa e quantitativamente a situação de cada local da via. Também é feita a atribuição de valores a cada parâmetro, estabelecendo-se uma forma de ponderação matemática desses parâmetros e a posterior fixação de um critério de hierarquização desses locais;

b) *processo com Teoria da Decisão*: a teoria da decisão permite que sejam equacionadas situações que ocorrem no dia a dia, ex: utilização de avaliações com probabilidades subjetivas, utilização de avaliação preliminar de expectativas, decisões em grupo e diferentes posturas frente aos riscos.

Na Estatística Bayesiana, em cujos princípios está baseada a Teoria da Decisão, as probabilidades são admitidas como um grau de convicção racional. Podem ser utilizadas probabilidades subjetivas, entendidas como uma interpretação operacional do grau de convicção racional, baseada em experiências similares anteriores.

Neste processo são utilizadas árvores de decisão como ferramenta básica de análise dos locais da via. Para a elaboração do critério de decisão, escolha ótima, é necessária a utilização do modelo racional completo, composto por quatro fases: estrutura do problema, estimativa das probabilidades, avaliação das conseqüências e estabelecimento da função-objetivo.

A qualquer um dos processos que seja utilizado está associado um critério de hierarquização que visa estabelecer uma escala de prioridades para todos os locais dentro de uma mesma via, tendo em vista a elaboração de um plano para sua manutenção e restauração.

Além disso, as obras de restauração são projetadas visando não a segurança absoluta, mas sim com um nível de segurança variável para cada local da via. Desta forma, tem-se como objetivo um nível de segurança ponderado ótimo para a via como um todo, acreditando uma utilização mais adequada e racional dos recursos econômicos.

5.10 Mapeamento para cadastro de alto risco geológico-geotécnico em vias públicas: o exemplo da Avenida Menezes Cortes – RJ – ALMEIDA *et al.* (1998)

Segundo ALMEIDA *et al.* (1998), em janeiro de 1996 registrou-se na Cidade do Rio de Janeiro uma das mais trágicas seqüências de chuvas de verão dos últimos anos. Neste período foram registradas inúmeras ocorrências de acidentes geológico-geotécnicos em encostas acarretando elevados prejuízos econômicos e várias vítimas fatais. As principais vias de acesso da região como a Estrada de Furnas/Edson Passos, Menezes Cortes (Estrada Grajaú- Jacarepaguá), Av. Niemayer e Estrada Lagoa-Barra ficaram intransitáveis face ao desenvolvimento de uma série de movimentos gravitacionais de massa que acarretaram suas interdições.

Neste contexto, a Fundação Geo-Rio em 1996, deu início a um programa de mapeamento para cadastro de pontos de alto risco geológico-geotécnico em vias públicas, priorizando aquelas de maior importância para o sistema viário da Cidade do Rio de Janeiro, e que cortassem regiões com características geológico-geotécnicas favoráveis ao surgimento de instabilizações, além de possuírem um histórico relevante de ocorrências já registradas.

Frente a este quadro, ALMEIDA *et al.* (1998) propuseram uma metodologia, sistematizando as atividades de campo e de escritório, de maneira a permitir sua aplicação ao levantamento de outras vias. A primeira etapa do trabalho consistiu na coleta de informações já existentes e na observação e análise de fotos aéreas da área em estudo.

Com os dados obtidos, definiram as características geológicas-geotécnicas e os critérios de identificação e hierarquização dos riscos geológicos-geotécnicos, a serem levantados durante o mapeamento, para estabelecer uma ficha-guia de campo para que os levantamentos dos pontos de riscos pudessem estar homogêneos e padronizados. Na última etapa do trabalho, foi elaborado e redigido um relatório final apresentando todas as informações coletadas.

Para a identificação e hierarquização dos graus de riscos, os principais aspectos abordados foram as características geológicas-geotécnicas, o grau e a intensidade de ocupação, histórico de ocorrências (cicatrizes antigas de deslizamentos) e processos de movimentação. O grau de risco foi definido a partir de uma avaliação qualitativa do problema, tomando-se por base a equação $R = P \times C$ (Risco = Potencial x Conseqüência).

Os riscos foram avaliados levando-se em conta a possibilidade de haver movimentos de massa com as possíveis conseqüências (obstrução da via e danos aos usuários). Foram propostas as seguintes classes de riscos: alto, médio e baixo. O risco alto foi interpretado como uma situação de alta suscetibilidade para ocorrer um movimento de massa, podendo ter como conseqüência a perda ou obstrução completa da via ou, ainda, perigo de vida para os usuários.

O grau de risco médio compreende uma situação em que existe potencial para ocorrer um acidente sem, contudo haver um perigo iminente. Como conseqüência poderá ocorrer obstrução parcial da estrada e/ou danos aos usuários da via. Nos locais de risco baixo, a possibilidade da ocorrência de um acidente é remota e as conseqüências e danos referentes à via e aos usuários são muito baixos.

5.11 Definição das classes de adequabilidade de terrenos com emprego da Cartografia Geotécnica - FERES; LORANDI (1998)

FERES; LORANDI (1998), com o emprego da cartografia geotécnica analisaram os atributos do meio físico que poderiam interferir nas obras de implantação do sistema viário da bacia do Igarapé Maternidade no município de Rio Branco – AC. Verificaram que os terrenos eram em grande parte, de adequabilidade restritiva e relataram os problemas construtivos esperados na implantação das obras. Os autores apresentam os atributos do meio físico que determinam e interferem na construção das obras viárias e analisaram seus níveis de ocorrência. Apresentaram também considerações sobre o processo de ocupação recomendável para a faixa de domínio das linhas de drenagem.

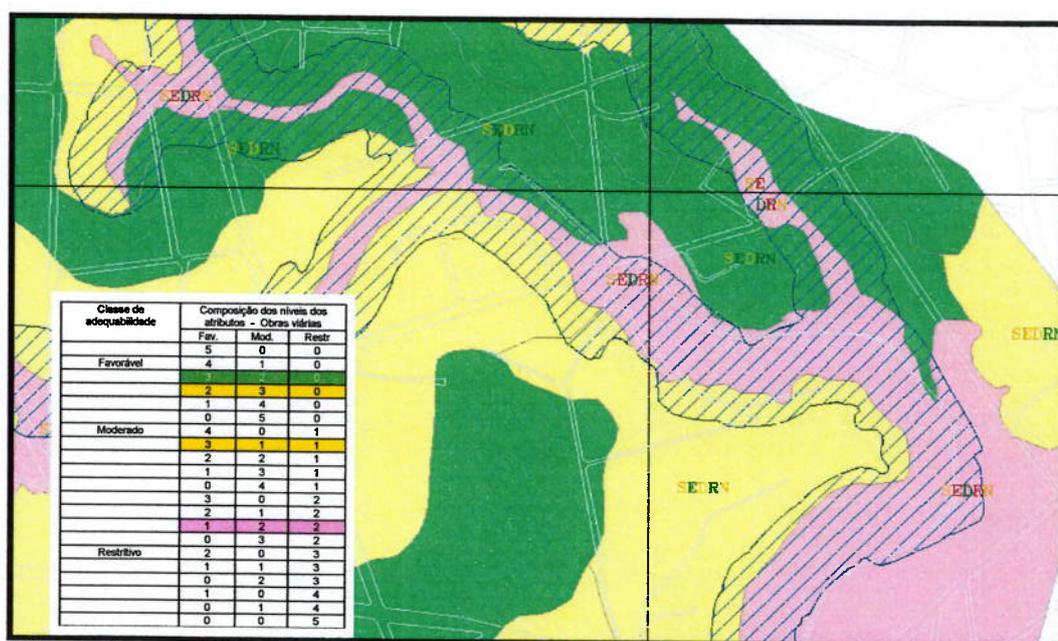
Os níveis de ocorrência dos atributos foram classificados em três categorias, mantendo-se a proposição inicial de ZUQUETTE (1987 e 1993) modificada pela incorporação do nível Severo ao nível Restritivo.

Foram produzidas cartas do sistema viário com atribuição de uma escala de cores aos níveis dos atributos, sendo as ocorrências Favoráveis grafadas em tons verdes, as Moderadas em amarelo e as Restritivas em vermelho (FIGURA 5.11).

As classes de adequabilidade do terreno foram definidas em função da composição dos níveis de ocorrência dos atributos. A adequabilidade dos terrenos também foi classificada nos níveis Favorável, Moderado e Restritivo, respeitando-se a mesma descrição apresentada para os atributos individualmente, e a mesma escala de cores. O critério adotado para classificação da adequabilidade dos terrenos considerou os seguintes princípios básicos:

- a) favorável: terrenos com predominância de atributos com nível considerado favorável e isentos de atributos restritivos;
- b) moderado: terrenos com predominância de atributos com nível moderado ou com um único atributo restritivo.
- c) restritivo: quando dois ou mais atributos ocorrerem em nível restritivo.

Na FIGURA 5.11, é mostrado o nível de ocorrência de cada atributo na unidade representada.



Atributos: S= suporte; E= expansão/retração; D= declividade; R= drenabilidade e N= nível d'água; s/escala.

Fonte: FERES; LORANDI (1998)

FIGURA 5.11 Detalhe da carta para obras viárias

5.12 Investigação do Passivo Ambiental de rodovias por meio de indicadores de impacto - GALVES; AVO (1999)

GALVES; AVO (1999), apresentaram uma proposta para conduzir a investigação e elaborar programas para correção do passivo ambiental de rodovias, baseada em indicadores de impacto. Descreveram as principais categorias de desconformidade utilizadas para caracterizar o passivo ambiental e definir um indicador de impacto, dando exemplos de indicadores para impactos no meio físico, acompanhados das causas, bem como sugeridas medidas para sua correção.

O passivo ambiental foi entendido como uma expressão abrangente que inclui diversas categorias de desconformidade ambiental, entre as quais citam-se (MEIO AMBIENTE INDUSTRIAL, 1998 *apud* GALVES; AVO, 1999):

- desconformidades legais: desobediência ou não cumprimento às exigências dos órgãos governamentais de controle ambiental, expressas em licenças e diplomas legais;
- vulnerabilidade ambiental: situações cujo impacto no meio ambiente pode ser tecnicamente previsto;

- desconformidade em relação ao gerenciamento ambiental: situações claramente inadequadas quando comparadas às técnicas de controle ambiental recomendadas e que podem evoluir para uma das situações anteriores;
- responsabilidade em relação a terceiros: situações de danos ambientais potenciais causados por terceiros (por exemplo, prestadores de serviços contratados), pelos quais a empresa possa ser, independentemente de culpa, co-responsabilizada.

Dessa forma, a investigação do passivo ambiental compreenderia a caracterização da situação de desconformidade do empreendimento, com a finalidade de identificar impactos ambientais e eventuais pendências em relação a terceiros (multas, reparações por danos e dívidas decorrentes de ações judiciais). A auditoria ambiental seria um instrumento adequado para a investigação do passivo ambiental. De acordo com Autores é preciso, ainda, estudar e definir medidas necessárias à correção dos impactos, bem como estimar os custos relativos à implementação das mesmas e à resolução de problemas com terceiros ou causados por eles.

Quanto ao indicador de impacto, este é entendido como um elemento ou parâmetro que fornece uma medida (pelo menos em sentido qualitativo) da magnitude de um impacto ambiental (MUNN 1975, *apud* GALVES, 1995). Embora tenha sido proposto para aplicação em avaliação de impacto ambiental, a utilização desse conceito na investigação do passivo ambiental se justifica plenamente, ao possibilitar a definição de medidas de impactos.

Assim, um indicador deve ser representativo do impacto a ele associado; isto significa que, conhecendo o valor desse indicador em uma dada situação, tem-se uma compreensão clara do grau de importância do impacto. Da mesma forma, é por meio dos indicadores que se poderá aferir a eficiência das medidas adotadas para a correção do passivo ambiental.

Um indicador também deve ser mensurável por meio de técnicas ou métodos conhecidos, especificando-se sua faixa de variação admissível. Os autores apresentaram exemplos de indicadores para alguns processos do meio físico.

5.13 Metodologia para avaliação ambiental de programas de restauração e/ou melhoramento de rodovias - VICENTINI (1999)

A metodologia de VICENTINI (1999), tem como base às avaliações ambientais realizadas no âmbito de diversos programas de restauração e ou melhoramento de rodovias financiados pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID). A avaliação ambiental dá ênfase na identificação e correção dos problemas ambientais preexistentes (passivos ambientais) e na execução do Plano de Controle Ambiental das Obras.

Segundo a Autora, os programas de restauração e/ou melhoramento de rodovias que vêm sendo implementados nos países da América Latina e Caribe, abrangem grandes extensões da rede viária existente. São em geral programas de “obras múltiplas”, ou seja, define-se ao início um elenco de projetos de restauração e/ou melhoramento, localizados em áreas distintas do país, ou estado, a serem implementados seqüencialmente durante a fase de execução do programa, o qual normalmente tem duração de quatro anos.

Os projetos de restauração envolvem melhorias em pontos localizados e podem também incluir obras que resultem na melhoria do nível de serviço prestado e/ou em aumento de capacidade da via, e, portanto em uma maior gama de impactos ambientais. Considerando essas peculiaridades, VICENTINI (1999) propôs que a Avaliação Ambiental do Programa seja realizada conforme fluxograma da FIGURA 5.12 e adequando-se às exigências e normas legais vigentes na unidade político-administrativa onde o programa se inserir. A Autora apresentou também uma proposta para classificação dos projetos em diferentes grupos ou categorias:

- **Grupo I** - Projetos de restauração e/ou melhoramento sem alteração de traçado, que atravessam áreas de ocupação consolidada e que não implicam na realocação de pessoas e/ou atividades econômicas e sociais;
- **Grupo II** - Projetos de restauração e/ou melhoramento sem alteração de traçado que atravessam áreas de ocupação consolidada, e com ecossistemas frágeis e/ou protegidos que implicam na realocação de pessoas e atividades econômicas e sociais;
- **Grupo III** - Projetos de restauração/ou melhoramento sem alteração de traçado, mas localizados em áreas com ocupação rarefeita ou de fronteira econômica, e os projetos com alterações de traçado e/ou com obras de melhoria do nível de serviço ou de aumento de capacidade da via, quaisquer que sejam as características socioeconômicas de sua área de influência, que impliquem ou não na necessidade de realocação de pessoas e/ou atividades.

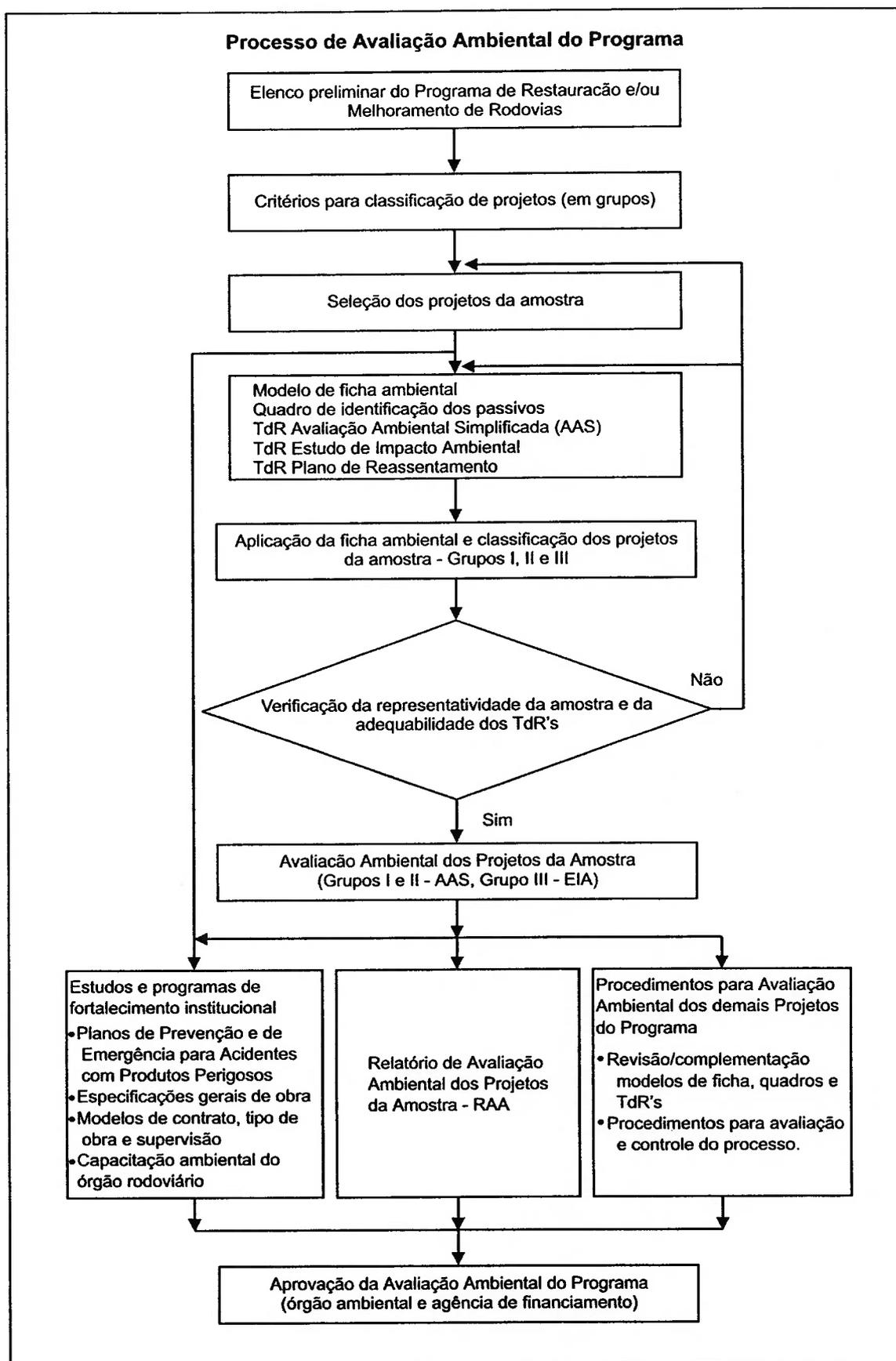


FIGURA 5.12 Processo de avaliação ambiental do programa.

Para avaliação ambiental, a Autora propôs que seja selecionada uma amostra que compreenda projetos incluídos no três grupos sendo que, a amostra deverá conter no mínimo 30% do total de projetos inicialmente propostos e abranger todos aqueles cuja implantação esteja prevista para o primeiro ano do programa.

Para cada um dos projetos da amostra deverá ser realizada uma avaliação ambiental, cujo escopo será estabelecido de acordo com as características do grupo a que pertence.

Segundo a Autora o planejamento e a execução da avaliação ambiental dos projetos da amostra deverão compreender o estabelecimento de instrumentos a serem aplicados na avaliação ambiental, ou seja:

- ficha ambiental do projeto rodoviário, contendo as informações e dados relativos às características técnicas da rodovia e do projeto de restauração e/ou melhoramento proposto e dos aspectos ambientais de sua área de influência;
- quadros de identificação e avaliação do passivo ambiental das rodovias;
- Termos de Referência para execução das avaliações ambientais dos projetos do programa, de acordo com os procedimentos a serem estabelecidos para cada um dos grupos, e Plano de Compensação e Reassentamento da população afetada. As avaliações ambientais dos diversos projetos da amostra deverão ser consolidadas em um documento denominado "Relatório de Avaliação Ambiental do Programa - RAA".

5.14 Passivo ambiental e áreas vulneráveis de interesse ambiental – ROMANINI (2000)

ROMANINI (2000), apresentou um inventário do passivo ambiental e das áreas vulneráveis de interesse ambiental do sistema de rodovias administrado pela VIAOESTE (Concessionária de Rodovias do Oeste de São Paulo S/A). Segundo o Autor, este inventário foi realizado com o cadastramento sistemático dos fenômenos físicos, bióticos e socioeconômicos, através de levantamento de campo, apoiado por cartografia na escala 1:10.000 e fotografias aéreas na escala 1:2.500. Para facilitar o entendimento dos fenômenos, ROMANINI os classificou em cinco categorias, sendo estas denominadas por letras, conforme QUADRO 5.6 abaixo.

QUADRO 5.6 Classificação dos fenômenos cadastrados

TIPO DE FENÔMENO	CLASSIFICAÇÃO
Geotécnico	A
Drenagem	B
Uso e ocupação do solo	C
Área de Preservação Permanente	D
Área com fragmento florestal	E

Fonte: ROMANINI (2000)

A partir da classificação e denominação dos fenômenos, foi elaborada uma ficha de cadastro para cada ponto inventariado, na qual foram abordados diversos aspectos relativos a cada tipo de fenômeno, conforme descrito a seguir:

(a) *geotécnico*: neste grupo foram incluídos os processos erosivos, escorregamentos, assoreamento, recalque e inundação. Foram cadastradas as situações em que estes processos já estavam instalados ao longo da rodovia, sendo os mesmos também classificados quanto ao risco que oferecem à mesma (baixo, médio, iminente);

(b) *drenagem*: neste grupo foram incluídos os corpos d'água intermitentes ou não, e cabeceiras de drenagem encontradas ao longo da rodovia. Foram classificados quanto ao porte, posição em relação à pista, nome e forma do vale. Os mesmos não são considerados como passivo ambiental, mas sim áreas vulneráveis de interesse ambiental, onde poderão ocorrer processos como assoreamento, inundação e contaminação das águas por acidentes com cargas perigosas, constituindo-se, portanto, em pontos potenciais de eventos ambientais. Não foram consideradas situações em que as drenagens estão totalmente canalizadas nas imediações da rodovia, pelo fato de apresentarem baixa vulnerabilidade aos processos acima citados;

(c) *uso e ocupação do solo*: caracterizam-se como os locais onde existem interferências referentes à invasão das faixas de domínio e construções irregulares dentro das faixas “*non aedificandi*” (regulamentada pela Lei 6766/79) das rodovias. As ocupações foram divididas em 6 tipos: favela/madeira, favela/alvenaria, residencial, comercial, industrial e loteamento. Os pontos caracterizados pela invasão de faixa de domínio são considerados como passivo ambiental, enquanto os de invasão da faixa “*non aedificandi*” como áreas vulneráveis à instalação de passivo ambiental;

(d) *Área de Preservação Permanente (APP)*: neste grupo encontram-se os pontos que caracterizam áreas de Preservação Permanente (APP), segundo o Código Florestal, estando as mesmas freqüentemente associadas às drenagens. Para melhor caracterização dessas áreas, a cobertura vegetal existente foi classificada segundo sua fisionomia vegetal em: áreas desprovidas de vegetação, campo antrópico, vegetação em estágios pioneiro, médio e avançado de regeneração. As APP são consideradas como áreas vulneráveis de interesse ambiental;

(e) *área com fragmento florestal*: são aquelas existentes na faixa de domínio e possuem fragmentos remanescentes. Esses fragmentos foram classificados segundo sua fisionomia vegetal em vegetação em estágios inicial, médio e avançado de regeneração e reflorestamento. Essas áreas são consideradas como vulneráveis e de interesse ambiental, uma vez que a degradação das mesmas, por impactos gerados pela rodovia, caracterizará uma situação de passivo ambiental.

No inventário foram cadastrados 791 pontos, distribuídos por rodovias. Estes pontos distribuem-se, de acordo com as cinco categorias utilizadas, na seguinte proporção: geotécnico (158 = 20%); drenagem (226 = 28,6%); uso e ocupação do solo (145 = 18,3%); área de preservação permanente (230 = 29%) e área com fragmento florestal (32 = 4%).

Segundo ROMANINI (2000), dos 791 fenômenos cadastrados no sistema da VIAOESTE, apenas 61 foram considerados críticos e serão objetos do Sistema de Gestão Ambiental. Entre os pontos críticos 35 dos fenômenos são oriundos de problemas geotécnicos (14 erosões, 15 escorregamentos, 02 pontos de assoreamentos e 04 abatimentos), e 26 relativos ao uso e ocupação (06 favelas/madeira, 06 favelas/alvenaria, 07 comerciais e 07 residenciais).

5.15 Metodologia do Programa de Recuperação de Rodovias do Estado de São Paulo – DER/SP; BID (2001)

Apresenta-se neste item a metodologia desenvolvida pelo DER/SP; BID (2001) para o levantamento e registro dos passivos ambientais no âmbito do Programa de Recuperação de Rodovias do Estado de São Paulo (PRR/SP).

5.15.1 O Programa de Recuperação de Rodovias do Estado de São Paulo

O Programa de Recuperação de Rodovias do Estado de São Paulo visa implantar melhorias em cerca de 1.200 km de rodovias sob jurisdição do DER/SP, de modo a dotá-las de condições adequadas de trafegabilidade e segurança.

Para a implementação do Programa, o Governo do Estado de São Paulo solicitou o apoio financeiro do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID). O investimento total previsto é de US\$ 240 milhões, sendo US\$ 120 milhões financiados pelo BID e US\$ 120 milhões do próprio Tesouro Estadual (DER; BID, 2001).

O Programa possui três componentes básicos: (i) recuperação de rodovias; (ii) implantação e recuperação de terminais rodoviários, e (iii) fortalecimento institucional do DER/SP. Quanto à recuperação de rodovias, contempla a recuperação de passivos ambientais e envolve:

- estabilização e recomposição de taludes de corte e aterros;
- recuperação de caixas de empréstimo laterais;
- recuperação de antigas áreas de apoio às obras;
- reposição da cobertura vegetal em áreas degradadas;
- recuperação de processos erosivos que coloquem em risco o corpo estradal, mesmo quando originados fora da faixa de domínio.

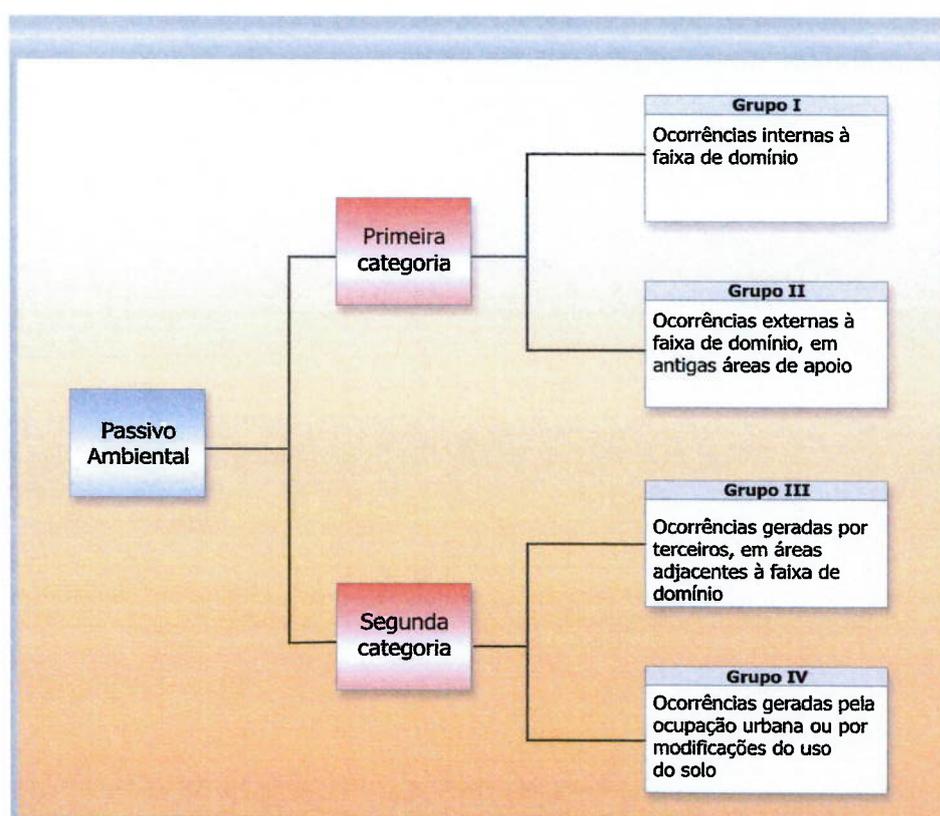
A malha rodoviária elegível para recuperação, compreende cerca de 4.115 km de rodovias pavimentadas que necessitarão de obras de restauração de pista e elementos constitutivos do corpo viário. Nessas rodovias foram realizados levantamentos dos passivos ambientais visando à seleção da amostra representativa (cerca de 1200 km) e hierarquização dos trechos a serem recuperados. A metodologia utilizada é apresentada a seguir.

5.15.2 Caracterização dos passivos ambientais

A caracterização dos passivos ambientais apóia-se no levantamento e registro dos eventos considerados e observados em vistoria realizada nos trechos que serão recuperados. Apóia-se também na elaboração de fichas para a homogeneização das ocorrências visando à hierarquização das mesmas, suas causas, impactos associados, gravidade da situação e tratamento. São considerados fatores como segurança do usuário, interferências acarretadas nas áreas adjacentes à rodovia, bem como, os quantitativos estimados para recuperação ambiental.

5.15.3 Classificação dos passivos ambientais

Os passivos ambientais foram ordenados em duas grandes categorias e agregados em quatro grupos conforme sua origem e localização (FIGURA 5.13).



Fonte: DER/BID (2001), organizado pela Autora (2004)

FIGURA 5.13 Categorias e grupos de passivos ambientais.

A primeira categoria corresponde às ocorrências decorrentes da construção e operação da rodovia, refletindo deficiências de projeto ou de conservação da mesma. A segunda corresponde às ocorrências derivadas da ação antrópica, em áreas de uso rural e áreas urbanas. Nos Grupos I e II, as origens dos passivos ambientais são representadas pelos elementos constitutivos da rodovia compreendidos na faixa de domínio, bem como as áreas de apoio utilizadas em sua implantação, localizadas externamente à faixa de domínio.

Nos Grupos III e IV as origens das interferências geradas por terceiros foram agregadas segundo as situações ocorrentes em áreas de usos predominantemente rurais e áreas de ocupação urbana, correspondendo, respectivamente, a situações de erosão, instabilização, inundação e assoreamento, decorrentes de obras de terraplenagem e de manejo agrícola em áreas adjacentes; situações que representam riscos aos usuários (como inadequabilidade de acessos e utilização irregular da faixa de domínio); conflitos com o sistema de transporte urbano (com os usos e ocupação do solo) e com fontes geradoras de tráfego.

5.15.4 Registro dos passivos ambientais e de dados sócio-ambientais

O registro das informações para a caracterização dos passivos ambientais foi realizado através de um conjunto de 9 *Fichas*, que permitiram a estruturação de um banco de dados homogêneos, possibilitando identificar as áreas de maior incidência e as origens das ocorrências, as causas predominantes e os impactos ambientais associados, a dimensão das ocorrências, além das medidas propostas para recuperação e os custos envolvidos.

Para realização dos projetos executivos foi necessário o levantamento de informações sócio-ambientais que, além de subsidiarem de forma específica os quesitos ambientais do projeto, constituíram uma base de informações para todos os demais elementos constitutivos da intervenção proposta, tais como o projeto de segurança viária e sinalização, localização das áreas de apoio entre outros.

O levantamento desses dados foi efetuado com base em uma ficha destinada, como no caso da caracterização dos passivos, a homogeneizar o tratamento e registro das principais questões observadas na pesquisa de campo. Essa ficha contempla as características da rodovia e as principais características dos meios físico, biótico e antrópico da área de influência dos projetos.

5.16 Sistema de gerenciamento de passivo ambiental com a aplicação de um Sistema de Informação Geográfico– SIG - AUGUSTO FILHO *et al.* (2002)

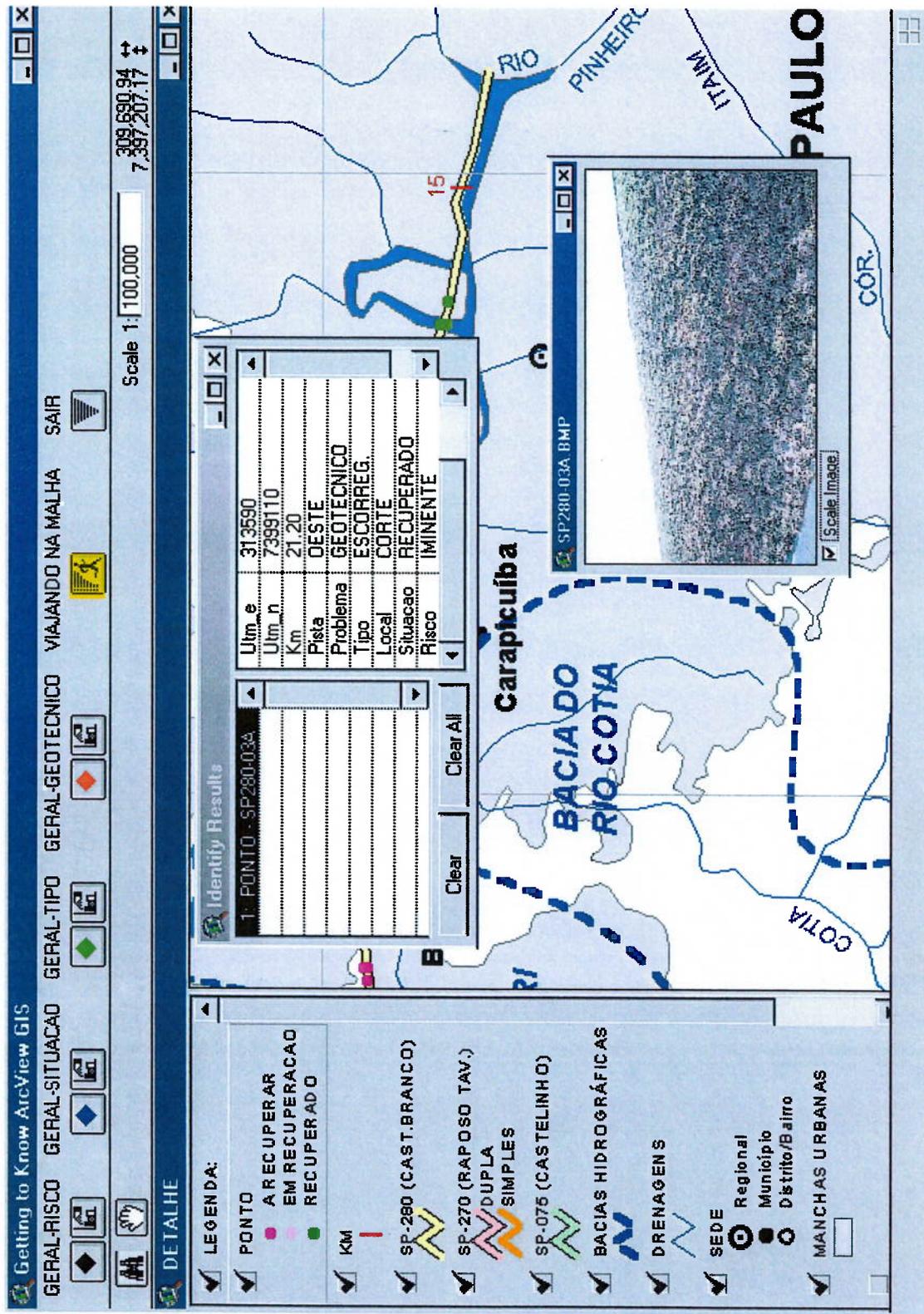
AUGUSTO FILHO *et al.* (2002), apresentaram um sistema de gerenciamento de passivo ambiental com a aplicação de um Sistema de Informação Geográfico – SIG. O estudo desenvolvido insere-se nas atividades do programa de gerenciamento ambiental da malha rodoviária sobre responsabilidade da Concessionária de Rodovias do Oeste de São Paulo S/A – VIAOESTE.

Elaborou-se um sistema de consulta do passivo ambiental em SIG, utilizando a plataforma do programa “*Arcview*” versão 3.0ª (ESRI, 1997 *apud* AUGUSTO FILHO *et al.*, 2002). O sistema foi personalizado com um menu específico para os dados de Passivo Ambiental da VIAOESTE. Foram utilizados os relatórios de campo, fotos e mapas já disponíveis em diferentes formatos e programas (“*Access, Word, Excel e Autocad*”).

Segundo os Autores, esta interface funciona no ambiente “*Windows*”, utilizando um demonstrativo do programa *Arcview*, que pode ser operado por usuários com pouco conhecimento neste ambiente (“*Windows*”). Por rodar utilizando um demonstrativo do *Arcview*, os dados não podem ser atualizados diretamente dentro do aplicativo elaborado, demandando para tal, versão completa do programa de SIG *Arcview*.

O sistema de consulta ao passivo foi estruturado em um menu com 06 opções básicas: GERAL-RISCO; GERAL-SITUAÇÃO; GERAL-TIPO; GERAL-GEOTÉCNICO; VIAJANDO NA MALHA e SAIR (FIGURA 5.14).

As quatro primeiras opções apresentam uma visão regional de toda a malha rodoviária, na escala 1:500.000, caracterizando, os pontos do passivo quanto ao grau de risco; à situação; ao tipo e à natureza geotécnica. A quinta opção do menu, permite a visualização da malha rodoviária em uma escala 1:100.000. Nesta opção, a ferramenta de identificação (botão com binóculo) permite a visualização da foto de chão do ponto de passivo, além da ficha resumo de seus dados (FIGURA 5.14). A sexta e última opção do menu SAIR interrompe o funcionamento do programa (AUGUSTO FILHO *et al.*, 2002).



Fonte: AUGUSTO FILHO et al. (2002)

FIGURA 5.14 Tela de opção "viajando na malha" do sistema de consulta ao passivo ambiental em SIG; deslocamento ao longo do sistema e acesso instantâneo à síntese das características de cada ponto do passivo ambiental, incluindo foto do chão.

Capítulo 06

Considerações sobre Cartografia Geotécnica e a abordagem da *UNDRO* (1991)

Após análise das várias metodologias propostas e utilizadas visando à gestão dos problemas e passivos ambientais associados a escorregamentos, foi possível levantar a hipótese que as cartas geotécnicas de escorregamentos caracterizam-se como importantes ferramentas na priorização dos locais a serem recuperados, na seleção dos locais a serem monitorados, supervisionados e portanto, no acompanhamento da dinâmica da área onde um dado empreendimento rodoviário está inserido.

Verificou-se ainda que só é possível um conhecimento global das condições ambientais da via através da utilização das cartas geotécnicas e que os estudos dos passivos ambientais associados a escorregamentos não devem apresentar um caráter apenas corretivo devido à dinâmica muito intensa desses processos. Logo estes estudos devem visar ao levantamento de informações para serem articuladas a um Programa de Gestão dos Passivos Ambientais da Rodovia que contemple, principalmente, medidas de caráter preventivo e também medidas para atendimentos emergenciais quando da ocorrência dos processos.

Assim sendo, neste capítulo apresentam-se importantes metodologias sobre Cartografia Geotécnica, considerações acerca de elaboração de cartas de riscos de escorregamentos e a metodologia proposta para ser utilizada neste trabalho para elaboração da carta geotécnica de escorregamentos na rodovia Padre Manoel da Nóbrega - SP-55. Apresenta também considerações sobre os PPDC elaborados para a Serra do Mar e o escopo do PAE estabelecido na Resolução SMA-81/1998.

6.1 Cartografia Geotécnica

Segundo LANGEN (1913) *apud* ZUQUETTE (1985), as primeiras cartas geotécnicas foram elaboradas na Europa por volta de 1913 tratando de fundações em cidades alemãs. O avanço na produção de cartas geotécnicas na Europa se deu após a Segunda Guerra Mundial, devido à necessidade de planejamento e reconstrução das cidades. Nas décadas de 60 e 70 o Mapeamento Geotécnico explodiu nos demais países do Ocidente, e hoje verificam-se muitos trabalhos que tratam de aspectos metodológicos, destacando-se os seguintes:

- ZERMOS (*Zones Exposed to Risks of Soil Movements* – 1972/73), França;
- GASP (*Geotechnical Area Studies Programme* – 1979) – Hong Kong;
- CARRARA (1978) – Itália;
- HINOJOSA-LEON (1982) – Espanha;
- EINSTEIN (1982) – USA;
- STEVENSON (1978, 1984) Tasmânia – Austrália;
- PLATÔ NILGIRI (1982) – Índia;
- HARUYAMA (1984) – Japão;
- BRABB (1984) – EUA;
- CHOUBY; LITORIA (1990) – Índia;
- BARISONE-BOTTINO (1990) – Itália;
- ANBALAGAN (1992) – Índia.

Os trabalhos pioneiros no Brasil que tratam de metodologia de mapeamentos geotécnicos, ou similares, datam da década de 60 com os trabalhos de HABERLEHNER (1966), HEINER (1966), GREHS (1967) *apud* ZUQUETTE (1985).

Segundo CERRI *et al.* (1996), no Brasil nos anos 70 a elaboração de cartas e/ou mapas geotécnicos de áreas urbanas era fundamentada em metodologias internacionais clássicas. No entanto, na década de 80 um maior número de trabalhos foram realizados em nível nacional, proporcionando significativa evolução do conhecimento técnico-científico sobre o tema.

No Brasil a primeira carta geotécnica em áreas urbanas foi elaborada em 1978 pelo IPT versando sobre escorregamentos nas encostas de Santos e São Vicente. Desde então, muitos trabalhos desta natureza foram realizados, cabendo mencionar a Carta Geotécnica da Região Metropolitana da Grande São Paulo elaborada pelo IPT em 1985.

Em 1987, destaca-se o trabalho de ZUQUETTE “Análise Crítica da Cartografia Geotécnica e Proposta Metodológica para as Condições Brasileiras”, que segundo muitos autores, constituiu-se num marco na evolução dos trabalhos existentes sobre levantamentos geológicos/geotécnicos e Cartografia Geotécnica.

CERRI *et al.* (1990), abordaram os objetivos e, principais, aplicações das cartas geotécnicas chamando atenção para a restrição à ocupação de áreas sob riscos geológicos através da aplicação de cartas de riscos geológicos.

BITAR *et al.* (1992), apresentaram os principais tipos de cartas geotécnicas de acordo com seus objetivos, aplicações dos seus conteúdos, natureza dos terrenos estudados e as necessidades inerentes aos diferentes tipos de ocupação (QUADRO 6.1).

QUADRO 6.1 Tipos de cartas geotécnicas e seus conceitos.

TIPOS	CONCEITOS
CARTAS GEOTÉCNICAS DIRIGIDAS	quando, a partir da identificação de problemas de natureza geológica-geotécnica decorrentes do uso do solo, expõem as limitações e potencialidades dos terrenos, estabelecem alternativas de solução destes problemas e apontam as diretrizes para o adensamento e a expansão da ocupação frente uma ou mais formas de uso urbano do solo.
CARTAS GEOTÉCNICAS CONVENCIONAIS	apresentam a distribuição geográfica das características dos terrenos, a partir de atributos do meio físico e de determinados parâmetros geológico-geotécnicos, muitas vezes sem considerar as interações existentes entre o meio físico e as diferentes formas de uso urbano do solo.
CARTAS DE SUSCETIBILIDADE	indicam a potencialidade de ocorrência de processos geológicos naturais e induzidos em áreas de interesse ao uso urbano do solo, expressando as suscetibilidades segundo classes de probabilidade de ocorrência.
CARTAS DE RISCOS GEOLÓGICOS	pondera a avaliação de dano potencial à ocupação, expresso segundo diferentes graus de riscos, resultantes da conjugação da probabilidade de ocorrência de manifestações geológicas naturais e induzidas e das conseqüências sociais e econômicas decorrentes.

Fonte: BITAR *et al.* (1992).

AGUIAR (1994), apresentou definições de termos empregados em mapeamento geotécnico (QUADRO 6.2).

CERRI *et al.* (1996), apresentaram uma proposta para elaboração destes documentos empregando o Método do Detalhamento Progressivo, tendo como princípio básico a realização de estudos geológicos-geotécnicos em três etapas sucessivas com níveis de detalhe crescente do geral para o particular.

QUADRO 6.2 Definições de termos empregados em mapeamento geotécnico.

TERMO	DEFINIÇÃO
MAPA	representação gráfica dos atributos do meio físico em determinada escala, sem a realização de análise interpretativa.
CARTA	diferencia-se do anterior por incluir análise interpretativa destinada a fins práticos da atividade humana.
ATRIBUTO	característica, qualitativa ou quantitativa, que identifica o componente de um sistema observado.
MAPEAMENTO GEOTÉCNICO	conjunto de processos sistemáticos de investigação dos atributos, imprescindíveis ao estabelecimento de unidades geotécnicas e passíveis de representação em documentos cartográficos.
CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA	distingue-se do mapeamento geotécnico por apenas estabelecer as unidades geotécnicas, com base em levantamentos executados anteriormente, sem etapa de investigação.

Fonte: AGUIAR (1994).

RODRIGUES (1997), realizou um levantamento abrangente sobre as principais propostas metodológicas existentes, destacando-se as seguintes: ZERMOS (1972/73), STEVENSON (1978/84), CARRARA (1978), HINOJOSA-LEON (1978), GASP (1979), EINSTEIN (1982/1988), PLATÔ NILGIRI (1982), HARUYAMA (1984), BRABB (1984), KIENHOLZ (1985), BARISONE, BOTTINO (1990), CHOUBY, LITORIA (1990), ANBALAGAN (1991/92) e SWEDISH GEOTECHNICAL INTITUTE (1991).

Atualmente, diversos grupos vêm desenvolvendo atividades neste campo, tais como o Departamento de Geologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, a Divisão de Geologia do IPT, o Departamento de Geologia da Escola de Engenharia de São Carlos, o Departamento de Geologia da Universidade Federal de Minas Gerais, a Companhia Paulista de Recursos Minerais entre outros (ZUQUETTE; NAKAZAWA, 1998).

6.1.1 Metodologias analisadas

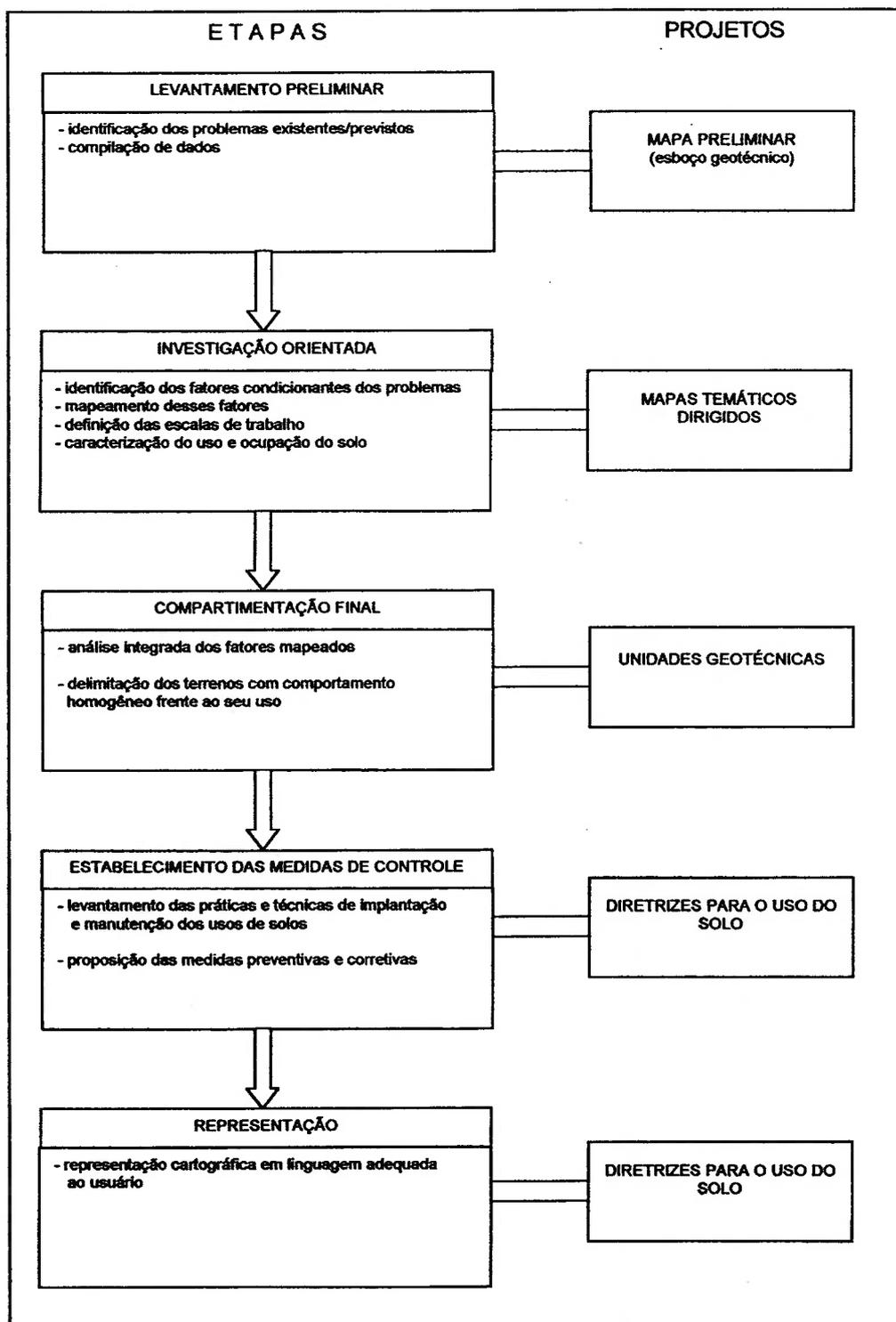
Apresenta-se a seguir uma síntese dos trabalhos estudados com propostas metodológicas para avaliação de riscos associados a escorregamentos:

a) Metodologia do IPT

Esta metodologia foi desenvolvida a partir de situações específicas, de problemas que ocorrem com frequência em grande parte das cidades brasileiras. Sumariamente, seus pontos centrais são assim compreendidos:

- partir dos problemas significativos do meio físico presentes em uma determinada área e daí para as suas condicionantes mapeáveis;
- considerar as formas usuais de ocupação do solo e as suas solicitações sobre o meio físico como fator fundamental na determinação do desempenho dos terrenos;
- concentrar esforços na coleta objetiva e orientada de dados, voltada para definir unidades de terreno de mesmo comportamento, de modo que elas correspondam à distintas práticas e técnicas de prevenção e correção dos problemas identificados;
- superar o determinismo intrínseco aos conceitos de “aptidão”, comumente empregados nas cartas geotécnicas, valendo-se do arsenal de técnicas disponíveis para a maximização de opções plausíveis de uso do solo;
- elaborar cartas geotécnicas de caráter dinâmico que, a partir de uma primeira versão, permitam incorporar novos conhecimentos do meio físico e novas técnicas de ocupação do solo.

O fluxograma da FIGURA 6.1 apresenta, esquematicamente, as principais etapas e os produtos obtidos através desta metodologia (ZUQUETTE; NAKAZAWA, 1998).



Fonte: ZUQUETTE; NAKAZAWA (1998).

FIGURA 6.1 Fluxograma da metodologia desenvolvida pelo IPT.

b) Metodologia da IAEG – *International Association of Engineering Geology*

Esta metodologia consiste em classificar os mapas em função do conteúdo (analíticos, abrangentes, auxiliares e complementares), da escala (grande > 1:10.000, média entre 1:10.000 e 1:100.000 e pequena < 1:100.000), litogênese (tipo geotécnico, tipo litológico, complexo litológico e suíte litológica) e da finalidade (especiais ou de multifinalidades) considerando-se principalmente: o caráter das rochas e solos, condições hidrogeológicas e geomorfológicas (SOUZA, 1992).

c) O Sistema Checoslovaco

Considera a morfologia, a estabilidade dos terrenos, e as propriedades físico-mecânicas dos solos e rochas. O trabalho é composto pelos mapas geológicos (substrato e materiais inconsolidados), hidrológico, de documentação, de divisão geotécnica além de fichas e tabelas (ZUQUETTE, 1985).

Nos países da antiga Checoslováquia o conhecimento na área de mapeamento geotécnico está bem desenvolvido, havendo forte ligação entre a escola francesa (que é a mais desenvolvida em técnicas e trabalhos) e a Checoslovaca (ZUQUETTE, 1985).

d) Sistemática para elaboração de carta de riscos para fins de planejamento regional

Segundo ZUQUETTE *et al.* (1992), os estudos para elaborar os documentos relativos aos eventos perigosos e aos riscos associados devem ser executados em função da escala, informações existentes sobre o meio físico e finalidades dos documentos produzidos. No QUADRO 6.3 verificam-se três níveis de documentos que podem ser elaborados considerando-se a relação entre estes três fatores.

QUADRO 6.3 Relação entre escalas, finalidades e níveis de informações utilizadas.

ESCALAS	FINALIDADE	NÍVEIS DAS INFORMAÇÕES
1:250.000 a 1:100.000	- Avaliação regional para definir: trabalhos em escalas maiores; grandes grupos de eventos; deficiências de informações e viabilidade de obras longitudinais.	Mapas existentes e informações predominantemente obtidas por meios indiretos.
1:100.000 a 1:25.000	- Viabilidade e projeto básico das diferentes formas de ocupação; - Elaboração das cartas de zoneamento de eventos e de riscos associados; - Definir as áreas para serem estudadas em detalhes; - Propor ações preventivas; - Delimitar áreas totalmente restritas às ocupações.	Mapas referentes aos diversos componentes do meio físico e da ocupação com informações obtidas de maneira direta e indireta.
1:25.000	- Projetos específicos para desenvolvimento das formas de ocupação, proteção e recuperação de áreas que estiveram sujeitas aos eventos perigosos.	Documentos da fase anterior. Análise e avaliação global das áreas sujeitas aos eventos perigosos.

ZUQUETTE *et al.* (1992)

ZUQUETTE *et al.* (1992), apresentaram uma proposta metodológica, QUADRO 6.4, para o desenvolvimento de estudos com vistas à elaboração de documentos que avaliam, registram e delimitam as áreas sujeitas aos eventos perigosos, bem como os tipos de eventos, intensidades, períodos de retorno e atributos do meio físico que condicionam os eventos perigosos.

Segundo os Autores, para elaborar os documentos propostos no QUADRO 6.4, são necessárias informações de todos os componentes do meio físico e características dos tipos de ocupação. A proposta tem como princípio a elaboração seqüencial dos documentos para cada nível de escala, considerando a densidade de informações, os tipos de eventos perigosos e as características geotécnicas de cada região.

QUADRO 6.4 Sistemática para desenvolvimento dos estudos e maneiras de obtenção das informações do meio físico

Escalas/ categorias	Métodos indiretos	Métodos diretos	Documentos a serem elaborados
1:250.000 a 1:100.000 (Fase 1)	- fotos aéreas; - imagens de satélites; - documentos existentes como: mapas geológicos, de solos, geofísicos, climáticos e geomorfológicos.	- observação no campo de locais onde ocorrem eventos perigosos para avaliação preliminar das evidências e os problemas decorrentes.	1) Mapa das ocorrências de eventos perigosos e áreas atingidas; 2) Carta de zoneamento dos eventos perigosos que poderão ocorrer; 3) Mapa das áreas prioritárias para serem mapeadas em escalas maiores; 4) Mapa das condições geotécnicas gerais.
1:100.000 a 1:25.000 (Fase 2)	- fotos aéreas de épocas diferentes; - documentos elaborados na fase anterior; - imagens de satélite; - métodos analógicos e estatísticos.	- investigações de campo; - amostragens; - investigação sub superficial; - ensaios laboratoriais; - análise das formas de ocupação.	1) Mapa dos eventos perigosos ocorridos com delimitação das áreas atingidas; 2) Carta de zoneamento geotécnico geral; 3) Cartas de zoneamentos geotécnicos específicos; 4) Carta de zoneamento dos eventos perigosos; 5) Carta de riscos para os tipos de ocupação atual; 6) Carta de riscos para os tipos de ocupação a serem implementadas; 7) Mapa das áreas sujeitas aos eventos perigosos.
> 1:25.000	- Documentos elaborados nas fases anteriores; - Fotos aéreas; - Imagens de satélite; - Métodos estatísticos.	- investigações de campo; - investigação sub superficial; - análise das formas de ocupação; - amostragens; - ensaios laboratoriais e "in situ".	1) Carta de zoneamento geotécnico geral; 2) Mapa dos diferentes tipos de eventos perigosos combinados que podem atingir a região; 3) Mapa dos eventos perigosos específicos e suas áreas de influência; 4) Mapa dos diferentes níveis de riscos em cada área sujeita aos eventos perigosos; 5) Mapa que retrata as taxas de custos, os procedimentos construtivos e os cuidados necessários para implementar as diferentes formas de ocupação; 6) Mapa que retrata os procedimentos de segurança para a população de cada área sujeita ao evento; 7) Memorial com a combinação e nível dos eventos que devem indicar a retirada da população de cada evento perigoso; 8) Dados de acompanhamento sistemático das áreas com ocorrências de eventos perigosos.

ZUQUETTE et al. (1992).

e) Metodologia ZERMOS

Esta metodologia tem como finalidade básica fornecer detalhes de uma área quanto às condições de instabilidades, sejam potenciais ou reais. Normalmente os levantamentos são realizados em escala 1:25.000 ou 1:20.000 e maiores, indicando onde estudos em escala 1:5.000 devem ser realizados, sendo então elaboradas as Plantas ZERMOS. Geralmente os resultados são apresentados em uma carta que se faz acompanhar de uma nota explicativa.

Estas cartas são elaboradas para situações de instabilidade associadas a movimentos de massa, erosão, abatimentos e problemas sísmicos.

A análise do terreno é feita através do levantamento e avaliação dos fatores naturais permanentes (litologia, estruturas, drenagens etc.) e dos temporais (vegetação, sobrecargas etc.).

As Plantas *ZERMOS* são cartas realizadas em detalhe com a finalidade de direcionar as diferentes formas de ocupação, e podem ser produzidas a partir de uma Carta *ZERMOS* preexistente na escala 1:25.000, ou próxima, ou mesmo realizada sem base. Estas plantas têm basicamente duas finalidades:

- informativa: retratar a localização e explicar os fenômenos;
- orientativa: através das recomendações prescritas para cada caso.

Além disso, é uma carta de “alerta” para possíveis preocupações futuras. São realizadas, normalmente, nas escalas 1:15.000 e 1:2.000. A Planta *ZERMOS* deve identificar zonas com possibilidades ou não de instabilidades, e deve apresentar um perímetro de proteção às áreas com instabilidade declarada ou potencial (RODRIGUES, 1997).

f) Metodologia *GASP* - Hong Kong

Esta metodologia é voltada para execução do Mapa de Classificação dos Terrenos (MCT) que é obtido pela combinação de vários grupos de atributos a depender do objetivo para o qual ele é elaborado. Também a partir do MCT são originados outros mapas com um nível maior de detalhe. Esta metodologia pode ser aplicada em três fases:

- estudos regionais: para áreas entre 50 e 100 km² na escala 1:20.000;
- estudos distritais: (estágio 1) para áreas entre 2 e 4 km² na escala 1:2.500;
- estudos distritais: (estágio 2) baseado nos resultados do estágio 1. Consiste numa avaliação geotécnica mais detalhada em locais por eles delimitados.

Com o conjunto de documentos gerados é possível hierarquizar as zonas quanto ao nível de risco, definindo assim, zonas com alto potencial à ocupação, zonas com altas limitações geotécnicas à ocupação entre outras (RODRIGUES, 1997).

g) Metodologia do Platô de Nilgiri

Esta metodologia consiste na preparação de mapas (declividade, materiais inconsolidados, drenagem, uso e ocupação e lito-estrutural) que serão superimpostos para obtenção das causas dos possíveis escorregamentos e assim, chegar na carta de zoneamento dos escorregamentos.

Fatores como a inclinação do talude, variação da espessura do solo, distribuição da drenagem e diferentes tipos de ocupação são considerados efeitos cumulativos para avaliação da suscetibilidade dos escorregamentos. A morfometria dos taludes e a espessura dos solos são características importantes para a definição do tipo de escorregamento (RODRIGUES, 1997).

h) Metodologia de Einstein

É baseada nos trabalhos de BRABB (1972), EINSTEIN (1982), RADBRUCHHALL *et al.* (1982), USGS (1983), VARNES (1985), PER (1985) *apud* RODRIGUES (1997). O QUADRO 6.5 apresenta a sistemática e os documentos obtidos quando da aplicação desta metodologia.

QUADRO 6.5 Sistemática e documentos obtidos na metodologia EINSTEIN (1988).

NÍVEL	MAPA	FATORES CONSIDERADOS
1	MAPAS BÁSICOS	<ul style="list-style-type: none"> - topografia - estrutura - substrato rochoso - materiais inconsolidados - dados geotécnicos e de uso e ocupação
2	MAPAS DE PROBLEMAS	<ul style="list-style-type: none"> - delimita zonas com diferentes possibilidades de problemas (não faz previsão de riscos)
3	MAPA DE HAZARD	<ul style="list-style-type: none"> - evento provável combinado com probabilidades de ocorrências; os resultados são apresentados em escalas
4	MAPA DE RISCO	<ul style="list-style-type: none"> - combinação da área a ser atingida e os tipos de uso e ocupação
5	MAPA DE PROCEDIMENTOS (regulamentos de orientação técnicos e administrativos)	<ul style="list-style-type: none"> - Mapa de perigo - Mapa de riscos

Fonte: RODRIGUES (1997).

i) Metodologia de Augusto Filho

A metodologia de AUGUSTO FILHO (1994) tem sua estrutura de investigação apoiada na Geologia de Engenharia (entendimento dos agentes, condicionantes, tipologia e dinâmica dos escorregamentos) e nas atividades de redução de desastres naturais sugeridas pela *UNDRO* (1991). Compreende quatro grandes fases: Inventário, Investigação, Análise e Síntese, conforme FIGURA 6.2. As principais atividades desenvolvidas nas quatro fases são descritas a seguir:

a) *INVENTÁRIO*: envolve preparação, levantamento e tratamento de dados já existentes, com quatro grupos de atividades:

aa) planejamento: definição dos objetivos, área de estudo, escalas de trabalho, recursos humanos e materiais necessários, cronograma etc. Na formação da equipe é importante incentivar a participação de técnicos usuários da carta de riscos a ser elaborada. Também deve-se prever mais de uma escala de análise, independentemente da escala final de apresentação da carta de riscos;

ab) levantamento de dados existentes: identificação e obtenção de relatórios, materiais cartográficos, fotos, dados pluviométricos e outros documentos que tratem das características fisiográficas e socioeconômicas da área estudada, e de interesse para elaboração da carta de riscos;

ac) levantamentos expeditos de campo: trabalhos preliminares de campo, de curta duração e orientados para questões gerais, objetivando complementar o quadro inicial das principais características e condições de contorno da área a ser analisada;

ad) identificação preliminar dos modelos fenomenológicos dos escorregamentos: identificação preliminar das características e condicionantes dos escorregamentos, tendo-se em conta os dados levantados nas etapas anteriores. Esta atividade marca o fim da fase de inventário e o seus resultados orientam a fase de investigação subsequente.

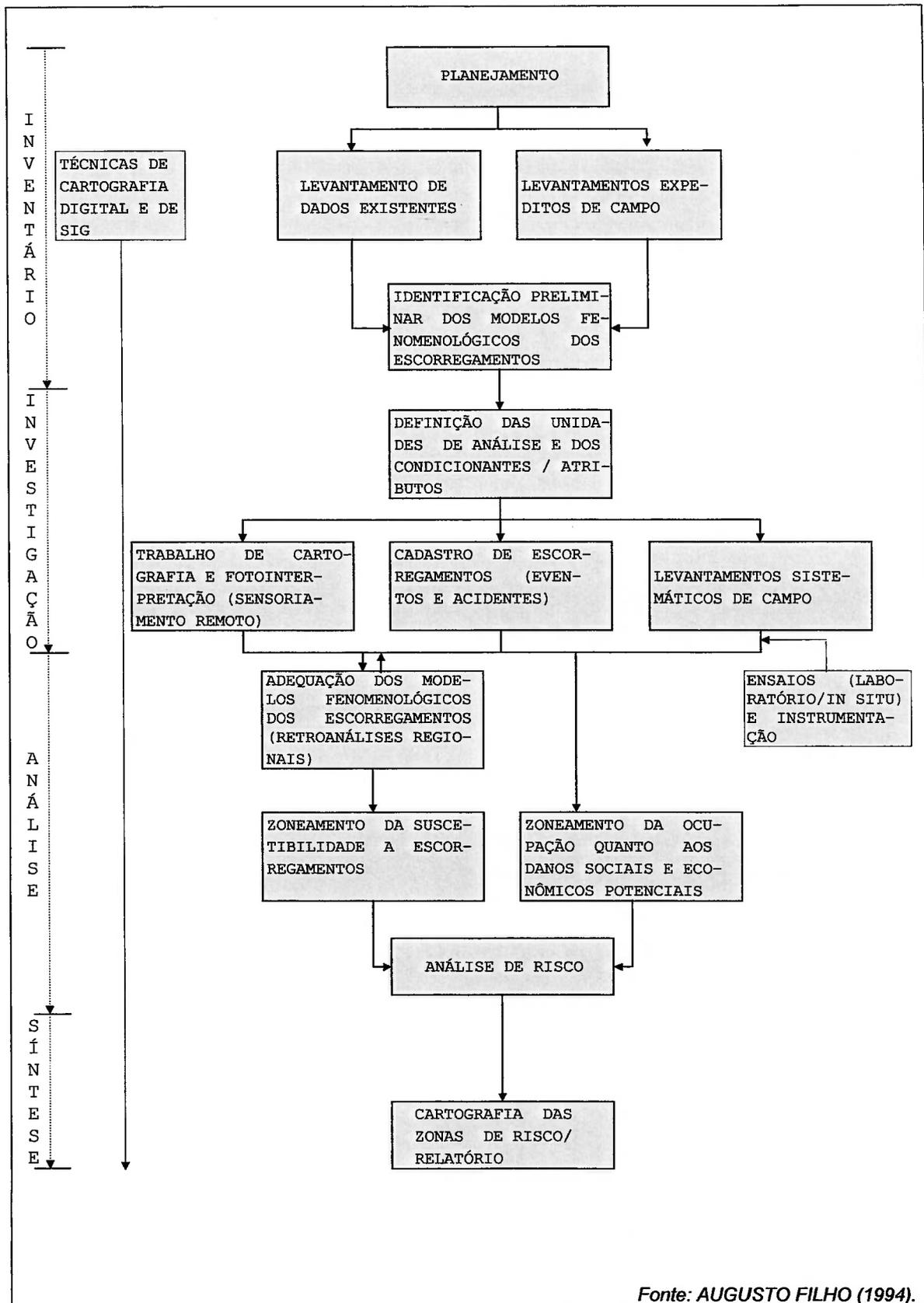


FIGURA 6.2 Principais fases e atividades para elaboração de cartas de riscos de escorregamentos.

b) **INVESTIGAÇÃO**: envolve as atividades de investigação sistemática, sendo responsável por grande parte dos dados previstos para elaboração da carta de riscos de escorregamentos. Compreende cinco grandes grupos de atividades, três (bb, bc e bd) desenvolvidos mais ou menos concomitantes:

ba) definição das unidades de análise e dos condicionantes/atributos: envolve a definição mais precisa dos limites físicos da área a ser investigada (setores de encosta, bacias hidrográficas etc.), bem como dos condicionantes e atributos a serem levantados na investigação sistemática (geologia, geomorfologia, uso e ocupação, clima etc). Esta etapa deve ser orientada pelos modelos fenomenológicos dos escorregamentos identificados na etapa anterior;

bb) trabalho de cartografia e fotointerpretação: envolve a elaboração de mapas temáticos com os compartimentos geológicos-geotécnicos, declividades, escorregamentos, classes de uso e ocupação etc. Esses mapas são confeccionados a partir da compilação de mapas preexistentes cujos dados são obtidos através de técnicas de sensoriamento remoto, cadastro de escorregamentos e pelos levantamentos sistemáticos de campo;

bc) cadastro de escorregamentos: elaboração de um banco de dados com informações sobre escorregamentos deflagrados na área de estudo (localização, geometria, material mobilizado, inclinação da encosta afetada etc.). Estas informações são obtidas dos mapas temáticos e nos levantamentos sistemáticos de campo;

bd) levantamentos sistemáticos de campo: compreende trabalhos de complementação e checagem dos mapas temáticos e banco de dados elaborados nas etapas anteriores;

be) ensaios (laboratório e *in situ*) e instrumentação: utilizados eventualmente na elaboração de cartas de riscos em grande escala (maiores 1:5.000) ou nos casos de estudos que tenham enfoque de cartografia convencional. Estes métodos ajudam a determinação de parâmetros de interesse tanto para os processos de escorregamentos (permeabilidade, profundidade do nível d'água, parâmetros de resistência etc.), como para melhor caracterização geotécnica dos diferentes compartimentos identificados. Estas atividades devem ser dirigidas para compartimentos e/ou unidades de terreno predeterminadas;

c) **ANÁLISE**: fase que envolve tratamento e análise dos dados levantados nos trabalhos de investigação, sendo direcionada para dois grandes enfoques: zoneamento quanto à suscetibilidade e tipologia dos escorregamentos, e caracterização do uso e ocupação quanto aos danos sociais e econômicos potenciais. Compreende quatro grupos de atividades:

ca) adequação dos modelos fenomenológicos dos escorregamentos: reavaliação dos modelos fenomenológicos preliminares, obtida pelo cruzamento e análise de dados levantados na fase de investigação. Resulta na definição dos condicionantes/atributos e classes de terreno a serem utilizadas na delimitação das diferentes zonas de suscetibilidade a escorregamentos. A retroanálise regional de eventos/acidentes de escorregamentos servirá como balizador dos diferentes graus de suscetibilidade;

cb) zoneamento da suscetibilidade a escorregamentos: delimitação e cartografia das diferentes zonas quanto à tipologia e ao grau de suscetibilidade a escorregamentos, obtidas pela sobreposição dos mapas temáticos segundo os critérios definidos nas etapas anteriores;

cc) zoneamento da ocupação quanto aos danos sociais e econômicos potenciais: envolve a classificação e cartografia das diferentes formas de uso e ocupação na área, considerando-se o número de vítimas e danos econômicos diretos e indiretos decorrentes da deflagração de escorregamentos;

cd) análise de riscos: envolve a ponderação entre as diferentes zonas de suscetibilidade e as conseqüências potenciais identificadas nas etapas cb e cc.;

d) **SÍNTESE**: envolve cartografia das zonas de riscos:

da) cartografia das zonas de risco: elaboração da carta de riscos de escorregamentos a partir da delimitação cartográfica das diferentes zonas de riscos, acompanhada de legenda explicativa que sintetiza os tipos de escorregamentos predominantes, as características geológicas-geotécnicas e as recomendações para uso e ocupação das zonas de riscos mapeadas.

6.2 A abordagem da *UNDRO* (1991) e as principais atividades para elaboração de cartas de riscos geológicos associados a escorregamentos

Apresentou-se os objetivos e principais aplicações das cartas geotécnicas, dentre elas das cartas de riscos geológicos, observando-se que tais cartas fazem parte de um tipo particular de carta geotécnica.

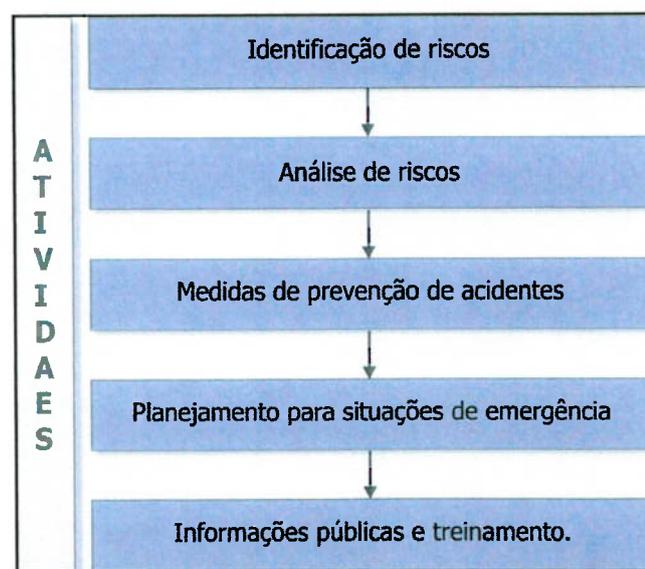
Segundo BRABB (1985) e AUGUSTO FILHO (1994), genericamente parte das técnicas de cartografia de riscos geológicos, incluindo os escorregamentos, se desenvolveram de linhas de pesquisas associadas aos mapeamentos geotécnicos.

Para CERRI *et al.* (1990a), poucas cartas de riscos geológicos foram elaboradas no Brasil, contrariamente do que se verifica internacionalmente, onde as cartas de riscos geológicos são largamente utilizadas.

Como exemplo o Autor cita as cartas *ZERMOS* elaboradas na França; as cartas de inundações; as cartas de potencial de sismos (EUA, países do leste europeu); as cartas de movimentos de terrenos (Itália) e as cartas de vulnerabilidade à poluição (EUA, Canadá e França).

ZUQUETTE *et al.* (1991), relataram que a maioria das cartas de riscos elaboradas no Brasil trata de movimentos gravitacionais de massa em regiões serranas.

A *UNDRO* em 1991 apresentou cinco grandes grupos de atividades para a prevenção e redução de acidentes naturais, FIGURA 6.3.



Fonte: *UNDRO* (1991), organizado pela Autora (2004)

FIGURA 6.3. Grupos de atividades para a prevenção e redução de acidentes naturais.

Os dois primeiros grupos de atividades fazem parte dos princípios primordiais para elaboração de cartas de riscos geológicos, sendo, portanto, descritos detalhadamente a seguir. Medidas de prevenção de acidentes, planejamento para situações de emergência, informações públicas e treinamento serão discutidos no escopo do Planos Preventivos de Escorregamentos.

6.2.1 Identificação e análise de riscos associados a escorregamentos

Segundo CERRI (1993), a identificação das situações de riscos é fundamentalmente uma atividade de campo, onde devem ser analisadas as possibilidades de ocorrências, e avaliadas as conseqüências, caso o acidente se configure.

Assim, a identificação dos riscos corresponde à indicação dos locais mais suscetíveis à ocorrência, considerando suas conseqüências potenciais. O autor aponta alguns cuidados que devem ser tomados:

- o levantamento de campo deve ser realizado por mais de um profissional com perfeito conhecimento do modelo do processo em questão;
- é preciso saber tratar com a subjetividade inerente a esta atividade, pois é complicado fixar parâmetros que possam ser objeto de quantificação absoluta;
- analisar os condicionantes naturais e antrópicos, pois assim, juntamente com a verificação da possibilidade de registro de conseqüências sociais e econômicas, é possível a identificação das situações de riscos;
- elaborar uma ficha de campo contemplando as particularidades da área em questão;
- definir precisamente os critérios para o desenvolvimento do trabalho e o nível de detalhe em que este será realizado.

A definição dos critérios para a identificação das áreas sujeitas a riscos geológicos associados a escorregamentos, objetiva dotar os responsáveis por esta atividade de um padrão uniforme de julgamento e decisão frente às situações de riscos instaladas.

Segundo CERRI *et al.* (1990a) e MACEDO (1992), a identificação das situações de riscos geológicos pode ser executada em dois níveis: zoneamento e cadastramento. Quanto aos escorregamentos, o zoneamento corresponde à identificação de setores em risco da encosta e de áreas planas que possam ser atingidas pelo material movimentado.

O cadastramento de riscos representa um nível de detalhe maior, apontando, em áreas urbanas, as situações de risco moradia por moradia, tanto na encosta, como nas áreas abaixo. Quanto às escalas, nos zoneamentos variam de 1:50.000 a 1:2.000, enquanto que nos cadastramentos têm sido utilizadas escalas próximas de 1:500 (BITAR *et al.*, 1992).

A partir dos resultados de zoneamentos efetuados é possível priorizar áreas para realização de cadastramentos de riscos, sendo que esta atividade otimiza os trabalhos nas áreas apontadas nos zoneamentos como mais críticas. Esse procedimento é muito útil quando não há tempo suficiente para se realizar um cadastro completo em toda área de estudo.

Para intervenções de caráter geral, como a implantação de sistemas de drenagem, os resultados do zoneamento se mostram perfeitamente adequados. No caso de intervenções de caráter particular, como pequenas obras de contenção, utilizam-se os resultados do cadastramento de riscos (CERRI, 1993).

A análise de riscos busca identificar, fundamentando-se basicamente nas observações e registros de indicadores de instabilidade, tanto os riscos naturais quanto os produzidos pela ocupação antrópica, de maneira a permitir o estabelecimento de uma hierarquização das situações de riscos existentes e adoção de medidas preventivas.

A implementação desse tipo de análise exige, em linhas gerais, a definição da unidade de análise, a caracterização geológico-geotécnica de cada unidade e uma avaliação do nível de risco existente (CARVALHO, 1995).

6.2.1.1 Unidade de análise

As cartas de riscos podem apresentar diferentes tipos de unidades de análise. CARVALHO (1995), recomenda que a unidade de análise seja compatível com a escala utilizada.

GUSMÃO FILHO *et al.* (1992) *apud* CARVALHO (1995) estudando as ocupações urbanas em encostas, com vistas à obtenção de subsídios para o planejamento urbano, utilizaram como unidade de análise a “localidade” ou núcleo habitacional, definindo-a em função da forma de ocupação do solo.

AMARAL; D’ORSI (1993) *apud* CARVALHO (1996), na elaboração de cartas de riscos de escorregamentos com o objetivo de subsidiar ações preventivas de acidentes, definiram como unidade de análise a zona sujeita a um determinado tipo de processo de instabilização.

Análise de riscos efetuadas em favelas de São Paulo, com o objetivo de subsidiar a implantação de ações de remoção e de obras de contenção, utilizaram como unidade de análise o setor de risco numa definição similar àquela utilizada por AMARAL; D’ORSI (1993) *apud* CARVALHO (1996).

CARVALHO (1996), apresentou uma proposta metodológica para gerenciamento de riscos geotécnicos em encostas urbanas, considerando que a unidade de análise corresponde ao “setor de risco”, entendido como a porção contínua do terreno submetida às conseqüências de um determinado processo de instabilização considerado predominante.

6.2.1.2 Caracterização geológica-geotécnica

A caracterização geológica-geotécnica do setor de risco deve permitir estabelecer seus contornos físicos e o processo de instabilização atuante (ou potencial) considerado predominante. Nesse sentido, é adequado que ela se apóie em um método voltado para a elaboração de um modelo fenomenológico do processo de instabilização. O estabelecimento desse modelo pressupõe a identificação de setores com maiores possibilidades de ocorrência do processo de instabilização atuante, seus agentes e causas, geometria, natureza e estado do material envolvido, mecanismos de movimentação e seu comportamento no tempo.

6.2.1.3 Avaliação dos níveis de riscos existentes

A avaliação de riscos corresponde à etapa onde são atribuídos diferentes graus aos riscos identificados. Os riscos identificados são também objeto de representação cartográfica, objetivando a sua espacialização.

Assim, podem ser individualizados os locais que apresentam risco iminente, alto, médio e baixo grau de risco. Caso a decisão seja adotar índices numéricos para representação dos riscos, sugere-se utilizar a codificação internacional, onde aos riscos maiores devem ser atribuídos índices numéricos maiores (CERRI, 1993).

Cuidado especial deve ser tomado quando estão presentes, simultaneamente em uma mesma área, riscos associados a diferentes processos geológicos. Um determinado grau de risco referente a um processo em particular não corresponde, necessariamente, ao mesmo grau para outros processos. Nestes casos deve-se indicar os graus individualmente por processo considerado, ou então, realizar a análise da equivalência entre os graus de riscos dos diferentes processos e, em seguida, formular a hierarquização mais adequada.

Constata-se uma tendência internacional em conferir os mais elevados graus de risco à situações que envolvam a possibilidade de registro de perda de vidas humanas (AUGUSTO FILHO *et al*; 1990).

Após a análise de risco é possível caracterizar as situações de riscos e suas dimensões, definindo a existência de situações de riscos localizados (quando afeta alguns locais específicos da área) ou generalizados (quando afeta toda área), uma vez que tal definição implica ações diferenciadas (CUNHA *et al*; 1991; CERRI, 1993; SILVA, 1997).

6.2.2 Representação cartográfica dos riscos

A representação cartográfica dos riscos geológicos pode ser feita em diferentes escalas a depender dos objetivos e resultados esperados. HANSEN (1984), reconheceu quatro escalas principais para elaboração de cartas de riscos de escorregamentos e processos correlatos:

- mapas sinóticos, com escalas de 1:100.000 ou menores;
- mapas de escalas médias, com escalas de 1:50.000 a 1:25.000;
- mapas de escalas grandes, com escalas de 1: 10.000 a 1: 5.000;
- mapas detalhados, com escalas de 1: 5.000 a 1: 2.000.

Segundo ZUQUETTE (1993), as cartas de "hazard" e de riscos são preparadas em escalas, desde próximas a 1:1.000.000 até maiores que 1:25.000, mas com predomínio em três faixas: 1:50.000/1:25.000, 1:10.000 e 1:5.000. Ainda segundo o Autor, as cartas de riscos, são elaboradas para 3 situações:

- zoneamento geral: escala 1:50.000 ou 1:25.000 (mais freqüente);
- mapeamento de zonas específicas definidas e delimitadas no zoneamento geral, normalmente em escalas maiores;
- detalhamento de áreas específicas com vistas à busca de soluções, normalmente em escalas maiores que 1:5.000.

CERRI (1993), apresentou as escalas recomendadas pela Organização das Nações Unidas para representação cartográfica de riscos:

- escala nacional, apropriada para planejamento do uso do solo a longo prazo, com escalas de 1:1.000.000 a 1:250.000;
- escala regional, voltada para o planejamento urbano, com escalas de 1:24.000 a 1:12.000;
- escala de projeto, dirigida ao planejamento do uso do solo e normalização de construções, com escalas de 1:12.000 a 1:200.

Segundo AUGUSTO FILHO (1993), as escalas das cartas ou trabalhos de identificação de riscos geológicos, produzidas no Estado de São Paulo, têm variado de 1:50.000 a 1:250. As primeiras, de caráter semi-regional, têm sido utilizadas para ações de planejamento e realização de diagnósticos gerais, enquanto as do segundo grupo, para orientar ações corretivas ou emergenciais, como a remoção preventiva de moradias. Os trabalhos em escala intermediária (1:25.000 a 1:5.000) são mais raros e servem tanto para ações de planejamento e reurbanização, como para a indicação preliminar de medidas corretivas.

Segundo AUGUSTO FILHO (1994), a representação cartográfica dos riscos geológicos pode ser feita em diferentes escalas a depender das necessidades inerentes aos tipos de ocupação. O autor apresentou quatro escalas para representação dos riscos, estabelecidas pela *UNDRO* (1978):

- escala nacional, 1:1.000.000 a 1:250.000;
- escala regional, 1:250.000 a 1: 62.500;
- escala de detalhe, 1: 24.000 a 1:12.000;
- escala de projeto, 1:12.000 a 1:2.000.

6.3 Planos Preventivos para escorregamentos

Os Planos Preventivos para escorregamentos são instrumentos de gestão que apresentam as seguintes características principais:

- aplicam-se às áreas onde não é possível, em curto prazo, eliminar todos os riscos associados a escorregamentos e/ou reduzi-los a níveis aceitáveis;
- possibilitam a implantação de medidas preventivas anteriormente à ocorrência de escorregamentos;
- permitem a convivência com os riscos instalados, em níveis relativamente seguros;
- determinam o momento mais adequado para a tomada de decisão em situação de risco iminente;
- têm período de operação equivalente, no mínimo, aos meses correspondentes à estação chuvosa;
- sua operação deve perdurar até que a recuperação das áreas de riscos se efetive completamente;
- são estruturados em níveis (Observação, Atenção, Alerta e Alerta Máximo), cada qual correspondendo a uma expectativa quanto à ocorrência de escorregamentos e determinando a necessidade de implantação de ação preventiva condizente com tal expectativa;
- são instrumentos simples, podendo ser operados por pessoas não necessariamente especializadas em estabilização de taludes;
- destinam-se a minimizar o registro de conflitos quando da ocorrência dos processos.

Os planos preventivos para escorregamentos fundamentam-se no acompanhamento dos índices pluviométricos, em informações de previsões meteorológicas e no registro de feições de instabilidade a partir de vistorias de campo nas áreas de riscos anteriormente identificadas. Assim, é possível tomarem medidas antecipadas à ocorrência dos processos de instabilização.

A elaboração de planos preventivos requer o desenvolvimento de uma série de atividades, iniciadas pela identificação, análise e representação cartográfica dos riscos associados a escorregamentos. Para tal, CERRI (1993), destacou a necessidade de adequado conhecimento do mecanismo dos escorregamentos, especialmente quanto aos seus condicionantes naturais e antrópicos.

CARVALHO (1996) corroborando com CERRI (1993), afirmou que o estabelecimento de um PPDC envolve a análise e hierarquização das situações de riscos, a identificação de parâmetros representativos da possibilidade de ocorrência dos processos de instabilização, o monitoramento desses parâmetros e o estabelecimento de níveis de alerta e das correspondentes ações de defesa civil.

Segundo SILVA (1997), a utilização de planos preventivos como instrumentos de gerenciamento de situações de riscos é muito difundida em países que são constantemente atingidos por grandes catástrofes naturais como o Japão, Estados Unidos, Colômbia etc. Os sistemas montados envolvem o detalhamento de áreas de riscos, o monitoramento através de redes telemétricas, planos para evacuação de áreas, ações de emergências, política de informações públicas e treinamento.

Segundo a Autora, no Brasil a utilização de planos preventivos para processos naturais ainda é restrita, destacando-se o Plano Preventivo de Defesa Civil Específico para Escorregamentos na Serra do Mar – PPDC (IPT, 1989; CEDEC, 1990 e 1996) e o Plano de Contingência do Pólo Industrial de Cubatão (GALVES, 1988). Ambos os Planos, operados desde 1988, foram implementados para gerenciar riscos associados a escorregamentos em municípios do litoral paulista. Atualmente, outros municípios brasileiros (Petrópolis, Belo Horizonte, Santos etc) também operam Planos Preventivos que foram elaborados com base na metodologia desenvolvida para o PPDC na Serra do Mar.

MACEDO *et al.* (1992) *apud* SILVA (1997) e MACEDO; SANTORO (2002) discutiram a aplicabilidade do PPDC da Serra do Mar em outros municípios brasileiros e destacaram os seguintes aspectos:

- a estruturação do PPDC partiu de um conhecimento geológico-geotécnico acumulado sobre mecanismos de movimentos gravitacionais de massa e áreas de riscos da região da Serra do Mar;
- a experiência do Estado de São Paulo demonstra que o funcionamento adequado de um Plano desta natureza depende da existência de respaldo legal;
- a maior eficiência na operação do Plano esteve ligada a participação de técnicos com conhecimentos específicos atuando diretamente na preparação e operação do mesmo;

- o Plano tem se mostrado eficiente no seu principal objetivo, ou seja, reduzir os riscos de perda de vidas humanas, o que tem contribuído para a mudança da mentalidade das equipes e da população diretamente envolvida; e
- a operação do Plano, onde a administração local envolveu de modo direto a população das áreas de riscos nas fases de treinamento e operação, ocorreu de forma mais eficiente.

Segundo CERRI (1993), planos preventivos para escorregamentos planares de solo elaborados para os municípios paulistas de Cubatão, Guarujá, Santos, São Vicente, Caraguatatuba, Ilhabela, São Sebastião e Ubatuba, têm sido operados desde o período chuvoso de 1988-89. Os resultados advindos desta operação têm comprovado a possibilidade de significativa redução do número de mortes decorrentes de acidentes geológicos associados a escorregamento planares de solo, mesmo com o registro de eventos pluviométricos extremamente adversos.

Em algumas ocasiões, horas após a evacuação de um conjunto de moradias em risco iminente instaladas em meio a áreas de encostas ocupadas, ocorreram escorregamentos que destruíram exatamente as moradias evacuadas. Nestes casos, embora tenham sido registrados prejuízos econômicos, muitas vidas foram preservadas.

CERRI (1992 *apud* CERRI, 1993) propôs que os planos preventivos para escorregamentos sejam desenvolvidos em quatro fases: elaboração; implantação; operação e acompanhamento/avaliação.

A operação dos planos preventivos para escorregamentos pode ser apoiada em quadros-roteiro que, de forma simplificada, reúnem os critérios de entrada e de saída de cada nível, assim como suas ações correspondentes (CERRI, 1993).

É importante destacar que os parâmetros técnicos apresentados que fundamentam a operação dos planos preventivos devem ser analisados ao término de cada período chuvoso (ou sempre que necessário), visando verificar sua adequabilidade.

Para as situações identificadas como de riscos iminente, devem ser indicadas medidas preventivas de implantação imediata, visando eliminar ou reduzir estes riscos. Tal procedimento se justifica pela possibilidade de ocorrência de rupturas a partir de novas chuvas, sem que haja tempo suficiente para se evitar o registro de conseqüências.

Para as demais situações de riscos identificadas é necessário que seja estabelecido um sistema de acompanhamento da evolução das instabilizações que possibilite a permanente atualização dos graus de riscos pré-determinados (CERRI, 1993).

6.4 Planejamento para situações de emergências, informações públicas e treinamento

De acordo com SÁNCHEZ (1994), nenhuma empresa terá bom programa de gerenciamento ambiental se não possuir mecanismos de ação para emergências, como, por exemplo, acidentes ambientais. Esses programas incluem em geral: análise de riscos; estudo de medidas preventivas; programa de intervenção em caso de ocorrência de acidentes; programa de comunicação; programa de treinamento em prevenção de riscos e medidas emergências.

Segundo CERRI (1993), o planejamento para situações de emergência em casos de escorregamentos, abrange atividades que visam tornar mínima a ampliação das conseqüências decorrentes do acidente, a saber:

- implantação de medidas preventivas, visando evitar que as conseqüências do acidente se ampliem;
- necessidade de informar adequadamente a população, especialmente quanto à possibilidade de ocorrência de novas rupturas;
- adequada estruturação das equipes envolvidas nos trabalhos de emergências;
- resgate de vítimas e a recuperação da área (como a remoção da massa mobilizada, por exemplo);
- identificação das causas do acidente.

Segundo CERRI (1993), as principais atividades a serem desenvolvidas em atendimentos emergenciais, quando da ocorrência de acidentes associados a escorregamentos podem ser agrupadas em 4 etapas:

1ª etapa – diagnóstico: em geral é realizado de forma expedita. Baseia-se em observações de campo, na análise de dados geológicos, geotécnicos, pluviométricos e de uso e ocupação do solo. Tal atividade deve resultar em indicações das áreas de risco iminente residuais e na caracterização da estabilidade da massa mobilizada. É particularmente importante que seja observada a extensão da área ameaçada (risco localizado ou generalizado).

2ª etapa - proposições técnicas: devem estar respaldadas em previsões meteorológicas, já que estes dados são determinantes da natureza e da velocidade de implantação das medidas preventivas. Basicamente, são desenvolvidas as seguintes atividades:

- orientação para a realização dos trabalhos de resgate de vítimas e de remoção da massa instabilizada (se for o caso) visando garantir a segurança das pessoas envolvidas nestas tarefas;
- proposição de medidas visando evitar o registro de perda de vidas humanas e de prejuízos econômicos, caso haja evolução da instabilização.

3ª etapa - estruturação das equipes: é preciso uma adequada organização das equipes envolvidas nos atendimentos de emergência, para a obtenção de resultados satisfatórios. Para que haja uma estruturação dos trabalhos, propõe-se a organização de grupos que devem responder por tarefas específicas. É importante que seja definido um coordenador geral dos trabalhos.

Os principais trabalhos a serem desenvolvidos para atendimentos de emergências compreendem: vistorias de campo, resgate de vítimas, desobstrução de vias de acesso, apoio social, assistência médica e isolamento da área.

Concomitantemente, deve ser definido um mecanismo que através de comunicados oficiais, informe e oriente adequadamente a população envolvida no acidente, especialmente quanto aos procedimentos a serem adotados, caso haja novos escorregamentos ou novas feições de instabilidade sejam observadas.

4ª etapa - recuperação da área: desenvolvida após a fase emergencial corresponde à realização de estudos em detalhe para recuperar a área. No início dos trabalhos de redução de riscos associados a escorregamentos em determinada área, pode-se optar por formular, num primeiro momento, um planejamento para situações de emergências, dada a proximidade da estação chuvosa e a gravidade dos riscos instalados.

Posteriormente, são desenvolvidos os trabalhos mais detalhados e que proporcionam resultados efetivos. Nestas condições devem ser estabelecidos sistemas de acionamento das equipes de plantão, sobreaviso e de capacitação técnica das equipes responsáveis por vistorias de campo.

Especificamente para rodovias, o planejamento para situações de emergências associadas a escorregamentos não tem sido realizado. Planejamentos para atendimentos emergenciais têm ocorrido quando trata-se do transporte de produtos perigosos. Em 1998 a Secretaria de Estado do Meio Ambiente promulgou a Resolução SMA 81/98 a qual dispõe sobre o licenciamento ambiental de intervenções destinadas à conservação e melhorias de rodovias e sobre o atendimento a emergência no transporte de produtos perigosos em rodovias.

O artigo 3º desta Resolução estabeleceu a obrigatoriedade de elaboração de planos de atendimento a emergências, sendo que no anexo I, da mesma, estipulou o roteiro a ser contemplado neste documento (QUADRO 6.6). Com o intuito de discutir as formas de implementação de tais planos, foi estabelecido, no ano 2000, um grupo de trabalho, com a finalidade de padronizar as ações de resposta aos acidentes no transporte de produtos perigosos nas rodovias do Estado de São Paulo, em conformidade com a SMA - 81/98.

Verifica-se que embora os focos do atendimento emergencial de escorregamentos e de cargas perigosas sejam distintos, muitas etapas a serem desenvolvidas são semelhantes.

6.5 Metodologia utilizada para elaboração da Carta de Riscos de Escorregamentos na Rodovia Padre Manoel da Nóbrega

Após análise das várias metodologias sobre cartografia geotécnica, discutidas anteriormente, durante a realização do Mestrado a Autora optou por adotar a metodologia de AUGUSTO FILHO (1994) para elaboração de cartas de riscos associados a escorregamentos, principalmente por ela ter sua estrutura de investigação apoiada nos métodos da Geologia de Engenharia e nas atividades de redução de desastres naturais sugeridas pela *UNDRO* (1991).

Ressalta-se que outras metodologias foram analisadas recentemente pela Autora. No entanto, considerou-se a Metodologia de AUGUSTO FILHO (1994) como adequada para ser utilizada na elaboração da Carta de Riscos de Escorregamentos na Rodovia Padre Manoel da Nóbrega com algumas adaptações que são mencionadas no Capítulo 08.

Embora apoiando-se nesta metodologia, é oportuno ressaltar que alguns grupos de atividades não foram desenvolvidos, como exemplo, ensaios (de laboratório e *in situ*) e instrumentação. Estas atividades, embora possibilitem a determinação de parâmetros de interesse para estudos desta natureza, demandam recursos financeiros, mão-de-obra especializada e principalmente disponibilidade de tempo para executá-las. Assim, em virtude dos objetivos deste trabalho tais atividades tornaram-se inviáveis. Para confecção dos mapas temáticos foram utilizadas fotografias aéreas, bases topográficas, mapas já existentes, perfis de sondagem a percussão e dados dos levantamentos sistemáticos de campo.

Entre as atividades para prevenção e redução de desastres naturais, sugeridas pela *UNDRO* (1991), foram desenvolvidos os dois primeiros grupos para chegar à Carta de Riscos de Escorregamentos: identificação de riscos e análise de riscos. As demais atividades “medidas de prevenção de acidentes, planejamento para situações de emergência, informações públicas e treinamento” são discutidas no escopo do Plano Preventivo para Escorregamentos e do Plano de Atendimento Emergencial para Escorregamentos propostos para a rodovia SP-55.

QUADRO 6.6 Roteiro a ser observado para elaboração de planos de atendimento à emergências relacionados ao transporte de produtos perigosos

- | | |
|-----|---|
| 1 | INTRODUÇÃO |
| 2 | CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO E DA REGIÃO |
| 2.1 | Características técnicas da obra |
| 2.2 | Características ambientais da região sob interferência da rodovia (características climáticas; áreas vulneráveis e interferências ao longo do traçado); |
| 3 | HIPÓTESES DE ACIDENTES |
| 3.1 | Identificação dos principais produtos perigosos transportados na via |
| 3.2 | Definição da tipologia dos possíveis acidentes e conseqüências nas diferentes áreas vulneráveis ao longo do traçado da via |
| 4 | ESTRUTURA ORGANIZACIONAL |
| 4.1 | Órgãos participantes e suas respectivas atribuições e responsabilidades |
| 4.2 | Organograma de coordenação e supervisão das ações emergenciais |
| 5 | PROCEDIMENTOS DE COMBATE ÀS EMERGÊNCIAS |
| 5.1 | Fluxograma de acionamento |
| 5.2 | Procedimentos de avaliação |
| 5.3 | Medidas de controle emergencial (combate a vazamentos; isolamento e evacuação (controle de tráfego e Monitoramento Ambiental); |
| 5.4 | Ações pós-emergenciais (descontaminação, rescaldo, recuperação ambiental etc.) |
| 6 | ANEXOS |
| 6.1 | Formulário de acionamento |
| 6.2 | Lista de participantes |
| 6.3 | Recursos humanos e materiais |
| 6.4 | Sistemas de comunicação |
| 6.5 | Informações sobre produtos perigosos |

Fonte: SMA (1998)

Capítulo 07

Área Piloto

A Rodovia SP-55, Padre Manoel da Nóbrega, entre os km 344+500 e 390+000 é a área piloto definida para aplicação da Sistemática Proposta. Situa-se na região sudeste do Estado de São Paulo, foi implantada durante as décadas de 60 e 70 e pertence à Divisão Regional do DER-05. A rodovia corta uma porção da denominada Região Metropolitana da Baixada Santista, no município de Peruíbe, e da Região do Vale do Ribeira, nos municípios de Miracatu, Pedro de Toledo e Itariri (FIGURA 7.1).

A região em termos fisiográficos chama atenção pela geomorfologia de seus terrenos, que é constituída pelos morros, morrotes e colinas do Planalto de Paranapiacaba que contrastam com as planícies aluvionares e com a Planície Costeira em Peruíbe e Itariri. Chamam atenção também, os inúmeros problemas relacionados aos escorregamentos que ocorrem em praticamente toda extensão da rodovia, levando a um acúmulo muito grande de passivos ambientais decorrentes destes processos (FOTO 7.1).



FOTO 7.1 Corte na faixa de domínio onde observam-se cicatrizes de escorregamentos estruturados e focos erosivos.

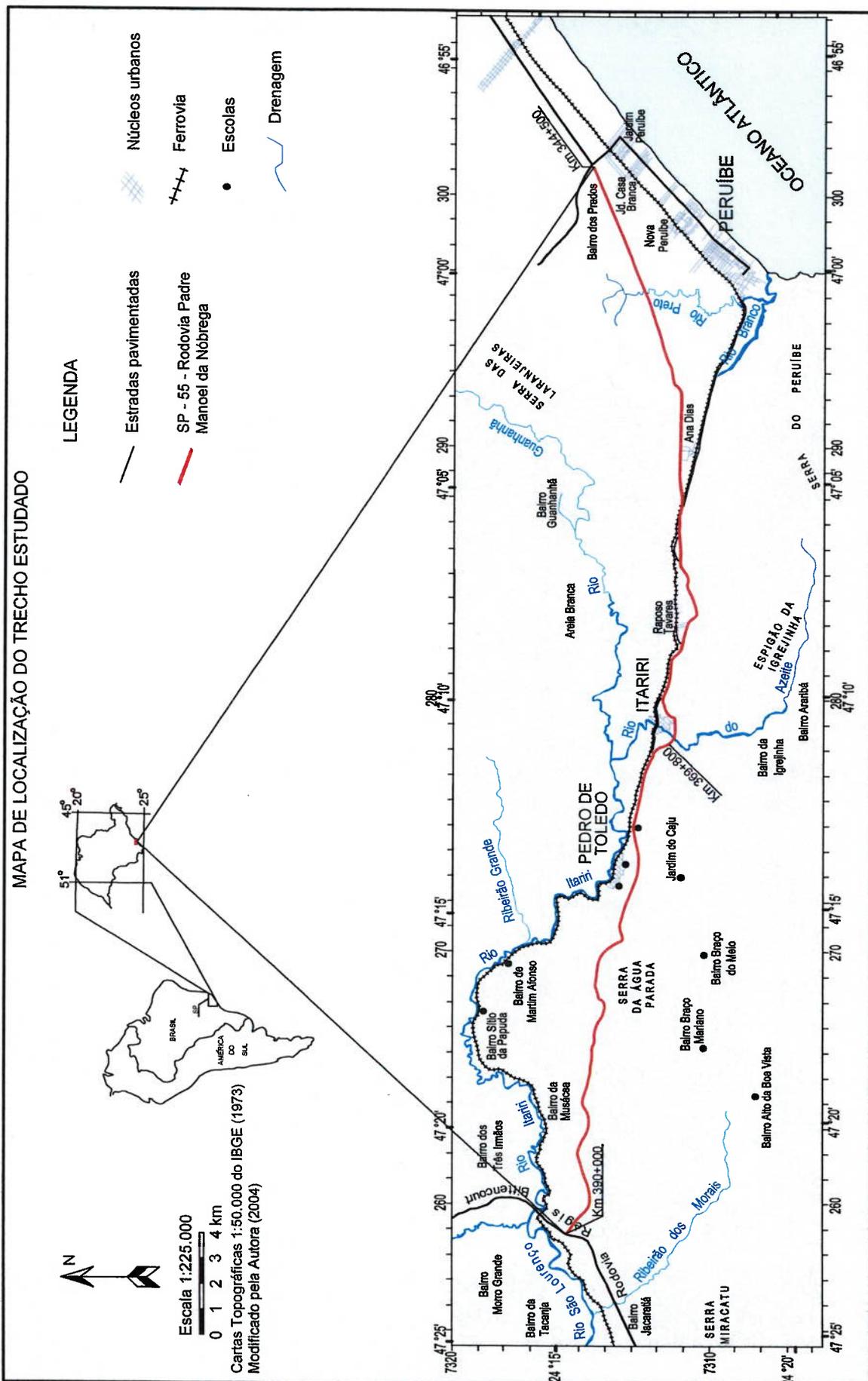


FIGURA 7.1 Mapa de localização do trecho estudado

Destaca-se uma grande extensão recoberta por vegetação secundária de Mata Atlântica, em diversos estágios sucessionais e apresentando-se nos variados gradientes característicos de regiões litorâneas. Nas proximidades da rodovia verificam-se muitas Unidades de Conservação Ambiental, como o Parque Estadual da Serra do Mar, Aldeias Indígenas, Estações Ecológicas entre outras (FIGURA 7.2).

Nas proximidades da rodovia verificam-se, também, aglomerados urbanos, (intercalados com áreas recobertas por vegetação arbórea e rural); áreas de mineração; o aterro sanitário do município de Peruíbe; existência de comércio (na maioria dos casos com instalações precárias ao longo das entradas de acessos aos bairros populares); pequenas lojas (que atendem os moradores locais); lojas de materiais de construção; postos de gasolina e oficinas mecânicas. Ressalta-se que a região mantém-se ainda hoje como a mais “pobre” do Estado de São Paulo, segundo os indicadores socioeconômicos (FUNDAÇÃO SEADE, 2000).

Frente a este contexto, neste capítulo apresenta-se a caracterização da rodovia e a caracterização ambiental onde a mesma está inserida. Destaca-se que parte dos dados a seguir apresentados foram cedidos, gentilmente, pelo DER/SP e fazem parte do RAP da Rodovia SP-55, o qual a Autora foi Coordenadora e responsável pelo desenvolvimento de grande parte de seu conteúdo.

7.1 Caracterização da rodovia

A rodovia pode ser classificada como de classe I, de acordo com DER/SP, possuindo seção que permite velocidade máxima de 80 km/h, com exceção do trecho em serra onde a velocidade máxima é de 60 km/h.

Apresenta uma pista com duas faixas de rolamento e tráfego em sentidos opostos, acostamento asfaltado em um pequeno segmento e em terra no restante. Ao longo de seu traçado existem acessos a Peruíbe, Ana Dias, Raposo Tavares, Itariri, Pedro de Toledo, Três Barras, Musácea e várias estradas de terra, além de pequenas propriedades rurais. A faixa de domínio é de 50 m.

Os componentes da rodovia no trecho estudado são fortemente condicionados pelos atributos geológicos/geotécnicos e geomorfológicos como apresentado a seguir.

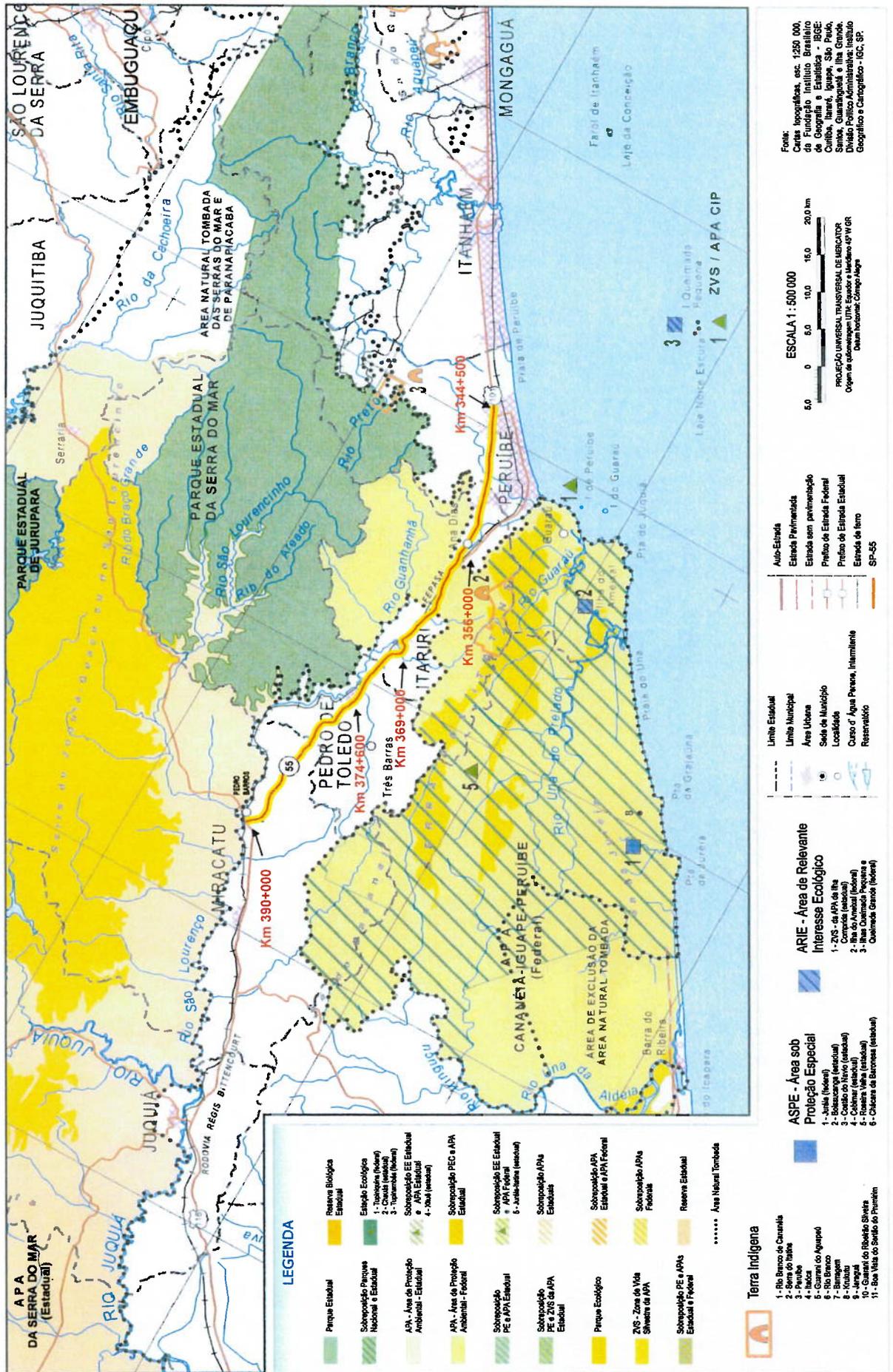


FIGURA 7.2 Mapa de localização das Unidades de Conservação Ambiental.

7.1.1 Terraplenagem e geometria

Em termos de terraplenagem e geometria, notam-se três segmentos distintos de adequação de sua plataforma ao terreno natural, uma vez que esta atravessa regiões de relevos diferenciados. Logo no início do trecho, a rodovia foi implantada na região da Baixada Litorânea que é caracterizada por declividades quase nulas (FOTO 7.2).

Após a entrada do distrito de Ana Dias, a topografia passa a apresentar características onduladas, o que confere ao traçado uma condição de sinuosidade mais acentuada do que no trecho anterior. Esta mesma condição se repete no trecho localizado após o fim da serra até a BR-116, onde o relevo tem as mesmas características (FOTO 7.3).

O terceiro segmento, que é o trecho intermediário da rodovia localizado na serra e cuja transposição se estende por uma extensão da ordem de 9 km, apresenta uma topografia bem acidentada com declividades muito acentuadas (FOTO 7.4 e 7.5).

Neste contexto apresenta-se a seguir a individualização dos segmentos frente suas características de terraplenagem e geometria:

1) Segmento da Baixada Litorânea: 344+500 ao 359+050

Caracteriza-se pela escassez de materiais de terraplenagem e está implantado quase que totalmente em aterro com baixos e raros cortes. Os taludes resultantes da plataforma são da ordem de $H=3: V=1$, ou seja, taludes de aterro com declividades bem suaves devido não só ao material do corpo do aterro como aos aspectos geomorfológicos. A pista existente apresenta ondulações características da ocorrência de recalques da fundação dos aterros.

No QUADRO 7.1 apresenta-se a relação de pontos críticos sob o ponto de vista de terraplenagem.

QUADRO 7.1 Alguns pontos críticos de terraplenagem

Local (km)	Descrição
346+200	Abatimento sobre bueiro
347+500	Abatimento sobre bueiro
348+800	Grande abatimento de aterro
350+500	Abatimento sobre bueiro

Fonte: LENC (2000).



FOTO 7.2 Início do trecho onde a rodovia atravessa região com declividade quase nula (LENC, 2000).

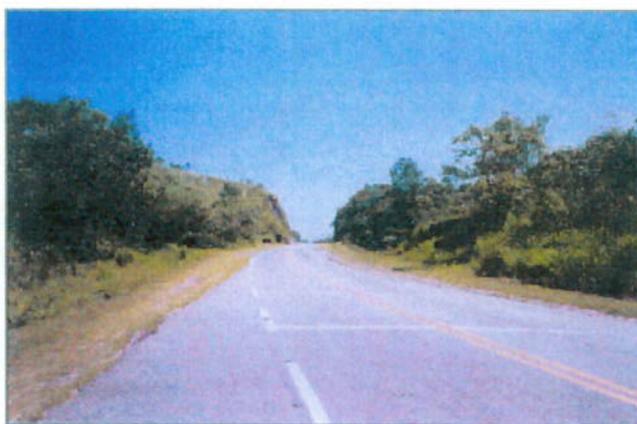


FOTO 7.3 Segundo segmento caracterizado por apresentar topografia ondulada (LENC, 2000).



FOTO 7.4 Terceiro segmento. Trecho em serra (LENC, 2000).



Foto 7.5 Trecho em serra, km 380+000. Observa-se a limitação do traçado (LENC, 2000).

Em termos geométricos no início do trecho (nos primeiros 15,0 km), a rodovia apresenta um traçado horizontal reto, pois a mesma atravessa a região de topografia plana, a qual apresenta declividades do terreno natural quase nula, além de não apresentar nenhum acidente topográfico significativo.

Quanto à geometria vertical, as rampas são praticamente inexistentes, sendo que a medida que se aproxima do km 359+000 estas vão sendo condicionadas pelo segmento posterior, ou seja, região de relevo ondulado.

Esta geometria horizontal e vertical permite o tráfego de veículos com velocidade da ordem de 80 km/h. No entanto, ao se aproximar do km 359+000 o relevo, influenciado pela presença de unidades do embasamento cristalino, condiciona um traçado que necessita da presença de curvas horizontais.

2) Segmento em relevo ondulado – km 359+050 ao 376+250 e km 384+000 ao 390+000

Após a entrada do distrito de Ana Dias, a rodovia desenvolveu-se em terreno de relevo ondulado, com a plataforma de terraplenagem intercalando retas e curvas em cortes e aterros de alturas crescentes à medida que se aproximam da serra.

Seu traçado foi definido de maneira a otimizar a implantação de uma rodovia de pista singela possibilitando assim, a adequação de uma seção transversal final com compensações entre cortes e aterros.

Ao percorrer a rodovia, verifica-se a ocorrência de diversos cortes baixos em rocha, o que leva a crer que houve uma considerável movimentação de material de 3ª categoria e que provavelmente este material foi utilizado nas camadas inferiores dos aterros. Nas várzeas de alguns segmentos foram detectados solos compressíveis que causaram pequenos abatimentos na pista existente.

Os taludes de corte em rocha, solo saprolítico, solo residual, colúvios e os aterros apresentam inclinações da ordem de 1,0 (H): 1,0 (V) e alguns com 1,0 (H):1,5 (V); em alguns pontos verificam-se taludes de aterro com inclinações que vão de 1,0 (H): 1,0 (V) até outros mais suaves, aparentemente 1,5 (H) :1,0 (V). Em muitos locais, neste trecho, foram realizados projetos executivos para implantação de obras de contenção de taludes (QUADRO 7.2).

QUADRO 7.2 Locais onde foram realizados projetos executivos para implantação de obras de recuperação

SP-055 Peruíbe / BR-116					
Nº	km	Lado	Corte / Aterro	Intervenções propostas	Ano de Execução
1	361+100	E	A	Recuperação do aterro à jusante, com drenagem interna e externa	94
2	368+500	E	A	Recuperação do aterro à jusante, com enrocamento no pé e drenagem interna e externa	94
3	368+900	E	A	Recuperação do aterro à jusante, com drenagem interna e externa	94
4	369+700	E	A	Recuperação do aterro e drenos à jusante, com drenagem interna e externa	94
5	373+800	E	A	Recuperação do aterro à jusante, com drenagem interna e externa	94
6	374+000	E	A	Recuperação do aterro à jusante, com drenagem interna e externa	94
7	374+800	D	C	Recuperação à montante, com drenagem interna e externa, além de grama em placas	94
8	375+000	E	A	Recuperação do aterro à jusante, com drenagem externa e grama em placas	94
9	375+400	E	A	Recuperação do aterro à jusante, com drenagem externa e interna	94
10	375+600	E	A	Recuperação do aterro à jusante, com drenagem interna e externa	94
11	375+700	E	A	Recuperação do aterro à jusante, com drenagem interna e externa	94

Legenda: E = esquerdo; D = direito

Fonte: modificado de THEMAG ENGENHARIA (2000)^{7.1}

Neste trecho começam a surgir segmentos de reta alternados por curvas. Este se estende inicialmente até o km 378+330 e irá se repetir entre os km 384+000 até o final da SP-55, no km 390+000.

Os segmentos de reta são extensos e intercalados por curvas de concordância cujos raios variam de 100 a 1000m, conduzindo um traçado que apresenta um índice médio de tortuosidade. Trata-se de um segmento que se desenvolve em terreno ondulado, portanto, suas curvas têm raios variáveis conforme as condições locais.

Assim, a curva de menor raio do trecho, no km 367+000, tem raio de 100 metros e não é dotada de curvas de transição. Todas as curvas com raio inferior a 600 metros foram dotadas de curvas de transição.

No que se refere ao traçado vertical, o relevo ondulado condiciona a presença de rampas com valores mais elevados, sendo ainda compatíveis com as características da região, ou seja, da ordem de 3 a 4%.

Ainda neste trecho, a geometria horizontal e vertical, favorecem que a velocidade permitida para o tráfego de veículos seja de 80 km/h.

^{7.1} Informações obtidas da Concorrência nº 030/2000-CO. THEMAG ENGENHARIA.

3) Segmento na serra – km 376+250 ao 384+000

Este segmento é o trecho intermediário da rodovia, onde a topografia é fortemente acidentada. Apresenta-se sinuoso, com cortes e aterros altos, de modo que a plataforma de terraplenagem contemplou a seção necessária para acomodar as faixas de rolamento na largura disponível do terreno natural.

Em razão das condições dos cortes e aterros, diversas situações de instabilidade ocorreram no passado, resultando em muitas cicatrizes de escorregamentos e várias obras de contenção (QUADRO 7.3).

Com a presença de segmentos em rocha, pode-se notar que os taludes de corte apresentam inclinações da ordem de $H=1,0$ e $V=6,0$ e até mais íngremes, o que condicionou a implantação da seção em meia encosta, em condições restritas. Assim, devido à restrição da seção de terraplenagem não há acostamentos e sim uma faixa de segurança e algumas baias em pontos localizados, onde a topografia do terreno natural formou um alargamento entre a seção da pista e o talude existente.

Quanto aos aspectos geométricos, verifica-se um traçado horizontal de segmentos que se desenvolveram em terreno montanhoso onde a rodovia apresenta cortes em rocha à direita e taludes altos e íngremes à esquerda. Por esta razão a geometria penetra em todas as grotas e contorna os espigões formando curvas reversas de pequeno raio.

No km 379+900 chega-se ao ponto mais crítico do traçado quando, após uma curva interna com raio de 95,90 metros e transição de 40 metros é seguida por uma curva externa com raio de 50,58 metros e transição de 40 metros tendo entre elas uma tangente de pouco mais de 18 metros.

Este traçado está em condições restritas de geometria tendo em vista apresentar características típicas de trechos serranos, que é ter grandes extensões em aterro para vencer os desníveis, e a escavação de grandes trechos em rocha para permitir a implantação da seção da via em meia encosta.

QUADRO 7.3 Locais onde foram realizados projetos executivos para implantação de obras de recuperação

SP-055 Peruíbe / BR-116					
Nº	km	Lado	Corte / Aterro	Intervenções propostas	Ano de Execução
1	378+300	E	A	Recuperação do aterro à jusante, com drenagem interna e externa	94
2	378+700	E	A	Recuperação do aterro à jusante, com drenagem interna e externa	94
3	378+800	E	A	Recuperação do aterro à jusante, com drenagem interna e externa	94
4	378+980	E	A	Recuperação do aterro à jusante, com drenagem interna e externa	94
5	379+000	E	A	Cortina atirantada à meia encosta, DHP e retaludamento com solo – cimento	88/89
6	379+050	D	C	Retaludamento à montante, com drenagem interna e externa, além de grama em placas	94
7	379+200	E	A	Cortina atirantada à meia encosta, DHP e grama em placas	90
8	379+250	D	C	Retaludamento à montante, com drenagem interna e externa, além de grama em placas	94
9	379+300	E	A	Cortina atirantada à meia encosta, DHP e grama em placas	90/91
10	379+350	D	C	Retaludamento à montante, com drenagem interna e externa, além de grama em placas	94
11	379+400	D	C	Proteção do talude com concreto projetado	94
12	379+500	E	A	Cortina atirantada à meia encosta, DHP, trincheira, retaludamento e grama em placas	91/93
13	379+550	D	C	Retaludamento à montante, com drenagem interna e externa, além de grama em placas	94
14	379+900	D	C	Retaludamento à montante, com drenagem interna e externa, além de grama em placas	94
15	380+200	E	A	Muro de gabião, concreto projetado e grama em placas	87

Legenda: E = esquerdo; D = direito

Fonte: modificado de THEMAG ENGENHARIA (2000)^{7.2}

Com relação à geometria vertical, esta apresenta rampas bem mais acentuadas que o restante, chegando a valores da ordem de 10%. Em consequência do relevo, tem-se como resultado uma geometria horizontal e vertical que condicionam uma velocidade diretriz da ordem de 40 a 50 km/h.

Como já mencionado, neste trecho em função do pequeno espaço disponibilizado para a implantação das pistas, a seção transversal existente apresenta 2 faixas de tráfego, sem acostamentos laterais, com faixa de segurança de aproximadamente 1,00 m e com a presença de pequenas baias que possibilitam apenas paradas emergenciais.

^{7.2} Informações obtidas da Concorrência nº 030/2000-CO. THEMAG ENGENHARIA

7.1.2 Drenagem

As obras de drenagem de uma rodovia consistem de medidas para a proteção do corpo estradal da ação prejudicial das águas que o atingem, seja através das infiltrações, da condução através de talvegues, ou mesmo, das águas existentes sob a forma de lençóis freáticos.

A região em questão compreende unidades geomorfológicas distintas que condicionam grandemente as obras de drenagem. As descrições destas unidades são apresentadas no item 7.2 “Caracterização Ambiental”.

A SP-55 possui dispositivos de drenagem implantados ao longo de quase todo o trecho. Entretanto, a conservação deficiente torna a acessibilidade aos mesmos difícil devido à presença de vegetação local. Apesar da dificuldade decorrente da existência da vegetação, efetuou-se uma avaliação preliminar dos mesmos. As FOTOS 7.6, 7.7, 7.8 e 7.9 ilustram alguns dispositivos de drenagem e problemas associados aos mesmos verificados ao longo da rodovia.

Destaca-se no trecho estudado algumas drenagens naturais importantes como o Ribeirão do Areado, que nasce na Serra de Ana Dias e vem a ser um contribuinte do Rio do Azeite onde deságua ao norte da cidade de Itariri. O Rio do Azeite é um dos importantes cursos d’água da rede de drenagem local, nascendo na Serra dos Itatins e atravessando a cidade de Itariri. Ao encontrar o Rio Guanhã forma o Rio Itariri. Além destas drenagens destaca-se também o Rio Preto, próximo a Peruíbe, e o Rio do Peixe, junto à cidade de Pedro de Toledo.

7.1.3 Pavimento da pista existente

O pavimento da rodovia, no trecho estudado, foi implantado entre as décadas de 60 e 70 e apresenta estrutura constituída por:

- camada de rolamento CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado a Quente) na espessura média de 5,0 cm, conforme recapeamentos realizados em 1983 entre os km 359+000 e 389+000 e em 1990 entre os km 344+500 e 359+000;
- camada asfáltica, com espessura de 15,0 cm entre os km 344+500 e 359+000 e de 8,0 cm entre os km 359+000 e 389+000; base granular na espessura média de 20,0 cm em toda extensão; e reforço/sub-base estabilizada granulometricamente na espessura média de 25,0cm.



FOTO 7.6 Pavimento implantado sobre um subleito da planície costeira com deficiência no sistema de drenagem (LENC, 2000).



FOTO 7.7 Efeito da ausência de drenos de pavimento (LENC, 2000).

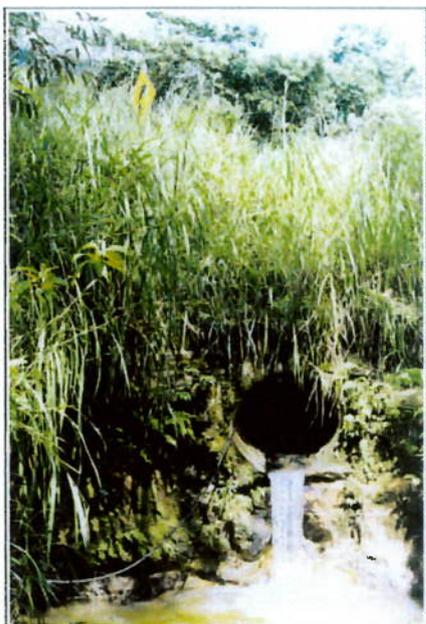


FOTO 7.8 Bueiro tubular simples de concreto no Ribeirão do Alferes (LENC, 2000).



FOTO 7.9 Canaleta retangular de concreto deteriorada junto ao km 385+800,00 (LENC, 2000).

Parte do pavimento existente foi implantado sobre um subleito integrante da Planície Costeira, com variedade de solos e com presença acentuada de pontos de surgência d'água em muitos trechos.

Informações obtidas, junto ao banco de dados do DER/SP, revelam que o subleito é constituído por solos com CBR (*California Bealin Ratio*) no entorno de 6% no segmento entre os km 344+000 e 359+000 e CBR variando de 9 a 10% entre os km 359+000 e 390+000.

Verifica-se ainda que, no início do trecho, entre os km 344+500 e 359+500, em função das características geotécnicas do substrato, os aterros foram executados com materiais arenosos e/ou pedregulhos. Estes materiais, mesmo adequadamente compactados, apresentam comportamento resiliente (deformáveis), acrescidos ao fato que provavelmente em alguns locais o subleito funcionou como fundação do pavimento, sofrendo uma acomodação ao longo do tempo.

Diante do exposto, observa-se, que alguns segmentos apresentam recalques do pavimento e deformações do corpo estradal, agravados pela deficiência e/ou inexistência de sistemas de drenagem superficial e profunda.

O revestimento acha-se com elevada porcentagem de trincamento, especialmente no segmento entre os km 344+500 e 369+000. Em algumas áreas observa-se a ocorrência de panelas. Verifica-se ainda que o revestimento apresenta desgaste superficial acentuado, necessitando de correção de superfície em toda a sua extensão.

7.1.4 Dispositivos de acessos e retornos

Os dispositivos de acessos e retornos constituem locais significativos do ponto de vista de segurança do tráfego, pois é onde ocorrem as entradas e saídas, as mudanças de direção e os cruzamentos das rodovias, efetuando todas as suas ligações e portanto, conformando a malha viária. As suas condições devem ser adequadas e compatíveis com o nível de segurança dos demais trechos da rodovia. O nível de segurança é o resultado do projeto do traçado geométrico, da pavimentação, do sistema drenante, da sinalização e de dispositivos de segurança.

Observou-se a existência de vários acessos e retornos, atendendo à crescente demanda, oriunda da urbanização nos entornos da rodovia (FOTO 7.10). Em alguns casos, a cidade desenvolve-se muito próximo à rodovia, como é o caso de Itariri e Pedro de Toledo.



FOTO 7.10 Acesso em nível para o município de Itariri.

Os principais trevos têm como característica importante duas ou uma pequena alça que visam acomodar os veículos na manobra de conversão em nível, evitando aguardar no acostamento, o que traz implicitamente mais riscos à segurança. No levantamento efetuado não se observou nenhum acesso em desnível.

Outro ponto significativo é a ligação da SP-55 com a Rodovia Régis Bittencourt. Essa ligação faz com que haja grande tráfego de caminhões pesados, transportando principalmente veículos de passeio e utilitários fabricados no estado do Paraná e direcionados ao Porto de Santos.

7.1.5 Obras de arte especiais

As Obras de Arte Especiais (OAE) apresentam-se de modo geral em condições razoáveis de utilização, foram concebidas em um período quando o tráfego era bem inferior e as características da rodovia não exigiam grandes larguras e nem acostamentos. No QUADRO 7.4 estão apresentadas as obras de arte existentes ao longo da rodovia.

QUADRO 7.4 Obras de arte especiais existentes ao longo da rodovia.

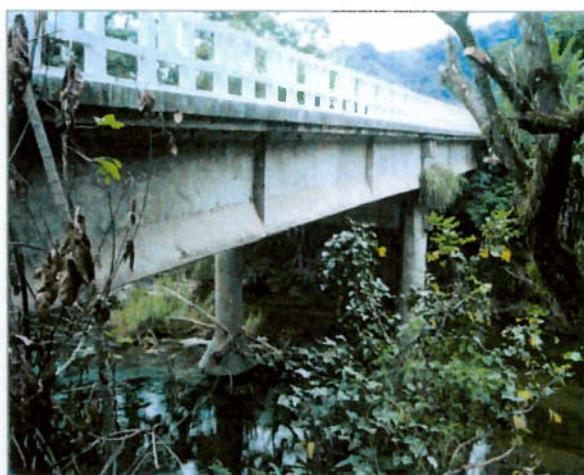
Localização Aproximada	Denominação das Obras de Arte
km 349 + 400	ponte sobre o Rio Preto
km 364 + 000	ponte sobre o Rio Areado
km 368 + 000	ponte sobre o Rio do Azeite
km 373 + 400	ponte sobre o Rio do Peixe

Fonte: LENC (2000)

Nas FOTOS 7.11 e 7.12 apresenta-se exemplos de OAE que ocorrem ao longo da rodovia.



Fonte: LENC (2000).



Fonte: LENC (2000)

FOTO 7.11 Ponte sobre o rio do Peixe

FOTO 7.12 Ponte sobre o rio do Azeite

7.1.6 Dispositivos de segurança/obras complementares

A questão de segurança rodoviária envolve os dispositivos complementares de segurança, e uma série de detalhes que se relacionam diretamente com o projeto como um todo. Relaciona-se uma série de aspectos estreitamente ligados ao fator segurança observados ao longo da rodovia:

- descontinuidade no ambiente rodoviário: alterações nas seções transversais, introdução de curvas de pequeno raio, mudanças bruscas nas velocidades diretrizes;
- tratamento de acostamentos: os acostamentos não são devidamente tratados na área de divergência e convergência, ou seja faixas de aceleração e desaceleração;
- área livre marginal à estrada para recuperação: necessidade de áreas livres para recuperação de veículos quebrados;

- controle de acesso: os acessos as propriedades particulares são efetuados de modo indiscriminado;
- Obras de Arte Especiais: dimensões não compatíveis com os segmentos anteriores e posteriores;
- travessia em nível rodo-ferroviária: travessia existente junto ao km 359+000;
- pavimento: apresenta uma série de irregularidades e defeitos de forma que reduz o nível de segurança.

Além destes, outros dispositivos também definem patamares de segurança da rodovia, função essa indispensável ao corpo estradal. Cumprem vários objetivos utilizando-se de inúmeras configurações como é o caso da sinalização horizontal, da vertical, dos dispositivos auxiliares e das obras complementares. Na situação atual, predominam a sinalização horizontal e a vertical e a adoção de defensas em trechos limitados.

Em vistoria realizada ao longo do trecho foram observados os dispositivos existentes que compõem a sinalização rodoviária, compreendendo, a sinalização horizontal, a vertical de regulamentação e advertência e a vertical de indicação, constatando-se uma sensível deficiência na sinalização horizontal e vertical e mais acentuada dos dispositivos de proteção e segurança ao longo do trecho (LENC, 2000).

7.1.7 Tráfego de veículos^{7.3}

A Rodovia Padre Manoel da Nóbrega é de grande importância para várias regiões, entre elas: Região Metropolitana da Baixada Santista, Região Metropolitana da Grande São Paulo, Região do Vale do Ribeira e Região Sul do Brasil.

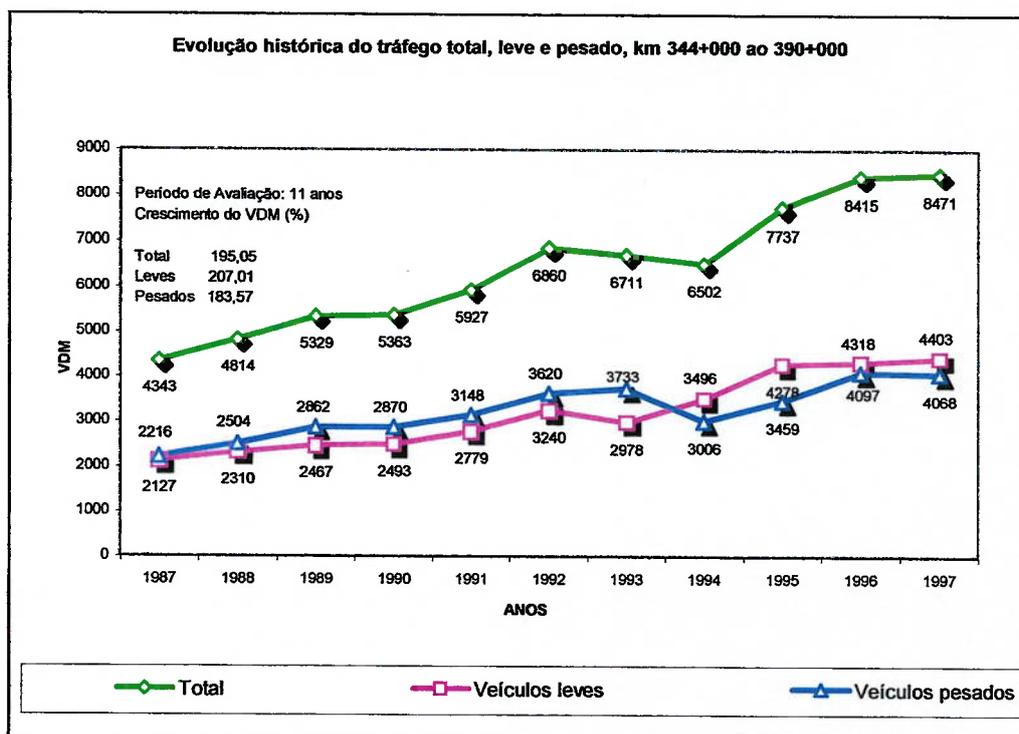
Analisando-se os aspectos referentes ao tráfego de veículos, nota-se que todas as regiões referidas, cada qual com suas particularidades promovem na mesma acréscimo significativo do VDM (Volume Diário Médio), gerando problemas localizados de capacidade e segurança. Os principais fluxos de tráfego dos usuários da rodovia são apresentados a seguir:

^{7.3} Os dados analisados são procedentes do Programa Nacional de Contagens de Tráfego do DNER, referentes ao Posto 616 - SP-55 (Peruíbe a Pedro de Toledo) e Posto 108 - SP-55 (Pedro de Toledo à BR-116), ou seja, do km 344+500,00 ao km 390+000, respectivamente (LENC, 2000).

- a) fluxo turístico de temporada, finais de semana e feriados prolongados, entre os municípios detentores das praias do litoral sul, e a Região Metropolitana de São Paulo, juntamente com o interior do Estado. O enorme contingente de pessoas, que se dirige ao litoral, faz com que o número de habitantes na região praticamente triplique, causando graves distúrbios devido à sobrecarga da infraestrutura urbana;
- b) fluxo entre os municípios de Itanhaém e Peruíbe e entre os demais Municípios da Baixada Santista (especialmente Cubatão, Santos, Praia Grande, São Vicente e Mongaguá) e do Vale do Ribeira (especialmente Itariri, Pedro de Toledo e Miracatu);
- c) tráfego entre o sul do País e o Porto de Santos, envolvendo especialmente caminhões pesados, transportando cargas perigosas;
- d) tráfego local, envolvendo a circulação de veículos entre os dois lados da rodovia, atraídos pela maior oferta de empregos, uso das praias, serviços mais especializados e atividades institucionais nas áreas urbanizadas entre a rodovia e o mar.

Os problemas de tráfego leve são agravados nos feriados prolongados em decorrência do turismo, sendo muito expressivo na região de Peruíbe, o que levou o DER e o DERSA (Desenvolvimento Rodoviário S/A) a executarem investimentos com vistas aos ajustes e ampliações da capacidade de tráfego, como o ocorrido para os demais trechos da rodovia, onde a ampliação da pista encontra-se até Itanhaém, estando em andamento a duplicação no segmento até Peruíbe, e em estudo de viabilidade a duplicação de Peruíbe até à BR-116.

Na FIGURA 7.3 nota-se uma avaliação conjunta para o tráfego total, leve e pesado. Observa-se que o crescimento entre os anos de 1987 e 1997 no volume total de veículos representou cerca de 195%, sendo mais acentuado o aumento de veículos leves, aproximadamente 207% e menos acentuado, porém significativo, o acréscimo de 184% no número de veículos pesados.



Fonte: Modificado de LENC (2000)

FIGURA 7.3 Avaliação conjunta para o tráfego total, leve e pesado.

7.1.8.1 Projeção do Volume Diário Médio até o ano de 2020

Parte da Rodovia Padre Manoel da Nóbrega, principalmente nas áreas mais urbanizadas é intensamente utilizada como via de circulação local. Assim, ocorre intenso intercâmbio entre as marginais e a rodovia, sendo os cruzamentos existentes muito utilizados. As demais vias de acesso são representadas por estradas de terra de segunda categoria, que promovem as ligações intermunicipais, constituindo uma rede viária carente, que possibilita um tráfego normal nos períodos secos e tráfego precário ou inexistente nos períodos chuvosos.

Entende-se que a demanda atual e as melhorias que poderão ocorrer, caso se verifique a viabilidade da duplicação, poderão projetar uma taxa de crescimento anual de 4% no volume de veículos. Na FIGURA 7.4 apresenta-se a projeção do incremento do VDM para veículos leves, pesados e totais até o ano de 2020.

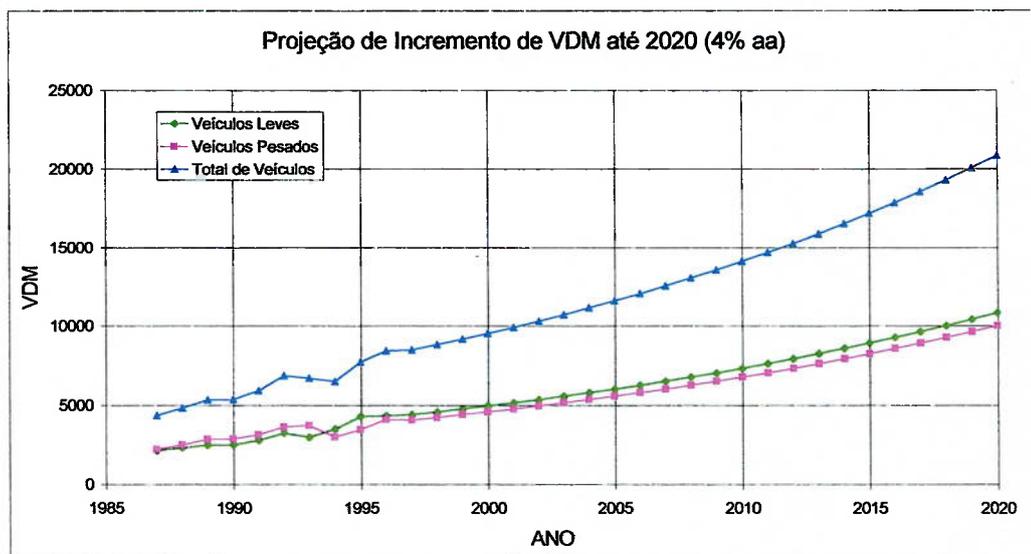


FIGURA 7.4 Projeção do incremento de VDM.

7.2 Caracterização ambiental preliminar

Neste item apresenta-se a caracterização ambiental preliminar efetuada na região onde a rodovia está inserida. Os condicionantes dos escorregamentos estão apresentados no Capítulo 08.

7.2.1 Meio físico

O estudo do meio físico compreendeu uma caracterização regional baseada em informações secundárias e levantamentos expeditos de campo. Para caracterização regional utilizou-se o Mapa Geológico e Geomorfológico do Estado de São Paulo (IPT, 1981a e b), Mapa Geológico e Geomorfológico do Projeto SUDELPA (1974 a e b), Carta Geotécnica do Estado de São Paulo (1994) e ainda outros materiais de apoio de autoria da SMA/SP.

No trecho estudado a rodovia atravessa uma região com diferentes unidades geológicas/geotécnicas e geomorfológicas que condicionaram fortemente a sua implantação. No trecho litorâneo, no município de Peruíbe, verifica-se uma região muito plana onde as cotas variam entre quatro e doze metros. Quando a rodovia faz uma inflexão e segue em direção oeste, corta a Serra de Itatins e então ocorre uma grande variação altimétrica e de unidades litoestratigráficas que são descritas a seguir.

7.2.1.1 Geologia regional

Os terrenos atravessados pela rodovia compreendem unidades litoestratigráficas pertencentes ao embasamento cristalino e à Planície Costeira (ANEXO A):

a) *Embasamento cristalino*: o embasamento faz parte da denominada Faixa de Dobramento Ribeira, e é cortado por grandes falhamentos os quais conferem à região um padrão de organização de blocos tectônicos (FIGURA 7.5). Observam-se duas grandes zonas de falhamentos, a de Cubatão e a de Itariri que delimitam três blocos distintos: sul, norte e central. Esses blocos exibem diferentes litologias, estruturas e metamorfismo. O trecho estudado em sua totalidade localiza-se no denominado Bloco Sul e Bloco Central, a saber:

a.1) *Bloco sul*: este bloco é totalmente bordejado pela zona de falhamento Itariri, que se apresenta curva, com direção NW a leste de Pedro Barros e com direção NE a oeste do mesmo distrito.

No início do trecho, as rochas apresentam alto grau metamórfico, são constituídas de sillimanita-granada gnaiss, migmatitos e uma sucessão de granulitos verdes a cinza-claros que são cortados por diques de composição básica e alcalina. Os diques são representados por basalto, olivina-basaltos, dioritos, gabros e diabásios associados ao vulcanismo fissural que durante o mesozóico, formou os derrames basálticos da Bacia do Paraná.

O paleossoma dos diversos migmatitos do Bloco Sul apresenta composição semelhante a um biotita-gnaiss contendo hornblenda. No neossoma nota-se estruturas diversas que indicam condições plásticas de formação. Rochas metabásicas ocorrem intercaladas a corpos graníticos e migmatíticos.

Estendendo-se para sul e oeste da cidade de Peruíbe ocorrem rochas granulíticas-charnockíticas que formam o Complexo de Itatins. Constitui-se de uma grande dorsal que sustenta as Serras de Itatins e Peruíbe. Essa associação de rochas tem ascendência original básica pela associação com anfibólitos, e foram preservadas parcialmente da remobilização metamórfica e da migmatização.

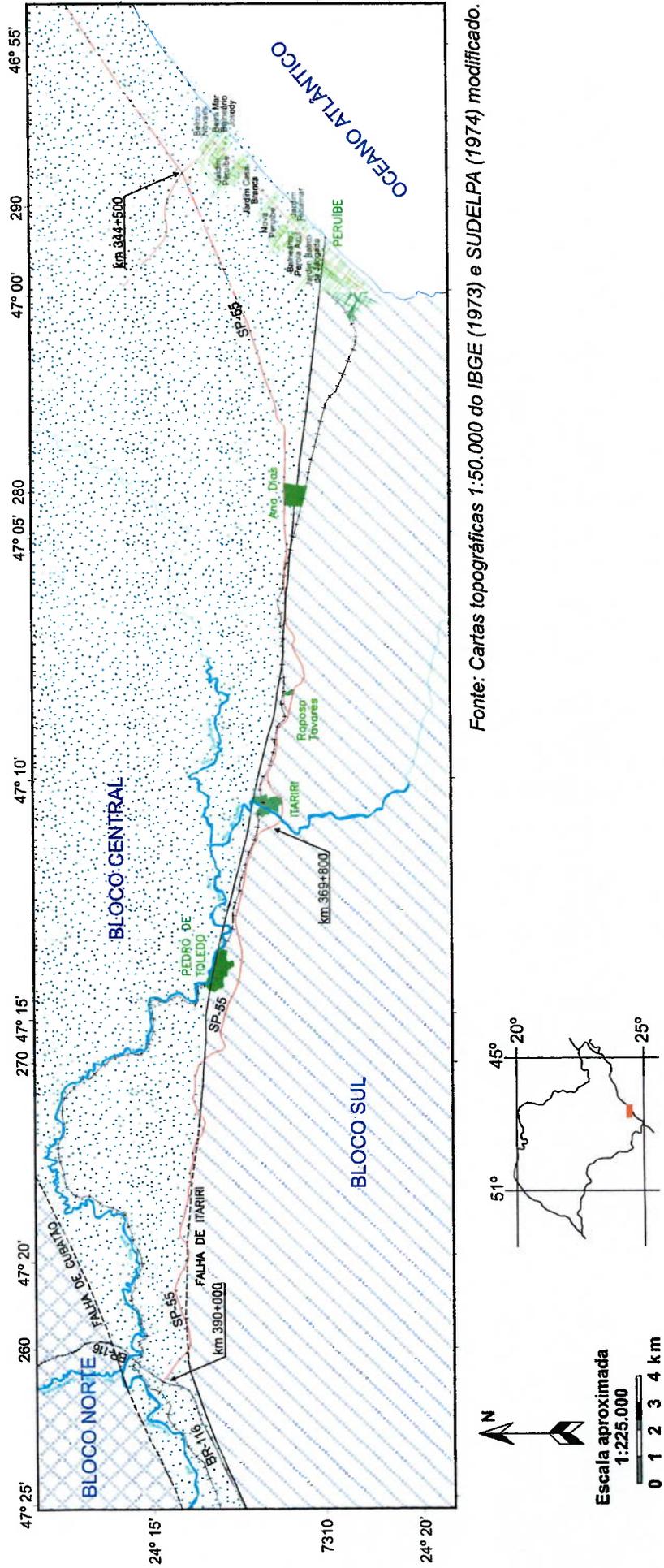


FIGURA 7.5 Compartimentação tectônica da área.

a.2) *Bloco central*: se encontra delimitado pelas falhas de Itariri e Cubatão. Nos entornos da rodovia exhibe litologia muito variada, onde são encontrados filitos, micaxistos, calcossilicáticas, granitóides e quartzitos. No encontro da SP-55 com a BR-116, ocorre um corpo granítico de pequenas dimensões, com características anatextíticas, levemente cataclasado. Corresponde às rochas de mais baixo grau metamórfico que ocorre na região, fácies xisto verde associadas às partes basais do Grupo Açungui que sofreram migmatização.

Em direção sul a partir do Bloco Central são encontradas as rochas cataclásticas da Falha de Itariri, e em seguida as rochas de grau metamórfico progressivamente maiores do Bloco Sul. Dentre as rochas cataclásticas, pode-se observar lentes carbonáticas metamorfasadas intercaladas a gnaisses, ora muito alteradas, constituídas de calcita e dolomita. Ocorrem ainda milonitos associados ao falhamento de Itariri.

b) Planície Costeira e sedimentos quaternários associados

A Planície Costeira, conforme GIANINNI (1987), é constituída por uma faixa de sedimentos quaternários que apresentam largura variável desde 4 até 14 km e altitudes entre 0 e 4 m. Tem como fronteiras naturais a Serra de Peruíbe a SW, o Morro do Poço de Anchieta e os Morros Botoruçu, Araraú, e Novo Mundo a NE, e a Serra das Laranjeiras na parte interior.

A porção arenosa da cobertura sedimentar, pode ser subdividida em três faixas paralelas à linha de costa: a faixa dos sedimentos de praia atual com 50 a 100 m de largura, a faixa dos sedimentos interiores, com largura de até 1,5 km e a faixa de sedimentos pleistocênicos, com largura variável, porém sempre superior a das duas faixas mais externas.

A planície é tida como formada em maior parte por depósitos arenosos quaternários que não chegam a atingir o pé da zona serrana, dela se separando por sedimentos coluviais, e eventualmente, por zonas pantanosas presentes nos vales de drenagem dos rios Branco e Preto em Peruíbe. Os sedimentos coluviais encontram-se associados, como áreas-fonte, aos sedimentos aluviais desses rios que atravessam a planície, e correspondem aos depósitos de pé de encosta.

Os sedimentos aluviais estão associados à deposição fluvial na calha dos principais rios. A partir dos vales principais os aluviões penetram entre os morros e colinas formados por rochas cristalinas. São constituídos por depósitos areno-argilosos, apresentam interestratificação com alternância de argila arenosa e areia-argilosa, que superficialmente são cobertas por camadas argilosas ricas em matéria orgânica.

Entre os sistemas flúvio-paleolagunares dos rios Preto e Branco de Peruíbe ocorrem as únicas zonas de sedimentos argilo-arenosos da planície, nas demais áreas verifica-se extenso lençol de sedimentos tipicamente arenosos (% fração areia > 94%). A continuidade deste lençol arenoso é interrompida apenas por pequenos afloramentos do embasamento.

As areias das partes mais exteriores da planície são geralmente claras e completamente inconsolidadas, enquanto que, no interior, ocorrem com frequência afloramentos de areias amareladas, com cimentação incipiente por óxidos de ferro. No entanto, associam-se a estas, nas mesmas áreas, areias brancas e inconsolidadas.

As areias holocênicas raramente ultrapassam 3 a 4 m de espessura, enquanto que as pleistocênicas atingem até cerca de 10 m, junto à zona serrana. Em algumas regiões do interior da planície, os topos das camadas pleistocênicas apresentam-se com desníveis topográficos acentuados, atingindo cotas altimétricas relativamente elevadas, como de 12 metros no Bairro Guaraminguava, entre os rios Branco e Preto de Peruíbe.

7.2.1.2 Geologia estrutural

As principais feições estruturais presentes na região estudada são os falhamentos de Cubatão e Itariri que delimitam os três blocos tectônicos, descritos anteriormente, com distintos tipos litológicos e particular padrão estrutural.

O falhamento de Cubatão adentra na região do Rio São Lourenzinho com direção N60E, passando para N80E a partir de Miracatu. A falha de Itariri é uma componente de direção N80W que se estende desde Pedro Barros até Ana Dias, onde se perde sob os sedimentos quaternários. Neste trecho as rochas cataclásticas possuem orientação N70-80W, com mergulho oscilando em torno de 60-80 graus para NE. O realce do falhamento é a quebra do relevo que se estabelece na sua zona de influência, com a elevação do contraforte de Itatins.

As estruturas dos falhamentos têm direção dominante NE, paralelas a tendência geral da foliação das rochas metamórficas sendo originadas por esforços compressivos considerados os mais antigos. O padrão de xistosidade é mais representativo, com direções que oscilam entre N30E e N80E. Nas proximidades das zonas de falhas os valores são mais extremos devido aos dobramentos superimpostos por massas graníticas intrusivas.

A foliação definida em termos de arranjo mineral, ou por bandamento composicional acompanha o padrão regional e acha-se vinculada aos processos desenvolvidos em zonas de tectonismo intenso onde as estruturas originais não são nítidas, quanto às zonas de transposição. As direções alinham-se nos intervalos de N30-70E. Na região de Itatins verifica-se uma inversão da direção NE para NW, devido aos falhamentos de Cubatão e Itariri.

Na região de Itatins os falhamentos diferem das outras regiões, exibindo um sistema distensivo de direções N30E e EW. O primeiro sistema consiste de uma série de falhas paralelas, que devido ao grande acúmulo de material coluvionar a identificação no campo torna-se difícil.

No trecho entre Pedro Barros e Miracatu podem ser observados inúmeros planos de falhas que fornecem um caráter sinistral para o falhamento de Itariri. Na região central do trecho, o falhamento de Itariri possui atitude N65W/sub-vertical e pode-se identificar dois conjuntos distintos de juntas de atitudes N30E/vertical e N30W/vertical, com foliação cataclástica que possui N65W como direção predominante. Ao longo do trecho, a maior parte das rochas apresenta orientação N70-75W/70-80 NE e exibem feições de milonitos recristalizados.

7.2.1.3 Geomorfologia

A região em estudo situa-se na Província Costeira, e compreende três unidades geomorfológicas distintas: o Planalto de Paranapiacaba/Itatins/Serra do Mar, a Região Pré-Serrana (Serrania Costeira) e a Planície Costeira (Baixada Litorânea).

A Região Pré-Serrana representa uma ruptura de relevo entre a escarpa do Planalto e a Baixada, provocando uma quebra do gradiente dos rios, ocasionando a deposição de sedimentos em largas planícies aluviais, que se abrem em alvéolos no sopé da vertente da serra. Constitui uma extensa área de relevos arrasados, que se sobressaem na Planície Costeira, raramente acima de 100 a 200 metros sobre o nível do mar. Os relevos encontrados são do tipo espigões, morros, morrotes em meio laranja, colinas e morros isolados (ANEXO B).

Na Região Pré-Serrana estão inseridas a Serra do Mar e a Serra de Paranapiacaba, sendo sua característica principal a proximidade com o oceano. Desta forma, toda a faixa atlântica do sudeste brasileiro apresenta este imponente paredão, separado do mar por estreitas e descontínuas faixas de planícies. O Vale do Ribeira é o único entalhe mais expressivo nesta muralha contínua. O processo de recuo da encosta foi facilitado pela existência de falhamentos e pela xistosidade das rochas, ambos de direção NE/SW. A Serra de Itatins e a Serra de Paranapiacaba constituem as vertentes norte da bacia do Ribeira e são seccionadas pelo falhamento de Itariri.

A partir de Peruíbe, a Serra do Mar inflete para oeste, abrindo-se na larga bacia que abriga o rio Ribeira. É nesta região que a Serra do Mar passa a ser chamada de Serra de Paranapiacaba. Dada a sua enorme extensão a Serra de Paranapiacaba recebe vários nomes locais, como: Laranjeiras, Bananal, Pilãozinho, Gracuí, Lagoinha, Queimada, Boa Vista, Ouro Grosso, Água Fria, Pocinho, Caetanos, Negra, Agudos Grandes, Dúvida, Onça Parda, Anta Gorda, Sem Fim, Boa Vista e Itapirapuã.

O Planalto representa o bordo sul da Região Pré-Serrana e corresponde ao prolongamento da Serra do Mar paulista, a partir da inflexão desta para oeste nas proximidades do município de Peruíbe. A continuidade da escarpa é interrompida apenas pelos vales do rio São Lourenço, Juquiá e Preto como os únicos entalhes importantes neste *front*.

O rebordo do Planalto apresenta-se bem delineado por uma ruptura de declive na vertente. O topo é ocupado por uma extensa superfície de cimeira de altitudes entre 400/650 metros, na qual predomina um amorrado com tendência a mamelonização (ANEXO B).

A movimentação do relevo da Serra do Itatins está intimamente associada à tectônica local, sendo que os degraus do planalto quase sempre são determinados por falhamentos.

A Serra do Itatins acha-se seccionada do planalto de Paranapiacaba por uma falha de direção praticamente E-W, que ocupa o vale do rio Itariri. Sua forma é alongada e no flanco sul entra em contato direto com os sedimentos da planície flúvio-marinha.

O maciço de Itatins compreende as serras do Bananal, da Prainha e da Figueira. Seu *front* sul é extremamente escarpado, com um alinhamento de picos que ultrapassam a cota dos 1000 metros. Os falhamentos são responsáveis pelas escarpas do flanco sul e pela formação de espigões de altitudes entre 100 e 200 metros, no flanco norte.

A Baixada Litorânea compreende três tipos de feições de relevos perfeitamente diferenciadas: a Planície Costeira, os Terraços Marinhos e os Mangues. A Planície Costeira representa os terrenos baixos e planos, próximos ao nível do mar, com pequena densidade de drenagem, em padrão predominantemente meandrante, podendo apresentar-se localmente em formas anastomosadas (ANEXO B).

Os Terraços Marinhos também constituem os terrenos mais ou menos planos, situados a poucos metros acima da Planície Costeira com drenagem superficial praticamente ausente. Correspondem aos antigos cordões litorâneos com retrabalhamento eólico e às planícies marinhas com maior número de alinhamento de cordões, podendo alcançar cotas de 12 m.

Os Mangues, associados às desembocaduras de rios e canais do estuário de Itanhaém, são formados por sedimentos lamosos característicos, com boa contribuição de biodegritos, originados por materiais finos depositados em consequência das oscilações de maré. A maior extensão dos manguezais está localizada na margem direita do rio Itanhaém, antes da sua desembocadura no mar.

7.2.2 Cobertura vegetal

A área de estudo está inserida no domínio da Floresta Ombrófila Densa Atlântica, sendo que o trecho estudado possui aproximadamente 27 km em zona de serraria. Em sua maior extensão é recoberta por vegetação secundária de Mata Atlântica, em diversos estágios sucessionais e apresentando-se nos variados gradientes característicos das regiões litorâneas.

Os remanescentes florestais mais importantes concentram-se nas porções mais elevadas do relevo e acima da Cota 40 nas zonas rurais, cabendo ressaltar a ocorrência de Unidades de Conservação Estadual (Parque Estadual da Serra do Mar, Estação Ecológica Juréia-Itatins) e Federal (APA Cananéia-Iguape-Peruíbe), que são de relevante importância na manutenção dos ecossistemas naturais ainda existentes na região, e estão inseridos em maciços florestais relativamente bem preservados.

Nas zonas urbanas dos municípios de Peruíbe, Itariri e Pedro de Toledo, nas áreas de domínio direto da rodovia, a cobertura vegetal apresenta-se intensamente impactada pela urbanização e demais interferências antrópicas. Nota-se a existência de remanescentes esparsos de vegetação nativa (restinga, restinga/encosta ou encosta), em estágio sucessional inicial de regeneração e com dinâmica sucessional claramente em declínio.

Na Planície Costeira, por um pequeno trecho, observa-se um maciço florestal de baixa e alta restinga, que se estende lateralmente à rodovia, sendo gradativamente substituído por vegetação de transição restinga/encosta e por último, de vegetação de encosta, já nas escarpas da Serra do Mar e da Serra dos Itatins.

A partir do km 357+000, observa-se alteração de gradientes, havendo substituição das formações florestais de planície litorânea por vegetação de encosta de serra, predominando a vegetação de transição restinga/encosta (DER/SP; LENC, 2001a).

No trecho de serra dois importantes maciços florestais são observados: do km 378+000 até o km 382+000, do lado direito da rodovia sentido Peruíbe – Miracatu, e do km 387+000 até o km 388+000, em ambos os lados, ocorre vegetação secundária em estágio médio a avançado de regeneração de mata de encosta (FOTOS 7.13 e 7.14).



Fonte: DER/SP; LENC (2001a)

FOTO 7.13 Mata de encosta na altura do km 379+000, presente em todo o trecho de serra.



Fonte: DER/SP; LENC (2001a)

FOTO 7.14 Início do trecho de mata de encosta.

Nestas áreas e nos topos de morros, ocorrem núcleos de vegetação primária de encosta, em clímax, notadamente a partir da Cota 40, ou seja, acima do terço inferior das encostas e morros. Abrange, portanto, a área de encostas sob tombamento pelo CONDEPHAAT (Resolução SC nº 40/85) e especificamente preservadas pelo Decreto Federal nº 750/93 e Lei Federal nº 4771/65 (DER/SP; LENC, 2001a).

As diferentes tipologias de vegetação e suas condições de conservação dão suporte a diferentes comunidades faunísticas, e são determinantes para o *habitat* da vida silvestre. A maior diversidade faunística da região de influência da Rodovia localiza-se nas áreas compreendidas pelas Unidades de Conservação do Estado (Parque Estadual da Serra do Mar e Estação Ecológica Juréia-Itatins) e em alguns outros fragmentos e maciços florestais pertencentes a APA Federal Cananéia-Iguape-Peruíbe.

7.2.3 Meio antrópico

O estudo relativo a caracterização do meio antrópico ocorreu, no trecho onde estão localizados os municípios de Perúibe, Itariri, Pedro de Toledo e Miracatu, todos servidos pela rodovia. Estes municípios pertencem à região do Litoral Sul e do Vale do Ribeira que se estende na porção Sudeste do Estado de São Paulo e, juntamente com outros municípios, fazem parte da região mais “pobre” do Estado de São Paulo, segundo os indicadores socioeconômicos (FUNDAÇÃO SEADE, 2000).

Como já mencionado, nas proximidades da rodovia verificam-se aglomerados urbanos (intercalados com áreas recobertas por vegetação arbórea e rural, com destaque aos bananais); áreas de mineração (FOTOS 7.15), o aterro sanitário do município de Perúibe, existência de comércio (na maioria dos casos com instalações precárias ao longo das entradas de acessos aos bairros populares), materiais de construção, postos de gasolina e oficinas mecânicas.

Analisando-se os dados socioeconômicos nota-se que a população dos quatro municípios atinge um total de 96.634 habitantes, sendo que os números de habitantes nos municípios de Perúibe e Itariri em área urbana mantiveram-se superiores aos de população em área rural. Já o município de Miracatu mostrou números de população rural superiores aos de população urbana, e no município de Pedro de Toledo, nota-se um aumento da população urbana no ano 2000 (QUADRO 7.5).



FOTO 7.15 Área de mineração, na altura do km 344+500 LD

A pesquisa mostra que houve um crescimento populacional nos referidos municípios comparando-se os anos de 1991, 1996 e 2000, e ainda que entre os municípios, Peruíbe aparece com maior número de habitantes, e isso se deve à maior infraestrutura, principalmente a voltada ao turismo regional.

QUADRO 7.5 Distribuição da população nos anos de 1991, 1996 e 2000.

Municípios/anos	1991	1996	2000
Peruíbe			
População total	32.514	41.234	51.451
População urbana	31.064	40.135	50.370
População rural	1.450	1.099	1.081
Grau de urbanização %	95,54	97,33	97,89
Miracatu			
População total	18.904	20.982	22.383
População urbana	8.585	10.092	10.912
População rural	10.339	10.890	11.471
Grau de urbanização %	45,41	48,10	48,75
Pedro de Toledo			
População total	7.841	7.895	9.187
População urbana	3.890	3.938	6.159
População rural	3.951	3.757	3.028
Grau de urbanização %	49,61	48,88	67,04
Itariri			
População Total	11.606	11.678	13.613
População Urbana	8.571	7.009	7.445
População Rural	5.035	4.669	6.168
Grau Urbanização %	73,85	60,01	54,69

Fonte: IBGE (2000) e DER/SP; LENC (2001a), modificado

Em relação aos aspectos econômicos, os municípios de Itariri, Miracatu e Pedro de Toledo são essencialmente agrícolas destacando-se o cultivo da banana (FOTOS 7.16 e 7.17), que é escoada para os mercados regionais e também fornece a matéria prima para as indústrias de beneficiamento instaladas nas proximidades da rodovia.

A produção de banana impulsiona diretamente outras atividades comerciais e industriais nestes municípios como a indústria de doces, transporte, distribuição e o comércio de insumos agrícolas.

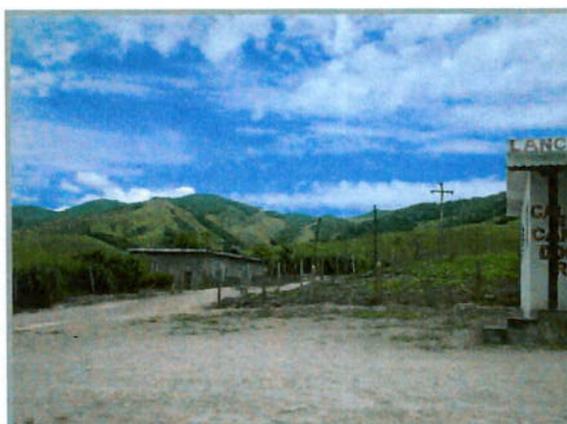


FOTO 7.16 Cultura de subsistência.

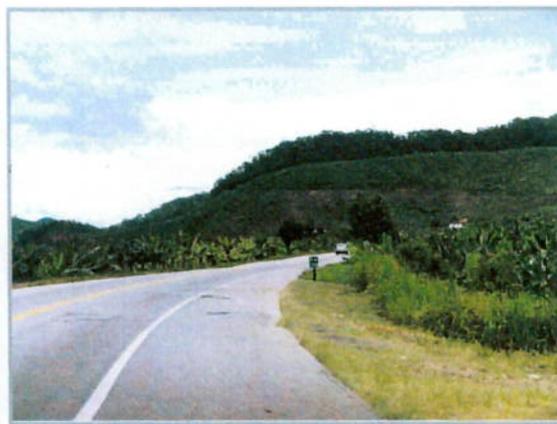


FOTO 7.17 Grandes extensões de bananais.

O chá também é um produto agrícola de grande importância produzido na região. O arroz, feijão e milho são os produtos mais cultivados em relação à área plantada, servindo, normalmente, de fonte de renda e de sobrevivência para a maioria dos habitantes que possuem pequenas propriedades com formas de relevo que não permitem a efetivação de uma agricultura modernizada, apoiada na mecanização de alta produtividade.

A pecuária na região é incipiente. As pastagens concentram-se principalmente nas planícies dos rios, pertencendo à classe mais baixa de distribuição do gado de corte do Estado de São Paulo, com um número de cabeças de 1 a 30.000.

A piscicultura vem sendo nos últimos anos, uma fonte alternativa e econômica aos médios e pequenos agricultores. Tornou-se nos últimos anos uma opção fundamental, para a manutenção e auto-sustento através da produção de diversas espécies de peixe, visando à comercialização com os pólos consumidores.

Já o Parque Industrial dos municípios cortados pela rodovia, é pequeno, com um número reduzido de instalação. São fábricas de doces (banana), de panela de pressão, de móveis e de artefato de madeira, de amortecedores para autos, fábricas de blocos, carvoarias, serralherias, entre outras. Conseqüentemente, o índice de pessoas empregadas em estabelecimentos industriais é baixo, a média é inferior ao índice do pessoal ocupado em estabelecimentos agropecuários.

O comércio para o consumidor local é representado predominantemente pelo comércio de gêneros de 1ª necessidade (mercearias, hortifrutigranjeiros, cerealistas) de vestuário (tecidos, roupas e calçados), insumos agrícolas, artefatos de cimento e bares, restaurantes, hospedarias e hotéis, entre outros.

A partir de dados levantados do IBGE (2000) e FUNDAÇÃO SEADE (2000) verificou-se que todos os municípios possuem pelo menos um hospital, totalizando 05 unidades e 88 leitos.

Quanto ao destino do lixo urbano dos municípios de Itariri, Peruíbe, Miracatu, Pedro de Toledo, segundo dados da SMA de 1997, o material é disposto em três modalidades diferentes: aterro sanitário; aterro controlado e em áreas a céu aberto (onde o lixo urbano ou industrial é acumulado, sem qualquer tratamento).

Os municípios de Itariri e Peruíbe destinam os respectivos lixos para aterros sanitários, Miracatu destina o seu lixo urbano para aterro controlado. Somente o município de Pedro de Toledo dispõe o seu lixo urbano em áreas a céu aberto.

Através dos estudos acima apresentados, pode-se ter uma visão geral das características ambientais da área, os condicionantes dos escorregamentos são discutidos no Capítulo 08.

Capítulo 08

Sistemática Proposta para Gestão de Passivos Ambientais Associados a Escorregamentos em Rodovias

O objetivo principal desta pesquisa consistiu no desenvolvimento de uma sistemática para a caracterização, classificação, hierarquização, acompanhamento de passivos ambientais associados a escorregamentos em rodovias e sua aplicação na SP-55. A Sistemática foi desenvolvida apoiando-se nos fundamentos da Cartografia Geotécnica e da Gestão Ambiental de Rodovias, contemplando a hipótese da viabilidade de implementação de PPE e PAEE. A pesquisa considerou também a abordagem metodológica proposta para prevenção de acidentes naturais de origem geológica da *UNDRO* (1991).

De acordo com *ZUQUETTE et al.* (1992), são poucas as regiões que apresentam mapas e cartas geotécnicas em escalas adequadas para serem utilizadas para fins de planejamento e de infra-estrutura, esta situação também foi verificada na área de estudo. Neste contexto, julgou-se necessário definir uma sistemática para elaboração de cartas de riscos associados a escorregamentos.

Após análise das várias metodologias sobre cartografia geotécnica, optou-se por adotar a metodologia de *AUGUSTO FILHO* (1994) para a elaboração da carta de riscos de escorregamentos, com adaptações para rodovias, principalmente por ela ter sua estrutura de investigação apoiada no entendimento dos agentes, condicionantes, tipologia e dinâmica dos escorregamentos e nas atividades de redução de desastres naturais sugeridas pela *UNDRO* (1991).

Assim, neste capítulo apresenta-se a Sistemática Proposta para Gestão de Passivos Ambientais Associados a Escorregamentos em Rodovias que compreende cinco grandes fases com atividades específicas e inter-relacionadas com a metodologia de *AUGUSTO FILHO* (1994), que podem ser visualizadas na *FIGURA 8.1* e são discutidas a seguir no contexto de sua aplicação na SP-55.

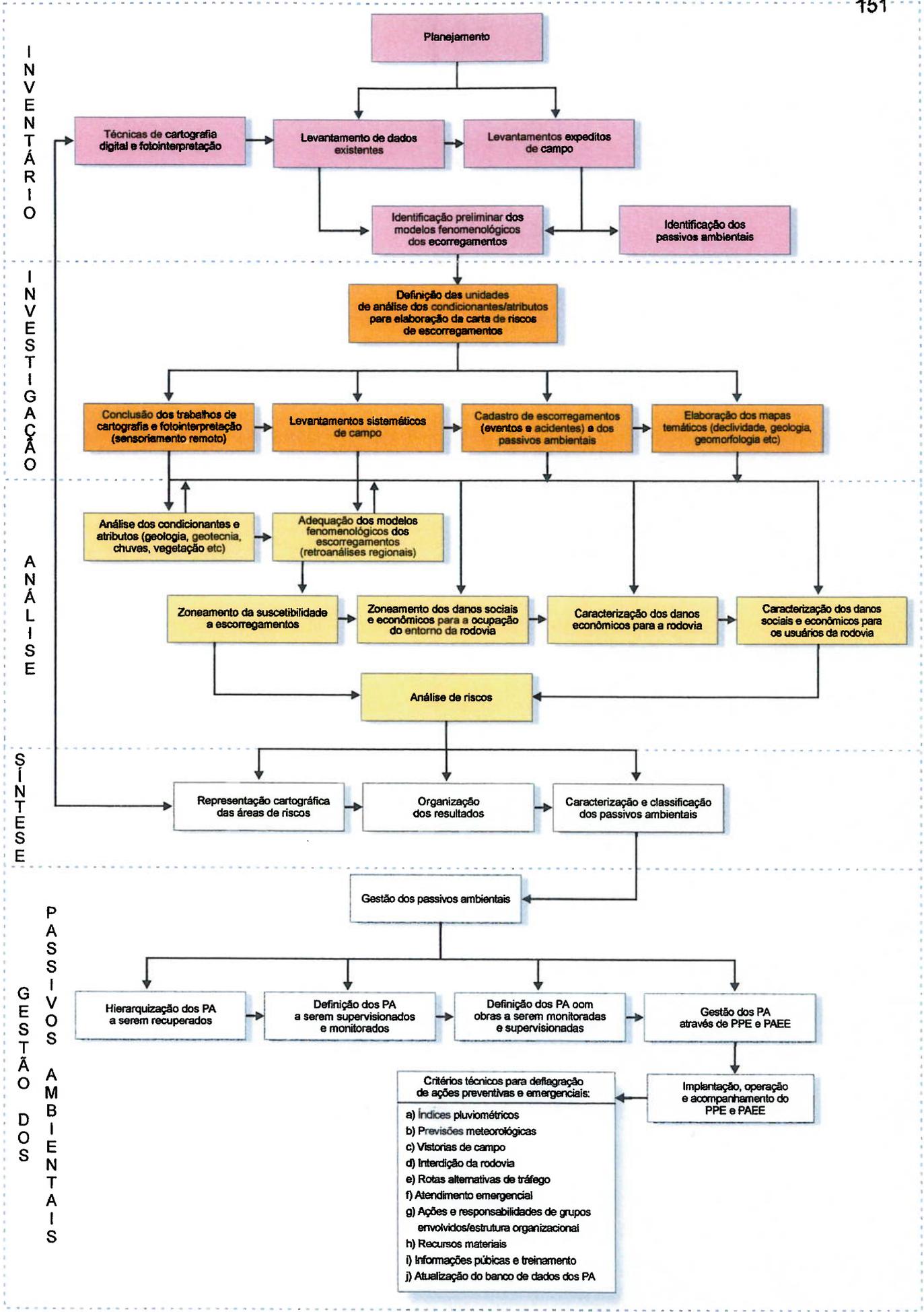


FIGURA 8.1 Fases, etapas e atividades contempladas na Sistemática Proposta

8.1 Fase de inventário

Envolveu o levantamento e tratamento de dados já existentes, levantamentos expedidos de campo, identificação preliminar dos escorregamentos e dos passivos ambientais, compreendendo várias atividades que são apresentadas a seguir.

8.1.1 Planejamento

Nesta etapa foram definidas as escalas de trabalho, materiais necessários, cronograma, fontes a serem pesquisadas etc.

Inicialmente buscou-se informações para elaboração da carta de riscos de escorregamentos visando obter os subsídios para realização de um diagnóstico dos riscos, da potencialidade dos escorregamentos gerarem novos riscos, para determinar os pontos mais críticos ao longo da rodovia, hierarquizar os passivos ambientais, prever os locais para a realização das obras de recuperação desses passivos e também para prever os locais a serem supervisionados e monitorados, portanto, subsidiar o PPE e o PAEE.

Frente aos objetivos, definiu-se as escalas 1:50.000 e 1:25.000, para análises regionais, e de 1:5.000 e 1:1.000, para análises de detalhe nas áreas de maiores riscos. Assim sendo, os trabalhos na escala 1:5.000 foram desenvolvidos através de fotos aéreas atualizadas, obtidas de sobrevôo de avião realizado no final do ano 2000. Nos trabalhos na escala 1:1.000 utilizou-se o levantamento topográfico e o projeto geométrico, propostos para duplicação da rodovia, elaborados no ano 2001 pelo DER/SP e VETEC Engenharia. Adotou-se a escala 1:10.000 para apresentação final da Carta de Riscos de Escorregamentos.

Dois relatórios técnicos da Empresa LENC Engenharia (2000 e 2001) foram utilizados por estarem diretamente relacionados com o tema. Foi elaborado um banco de dados, com os índices pluviométricos diários, mensais e as respectivas médias dos postos em operação nos municípios da região, todos do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE).

8.1.1.1 Levantamento de dados existentes

Os principais materiais levantados e consultados (mapas, relatórios, trabalhos, etc) são apresentados no QUADRO 8.1.

QUADRO 8.1 Materiais levantados para pesquisa

MATERIAIS/DADOS	ESCALA	FONTE
Folhas topográficas (Pedro de Toledo, Pedro Barros, Miracatu e Rio São Lourencinho)	1:50.000	IBGE (1973)
Folhas (0-31, 32 e P-33b)	1:10.000	DAEE (1967)
Folha Peruíbe III		IGC (1990)
Levantamento planialtimétrico e cadastral	1:1.000	DER/SP; VETEC (2001)
Mapa geológico	1:50.000	SUDELPA (1974a)
	1:500.000	IPT (1981a)
Mapa geomorfológico	1:500.000	IPT (1981b)
	1:50.000	SUDELPA (1974b)
Carta geotécnica	1:500.000	IPT (1994)
Fotografias aéreas	1:25.000	BASE (1997)
	1:5.000	DER/SP; LENC (2001a)
Projeto geométrico	1:1.000	DER/SP; VETEC (2001)
RAP (Relatório Ambiental Preliminar)	-	DER/SP; LENC (2001a)
PAE da SP-332 – Campinas a Eng ^o Coelho	-	DER/SP; LENC (2001b)
Dados pluviométricos	-	DAEE (2004)
Proposta Técnica	-	LENC (2000)

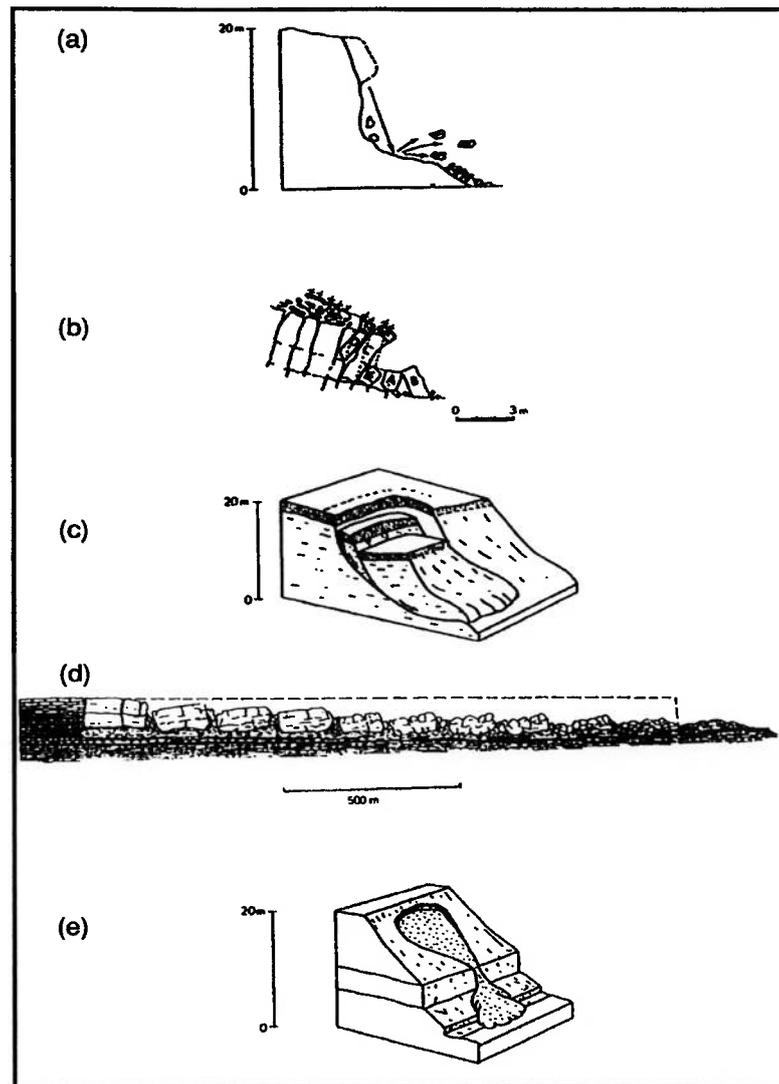
8.1.1.2 Levantamentos expeditos de campo

Trabalhos preliminares de campo, objetivando complementar o quadro inicial das principais características da área a ser analisada, foram desenvolvidos nesta etapa.

Estes levantamentos envolveram contatos com os municípios localizados nas proximidades da rodovia, com o DER de São Paulo, Cubatão e de Pedro de Toledo; com a Polícia Rodoviária Militar de Pedro de Toledo e Praia Grande; visitas expeditas ao longo de toda a rodovia e nas áreas de riscos de escorregamentos já identificadas em outros estudos e projetos. Entre os aspectos levantados, constam informações complementares sobre os processos de instabilizações das áreas de riscos (por exemplo, datas das interdições) para posterior análise dos mesmos juntamente com as características pluviométricas, quando da ocorrência desses processos.

8.1.1.3 Identificação preliminar dos escorregamentos e dos Passivos Ambientais

Definiu-se, de forma preliminar, os modelos fenomenológicos dos escorregamentos mais característicos da área de estudo. Nomeou os grupos de processos, de acordo com a classificação de CRUDEN; VARNES (1996) que tende a simplificar a classificação dos movimentos gravitacionais de massa, indicando cinco tipos básicos a partir dos quais todos os movimentos observados podem ser enquadrados (FIGURA 8.2 e QUADRO 8.2). Os critérios utilizados na classificação de CRUDEN; VARNES (1996) enfatizam os tipos de movimentos e tipos de materiais.



Fonte: CRUDEN; VARNES (1996)

FIGURA 8.2. Tipos básicos de escorregamentos: (a) queda, (b) tombamento, (c) escorregamentos, (d) espalhamento, (e) corrida.

QUADRO 8.2 Classificação dos movimentos gravitacionais de massa.

TIPO DE MOVIMENTO	TIPO DE MATERIAL		
	ROCHA MATRIZ	SOLOS predominantemente granulares	SOLOS predominantemente argilosos
QUEDA	queda de blocos	queda de detritos	queda de solo
TOMBAMENTO	tombamento de rocha	tombamento de detritos	tombamento de solo
ESCORREGAMENTO	escorregamento em rocha	escorregamento de detritos	escorregamento de solo
ESPALHAMENTO	espalhamento de rocha	espalhamento de detritos	espalhamento de solo
CORRIDA	corrida de rocha	corrida de detritos	corrida de lama

Fonte: CRUDEN; VARNES (1996)

Assim, entre os escorregamentos de solo saprolítico, saprolito e rocha, verificou-se, na grande maioria dos casos, a existência de um condicionante estrutural, marcado pela foliação, planos de falhas e fraturas aliado ao condicionante antrópico (realização dos cortes). Logo, os escorregamentos estruturados foram os principais processos identificados, compreendendo quedas de blocos, deslocamentos e tombamentos (FOTOS 8.1 e 8.2).

Rolamento de matacões foram identificados em encostas sustentadas por rochas de composição mais graníticas e migmatitos mais homogêneos. Além dos tipos de movimentos gravitacionais de massa mencionados, também identificou-se escorregamentos planares rasos e processos erosivos (sulcos e ravinas). Nesta etapa verificou-se, de forma preliminar, que os passivos ambientais correspondiam às ocorrências relacionadas aos cortes efetuados para construção da rodovia e deficiência de manutenção.

As características da ocupação existente no entorno da rodovia, bem como a identificação dos setores com presença de vegetação e os tipos de taludes, completaram o grupo de parâmetros levantados para a elaboração da Carta de Riscos de Escorregamentos e posterior discussão da gestão dos passivos ambientais.

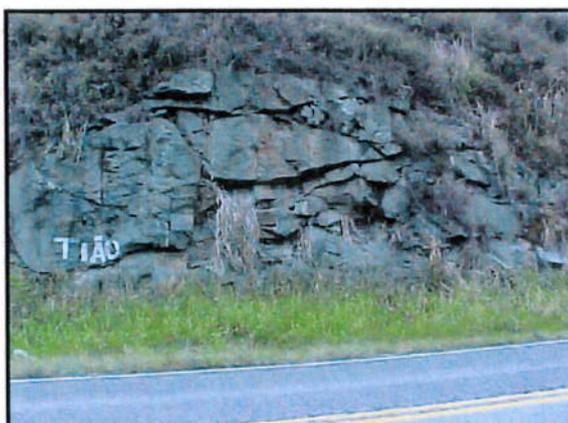


FOTO 8.1 Queda de blocos rochosos condicionados pelo intenso fraturamento do maciço, km 368+700 LE (Lado esquerdo).

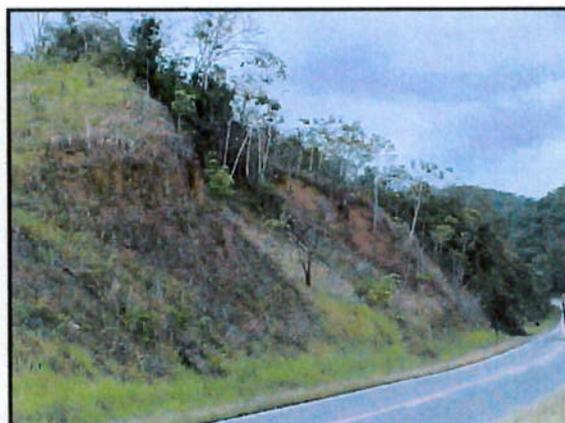


FOTO 8.2 Cicatriz de escorregamento estruturado, km 378+000 LE (Lado esquerdo).

8.2 Fase de investigação

Envolveu atividades de investigação sistemática para elaboração da Carta de Riscos de Escorregamentos e caracterização dos passivos ambientais.

8.2.1 Definição das unidades de análise e condicionantes/atributos

Tendo-se em conta os modelos fenomenológicos preliminares definiu-se as unidades de análise, condicionantes e atributos para elaboração da Carta de Riscos de Escorregamentos (QUADRO 8.3, AUGUSTO FILHO, 1994).

Além dos condicionantes e atributos naturais, houve a necessidade de investigar outros parâmetros diretamente relacionados com os taludes e com a rodovia (QUADRO 8.3). A área resultante foi dividida em subtrechos para serem analisados quanto aos graus de riscos de escorregamentos.

QUADRO 8.3 Condicionantes e atributos investigados para elaboração da carta de riscos de escorregamentos e caracterização dos passivos ambientais

CONDICIONANTES E ATRIBUTOS	ASPECTOS INVESTIGADOS
Unidades geológicas/geotécnicas	principais unidades litoestratigráficas, seus produtos de alteração, presença de nível d'água, resistência ao SPT, estruturas geológicas, grau de fraturamento e suas relações com os processos de instabilização.
Unidades geomorfológicas	principais unidades geomorfológicas e suas relações com os processos de instabilização.
Declividade	intervalos de declividade críticos para deflagração de escorregamentos e associação destes intervalos com os graus de riscos.
Uso e ocupação	classes de uso do solo, ocupação, vegetação e sua influência na dinâmica dos movimentos gravitacionais de massa. Numa etapa posterior, estas classes foram caracterizadas quanto à magnitude dos danos sociais e econômicos potenciais, no caso da deflagração de escorregamentos.
Pluviometria	análise dos índices pluviométricos e sua relação com os eventos/acidentes de escorregamentos ocorridos na rodovia e proximidades da mesma.
Parâmetros das bacias hidrográficas	características das bacias que influenciam a potencialidade de geração de escorregamentos.
Parâmetros da rodovia	Características geométricas e geotécnicas: visibilidade dos usuários em caso de interrupção da rodovia; vulnerabilidade do corpo estradal frente à ruptura de um talude; histórico de acidente no local; presença de acostamento; proximidade do acostamento e das pistas em relação à base e ao topo do talude; condições à montante e à jusante da rodovia; tipologia do talude (corte, aterro etc); altura do talude; cicatrizes de escorregamentos; tendências de evolução do processo; presença ou ausência de obras de estabilização.

8.2.2 Trabalhos de cartografia, fotointerpretação, cadastro de escorregamentos, passivos ambientais e elaboração dos mapas temáticos

Envolveu a elaboração dos mapas temáticos com as unidades geológicas-geotécnicas, declividades, escorregamentos, classes de uso e ocupação etc. Esses mapas foram confeccionados a partir da compilação de mapas e bases preexistentes, cadastro de escorregamentos, aplicação de técnicas de cartografia digital e foto interpretação e pelos levantamentos sistemáticos de campo.

O cadastro dos escorregamentos e dos passivos ambientais compreendeu a elaboração de um banco de dados com diferentes parâmetros dos escorregamentos ocorridos e levantados em campo, para serem analisados juntamente com o banco de dados pluviométricos da fase de inventário e selecionar os passivos a serem recuperados, supervisionados e monitorados. Nos levantamentos de campo, utilizou-se uma ficha para orientar a coleta de informações (ANEXO C).

Apoiando-se na metodologia de AUGUSTO FILHO (1994) elaborou-se os seguintes mapas temáticos:

- a) base: mapa elaborado a partir das folhas topográficas 1:50.000 do IBGE (1973), com os limites da área da carta de riscos de escorregamentos, articulação das pranchas 1:10.000 (DAEE, 1967 e IGC, 1990), unidades de análise, bacias hidrográficas, entre outras informações;
- b) principais unidades geológicas e geotécnicas: mapa com as principais unidades geológica-geotécnicas na base 1:50.000 utilizando os dados do projeto SUDELPA (1974a) e IPT (1981a), dados coletados na fotointerpretação e nos levantamentos de campo (ANEXO A);
- c) principais unidades geomorfológicas: mapa com as principais unidades geomorfológicas na base 1:50.000 utilizando os dados do projeto SUDELPA (1974b) e do IPT (1981b), dados coletados na fotointerpretação e nos levantamentos de campo (ANEXO B);
- d) declividade: elaborado a partir das folhas topográficas na escala 1:25.000, com os intervalos de declividade entre 0-15%, 15-30%, 30-60% e maior que 60%. A definição do limite inferior a 17° também considerou a Lei de Parcelamento de Solo Urbano, Lei LEHMANN - nº 6766/79 (ANEXO D);

- e) uso e ocupação do solo: mapa elaborado a partir das folhas topográficas 1:10.000 do DAEE (1967), IGC (1990) e fotos áreas 1:5.000 (DER/SP; LENC, 2001a);
- f) cicatrizes de escorregamentos: mapa com a localização das cicatrizes de escorregamentos;
- g) mapa de bacias hidrográficas: mapa com as bacias hidrográficas da rodovia na escala 1:50.000 (LENC, 2000).

Elaborou-se também um inventário dos passivos ambientais, contemplando quadros com a localização e caracterização dos pontos; taludes e escorregamentos levantados nos trabalhos sistemáticos de campo.

Ressalta-se que embora os mapas com as unidades geológicas e geomorfológicas tenham sido elaborados na escala 1:50.000 os mesmos foram editados na escala 1:150.000 para facilitar o encarte na Tese. Os mapas de uso e ocupação do solo, cicatrizes de escorregamentos e das bacias hidrográficas foram mapas de trabalho e não são apresentados na Tese. Os resultados obtidos através do inventário dos passivos ambientais são discutidos na seqüência e exemplificados na Carta de Riscos de Escorregamentos.

8.3 Fase de análise

Esta fase envolveu tratamento e análise dos dados e condicionantes/atributos levantados nos trabalhos de investigação, visando ao zoneamento quanto à suscetibilidade e tipologia dos escorregamentos; caracterização do uso e ocupação quanto aos danos sociais e econômicos para a população localizada nos entornos da rodovia e a verificação dos danos à rodovia e aos usuários da mesma, quando da ocorrência de escorregamentos.

8.3.1 Análise dos condicionantes e atributos

O conhecimento dos condicionantes geológicos, geotécnicos e geomorfológicos da evolução de uma determinada encosta ou de um conjunto de encostas é fundamental para o entendimento dos tipos de escorregamentos existentes.

MONTERO; CORTES (1989) partiram de uma classificação de províncias, delimitando as grandes unidades geomorfológicas com características semelhantes, para a realização de um zoneamento regional de riscos associados a escorregamentos. Segundo os autores esta delimitação permite agrupar materiais, feições estruturais e geoformas regionais semelhantes, sendo possível descrever os processos de instabilidade reais e potenciais característicos de cada província. Neste sentido, analisou-se os principais condicionantes (geológicos, geotécnicos, geomorfológicos, climáticos etc) dos escorregamentos na SP-55.

8.3.1.1 Condicionantes geológicos e geotécnicos

Ao longo da rodovia verifica-se uma diversidade considerável de tipos litológicos, compreendendo sedimentos quaternários, migmatitos evoluídos, chegando mesmo a núcleos anatéticos e faixas de rochas de zona de cisalhamento. A classificação precisa desses materiais apenas em afloramentos é bastante complexa, uma vez que muitos dos cortes que margeiam a rodovia apresentam-se coberto por vegetação e por uma capa de alteração.

De modo geral, a rodovia corta os solos coluvionares, de alteração e saprolito. Corta também as rochas da Faixa de Dobramento Ribeira, representadas na região pelos migmatitos homogêneos e heterogêneos, granulitos, micaxistos, rochas de zonas de cisalhamento (milonitos, cataclasitos e filonitos) e os depósitos cenozóicos (ANEXO A).

Em função das características estruturais e propriedades geotécnicas e ainda por sustentarem declividades bastante acentuadas, essas rochas e seus produtos de alteração apresentam geralmente feições de instabilidade, sendo bastante propensos à ocorrências de escorregamentos. Desde a década de 70 há relatos de problemas relacionados aos escorregamentos, provocados pela derrubada da mata nativa e/ou pelo grau de inclinação das vertentes. Deslizamentos de grandes proporções ligados aos cortes da rodovia, também foram identificados naquela época. Apresenta-se a seguir os principais aspectos observados nos afloramentos que margeiam a rodovia e que influenciam na estabilidade dos taludes:

- *migmatitos*: ocorrem geralmente associados à unidade de micaxistos, gnaisses finos e rochas cataclásticas. Exibem um bandamento de composição quartzo-feldspática, alternados com bandas de minerais micáceos. Apresentam um perfil de alteração caracterizado por um horizonte superficial argilo arenoso, com raízes, de espessura variável (1,0 a 3,0 metros). Abaixo ocorre o solo residual constituído por silte arenoso de cor marrom avermelhada a rosada e a medida que chega à base do talude verifica-se o solo saprolítico constituído, predominantemente, por silte arenoso, com mica de cor cinza rosada variegada. Em alguns pontos nota-se que o solo é mais arenoso, isto porque existem vários veios de quartzo alterados. Em alguns cortes observam-se grandes concentrações caulínicas, conferindo a todo esse horizonte uma alta suscetibilidade aos processos erosivos e aos escorregamentos.

Os solos de alteração apresentam estruturas preservadas e textura relacionada à rocha original. As estruturas reliquiares variam de bandadas a xistosas, embora estejam também registradas estruturas características dos processos deformacionais. Estas estruturas condicionam escorregamentos tipo queda de blocos e tombamentos. O material rochoso ocorre sob a forma de afloramentos isolados, em forma de matacões e blocos expostos em superfície ou imersos no solo de alteração ao longo de todo perfil. Os matacões e blocos de rocha apresentam dimensões variadas, sendo verificados matacões com diâmetro de até 3,5 metros. Quando são submetidos a algum tipo de intervenção sem critérios técnicos, são verificados rolamentos destes matacões;

- *micaxistos*: apresentam granulação predominantemente fina a média e coloração marrom arroxeada. A foliação é bem desenvolvida, o que confere forte anisotropia a esses maciços que condiciona os escorregamentos estruturados. Geralmente o manto de alteração, compreendendo solo de alteração e rocha alterada é bastante espesso atingindo mais de 20 metros. O solo superficial é argiloso, com espessuras em torno de 2,0 metros. Intercalações de xistos quartzosos, gnaisses finos, bastante intemperizados são relativamente freqüentes em meio a estes micaxistos;
- *granitóides*: são observados nas proximidades de Raposo Tavares e da BR-116. Apresentam tipos petrográficos muito distintos, desde termos granodioríticos a graníticos. Estão associados às feições migmatíticas e também às faixas miloníticas. Foram individualizados diversos corpos afetados pela intensa deformação imposta pela Falha de Itariri, grande lineamento de direção praticamente E-W existente na área. Estas rochas também apresentam variados tipos petrográficos e possuem forte associação com estruturas migmatíticas mais evoluídas e xistos. Nos granitos desenvolvem-se, principalmente, processos tipo rolamento de matacões. No entanto, são verificados escorregamentos estruturados devido aos falhamentos e fraturas;
- *rochas cataclásticas*: ocorrem em extensa faixa praticamente E-W paralela à rodovia. São encontradas várias rochas de zonas de cisalhamento, como milonitos, filonitos e cataclasitos (ANEXO A). O manto de alteração é predominantemente silto-arenoso de resistência ao cisalhamento mediana e alta suscetibilidade aos processos erosivos. Os escorregamentos que ocorrem nestas rochas são principalmente os estruturados;
- *granulitos*: entre os granulitos são encontrados os piroxênios granulitos, granulitos quartzo-feldspáticos, charnoquitos e rochas granito-gnáissicas a hiperstênios incluindo anfibolitos e serpentinitos, localmente migmatizados. Estas rochas apresentam um manto de alteração considerável e também muito pontos com cicatrizes de escorregamentos estruturados;
- *depósitos cenozóicos*: têm expressão relativamente grande desde o município de Peruíbe até Ana Dias, onde predominam os solos da Planície Costeira, aluviões, depósitos em terraços e rampas de colúvio associados aos morros isolados de migmatitos homogêneos e heterogêneos (ANEXO A).

As planícies aluvionares são constituídas por areias e cascalheiras, geralmente intercaladas com argila orgânica. Mostram grande extensão em área, principalmente junto aos rios. Os terraços e rampas de colúvios ocorrem em muitos locais e são constituídos por argila arenosa de coloração marrom avermelhada. Nas rampas de colúvio verificam-se escorregamentos planares rasos.

Quanto aos aspectos geotécnicos, analisou-se as investigações a trado e à percussão realizadas entre os km 344+00,00 e 390+000. Constatou-se que até o km 361+300 todas sondagens apresentam uma camada de aterro sotoposta aos sedimentos flúvio marinhos e estes sedimentos repousam sobre os solos de alteração de rocha.

Apenas em dois furos de sondagem os níveis d'água foram observados incorporados às camadas de aterro. A partir do km 364+300 o aterro sobrepõe-se tanto ao solo residual como aos solos de alteração de rocha. Os níveis d'água presentes nas sondagens ocorrem nos sedimentos da baixada litorânea, ou próximo ao contato destes, verificando-se uma profundidade máxima de 4,0m.

O aterro encontrado nas sondagens é constituído por silte arenoso, com baixos valores de resistência ao SPT. Este aterro lançado sobre os solos sedimentares inconsolidados e aparentemente sem tratamentos, conduz a grandes deformações no pavimento e rupturas das bordas do mesmo;

- *estruturas*: as principais feições estruturais presentes na área são os falhamentos, destacando-se a falha de Itariri, de direção praticamente E-W, que condiciona a faixa de rochas miloníticas e cataclásticas que ocorrem ao longo da rodovia e os escorregamentos estruturados. Diversos falhamentos menores são verificados, em geral paralelos a essa feição, sendo também expressivos os falhamentos de direção NE-SW.

Como lineamento foto geológico destaca-se aquele onde se encaixa o vale do rio Itariri de direção E-W. Este lineamento possivelmente foi condicionado pelo falhamento que foi encoberto pelas extensas planícies aluvionares ali existentes.

Na maior parte dos afloramentos observa-se que o bandamento e a xistosidade, muitas vezes têm mergulhos com ângulo alto, freqüentemente associados com faixas miloníticas e/ou zonas de cisalhamento.

8.3.1.2 Condicionantes climáticos

Segundo a classificação de KOEPPEN, há dois tipos de clima no trecho estudado. Na região da Baixada Litorânea o clima é Af (tropical super úmido sem estação de seca), possui temperatura média no mês mais frio superior a 18 °C, e no mês mais quente acima de 22 °C. Saindo da região da Baixada Litorânea até as encostas das Serras e Espigões Medianos o clima é Cfa (mesotérmico úmido sem estação seca com verão quente). A temperatura média do mês mais quente fica acima de 22 °C, e do mês mais frio abaixo de 18 °C (DER/SP; LENC, 2001a).

Considerando-se a importância da pluviometria na deflagração de escorregamentos analisou-se os tipos de chuvas que ocorrem na região destacando-se:

- *chuvas convectivas*: são típicas de regiões tropicais, causadas pelo aquecimento desigual da superfície terrestre. Geralmente são de grande intensidade e curta duração, concentradas em pequenas áreas;

- *chuvas ciclônicas*: associadas à diferenças de pressão, causadas por aquecimentos desiguais na superfície da terra. São geralmente chuvas de longa duração e apresentam intensidade de baixa a moderada, porém atingindo grandes extensões de área, podendo ser do tipo *frontal* e *não frontal*;

- *chuvas orográficas*: são típicas da Serra do Mar, causadas por correntes de ar úmido sobre barreiras naturais.

A correlação entre pluviosidade e escorregamentos é importante para o estabelecimento de índices pluviométricos críticos que, se atingidos, configuram elevada probabilidade de registro de escorregamentos. Assim, foi necessário realizar uma análise do regime pluvial da área de estudo para posteriormente efetuar a retroanálise dos eventos e estabelecer medidas preventivas.

Neste sentido, selecionou-se os postos pluviométricos disponíveis nas proximidades do trecho em questão (QUADRO 8.4). Os postos selecionados mais representativos das bacias existentes no trecho, e pela amplitude dos dados, são os F4-006 – Guanhanhã, F4-011 – Bairro Igrejinha, F4-019 – Pedro de Toledo, F4-027 – Peruíbe e F4-036 – Fazenda Pettena.

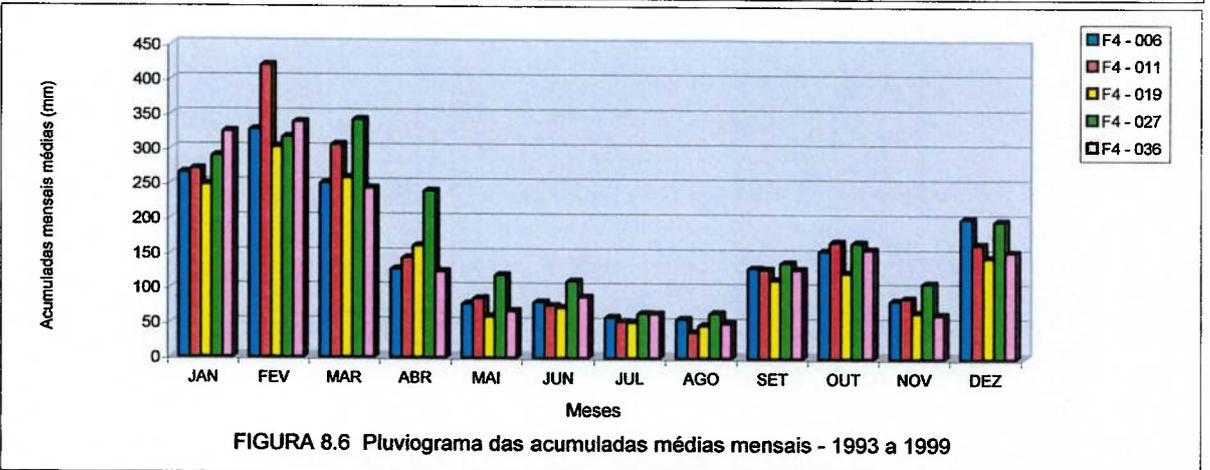
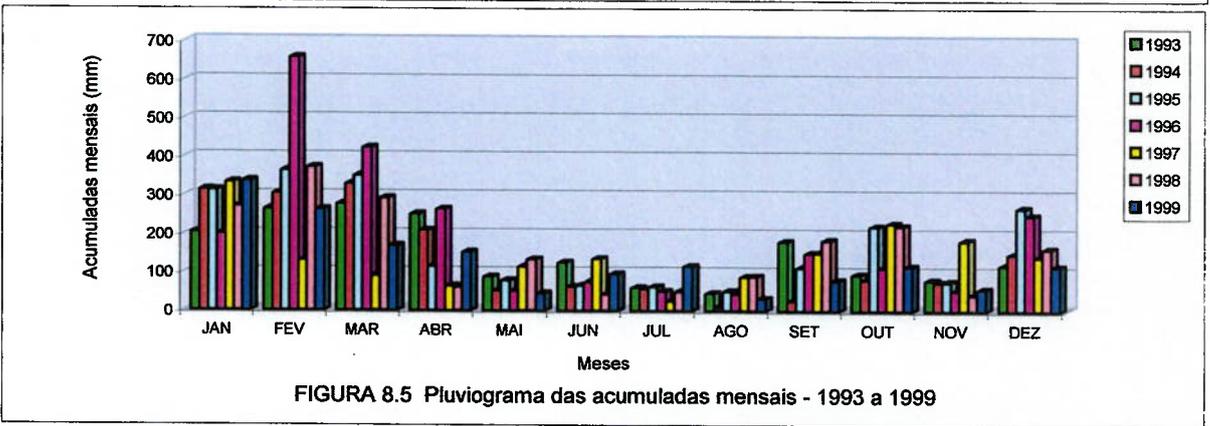
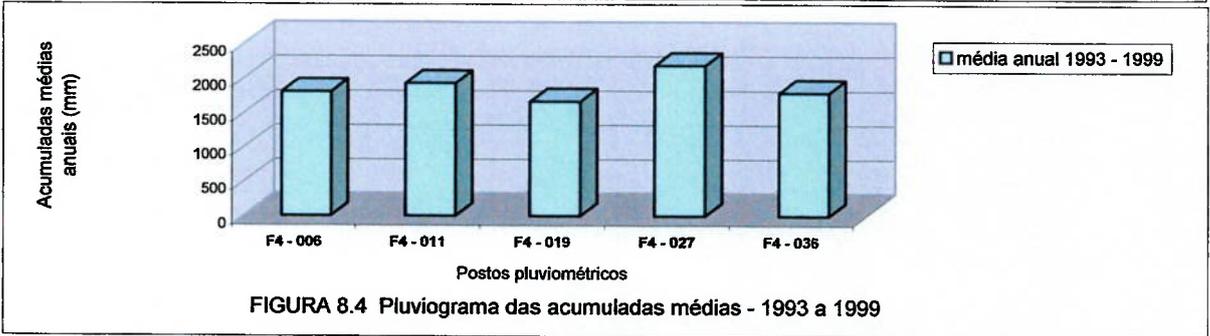
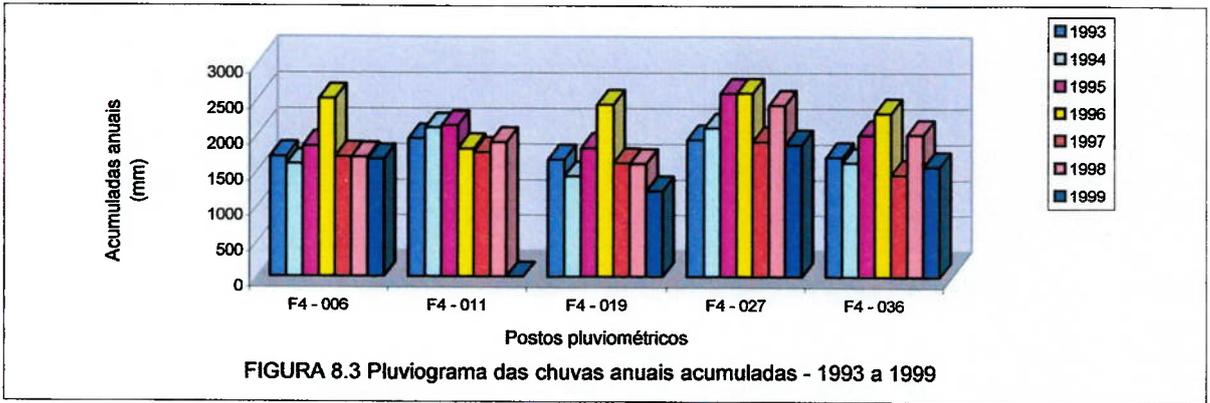
QUADRO 8.4 Postos pluviométricos localizados na região de estudo

PREFIXO	NOME	PERÍODO DOS DADOS
F3-003	Peruíbe	Até 1950
F4-027	Peruíbe	Até 2000
F4-026	Ana Dias	Até 1995
F4-006	Guanhã-Itariri	Até 2000
F4-004-A	Itariri	Até 1949
F4-011	Bairro Igrejinha - Itariri	Até 1998
F4-019	Pedro de Toledo	Até 2000
F4-039	Manoel da Nóbrega	Até 1970
F4-045	Ilha dos Paulistas	Até 1994
F4-008	Pedro Barros	Até 1950
F4-012	Pedra do Largo	Até 1999
F4-013	Miracatu	Até 1950
F4-036	Fazenda Pettena	Até 1999
F4-046	Fazenda Miracatu	Até 1980

Fonte: Modificado e atualizado de LENC (2000)

Realizou-se uma análise do regime pluviométrico entre os anos de 1993 e 1999, contemplando: precipitação acumulada anual e média acumulada anual; precipitações acumuladas mensais e médias mensais acumuladas. Embora tenha registro de acidentes associados a escorregamentos nos anos de 2001 e 2003, estes anos não puderam ser analisados devido à inconsistência dos dados. Da análise efetuada constatou-se a seguinte situação:

- a) no período analisado, o ano de 1996 foi o de maior precipitação acumulada atingindo valores de aproximadamente 2300mm no posto F04-006 e 2400mm no posto F4-027 (FIGURA 8.3);
- b) a média pluviométrica anual variou entre 1500mm (Posto F4-019, Pedro de Toledo) e 2000mm (Posto F04-027, Perúibe; FIGURA 8.4);
- c) o período mais chuvoso foi de setembro a abril. O trimestre mais chuvoso corresponde aos meses de janeiro a março, com as precipitações alcançando cerca de 670 mm (FIGURAS 8.5 e 8.6);
- d) através do gráfico de chuvas mensais médias acumuladas, constata-se que o mês de fevereiro foi o mês mais crítico, com valores que ultrapassaram 400mm (FIGURA 8.6).



Fonte: DAEE (2004) elaborado pela Autora (2004)

Analisou-se também os valores pluviométricos necessários à deflagração dos escorregamentos na SP-55. Trabalhou-se com dados disponíveis sobre os eventos pluviométricos de 1993, 1994 e 1996 por se terem registros de eventos e acidentes ocorridos nestes anos (QUADRO 8.5). Analisou-se às precipitações diárias e os valores acumulados de chuvas de dois e três dias registrados nos postos já mencionados, verificando-se que:

- a) no ano de 1993 os acidentes com escorregamentos ocorreram no mês de março. Naquele mês foram constatadas precipitações diárias próximas a 150mm (FIGURA 8.7d) e valores acumulados de três dias que atingiram 200mm (FIGURA 8.7c);
- b) os eventos pluviométricos de 1994 e 1996 apresentaram fevereiro como o mês mais crítico do ano, com precipitações diárias que atingiram 200mm (FIGURAS 8.8d, 8.9a e 8.9e) e acumulado de 3 dias que ultrapassou 325mm (FIGURA 8.8c e 8.9a). Nestes dois anos foram registrados na SP-55 acidentes associados a escorregamentos que levaram à interdição e comprometimento das pistas (QUADRO 8.5);
- c) os maiores índices pluviométricos verificados em 1993 e 1994 foram nos meses de fevereiro e março ultrapassando 300mm o acumulado mensal (FIGURA 8.5). O histórico dos escorregamentos ocorridos indica a primeira quinzena como o período mais crítico. Nas FIGURAS 8.7 (a-e), 8.8 (a-e) e 8.9 (a-e) pode-se observar que neste período ocorreram as maiores precipitações diárias dos meses, com valores de pico iguais a 200 mm e acumulados de 3 dias da ordem de 325mm. Provavelmente os escorregamentos estejam associados à tais precipitações;
- d) o ano de 1996 foi o de maior precipitação pluviométrica e o mês de fevereiro apresentou valor acumulado de 670mm (FIGURA 8.5).

QUADRO 8.5 Ocorrências de acidentes associados a escorregamentos na SP-55

Data	Localização (km)	Danos
06/03/93	379+000	Comprometimento do acostamento
09/02/94	379+000	Interdição da pista
05/02/96	389+000	Comprometimento da pista
14/02/96	360+00	Comprometimento da pista
28/06/2001	379+500	Interdição total das pistas
23/02/2003	360+200	Interdição parcial das pistas

Fonte: FOLHA DE SÃO PAULO (2004) e trabalhos de campo realizados pela Autora (2003 e 2004)

- e) em 2001 chama atenção o evento ocorrido no mês de junho que acarretou a interdição total da rodovia por vários meses.

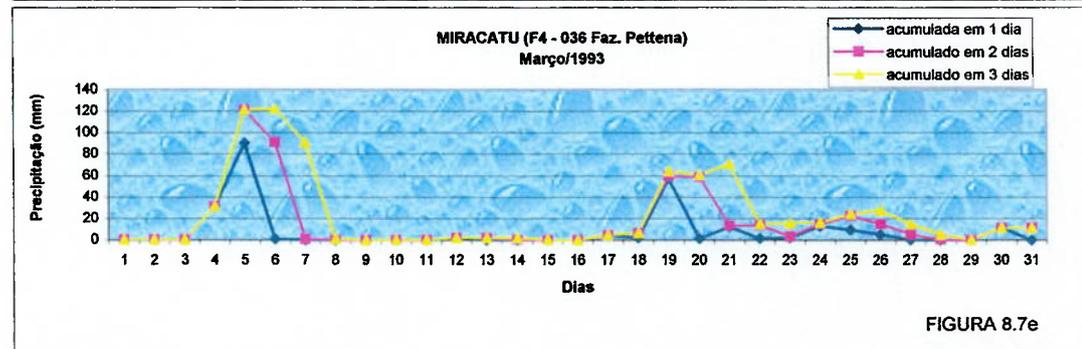
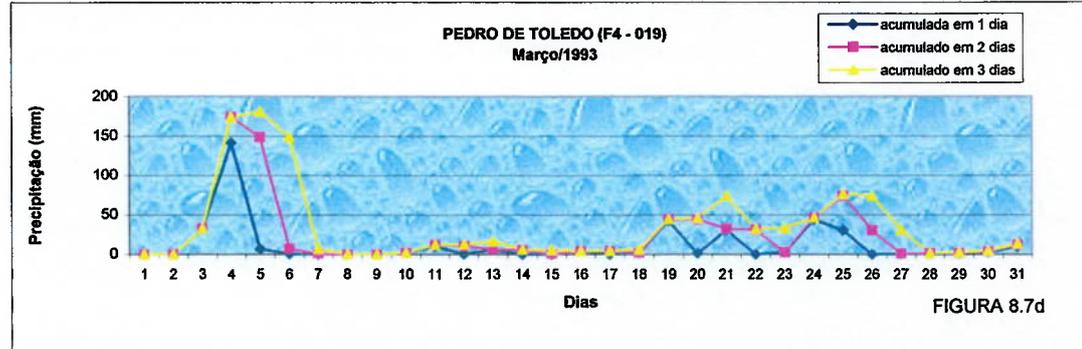
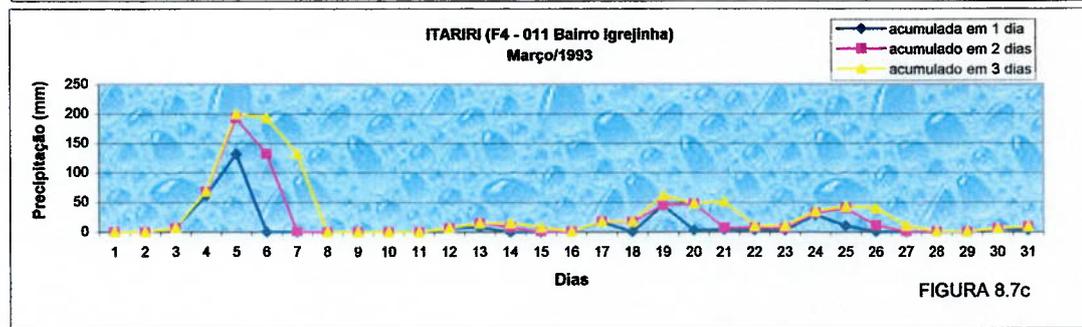
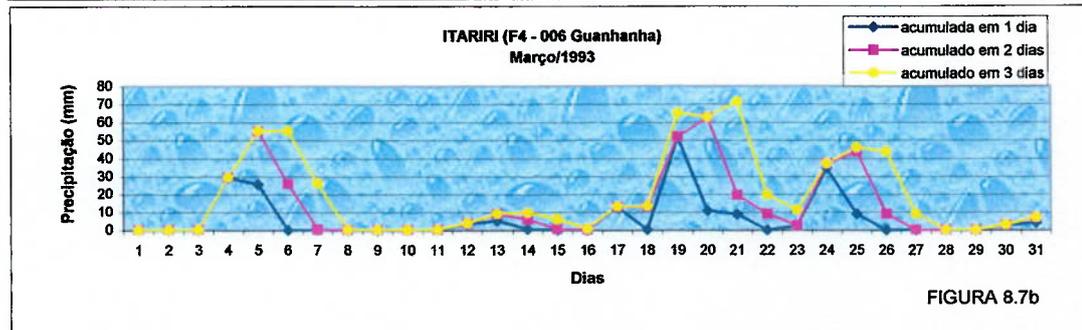
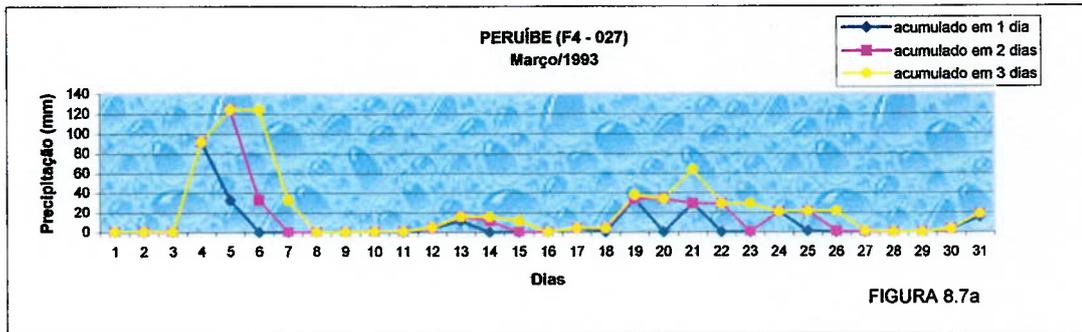


FIGURA 8.7 (a-e) Precipitações pluviométricas acumuladas de 1, 2 e 3 dias no mês de março de 1993. Fonte : DAEE (2004) elaborado pela Autora (2004).

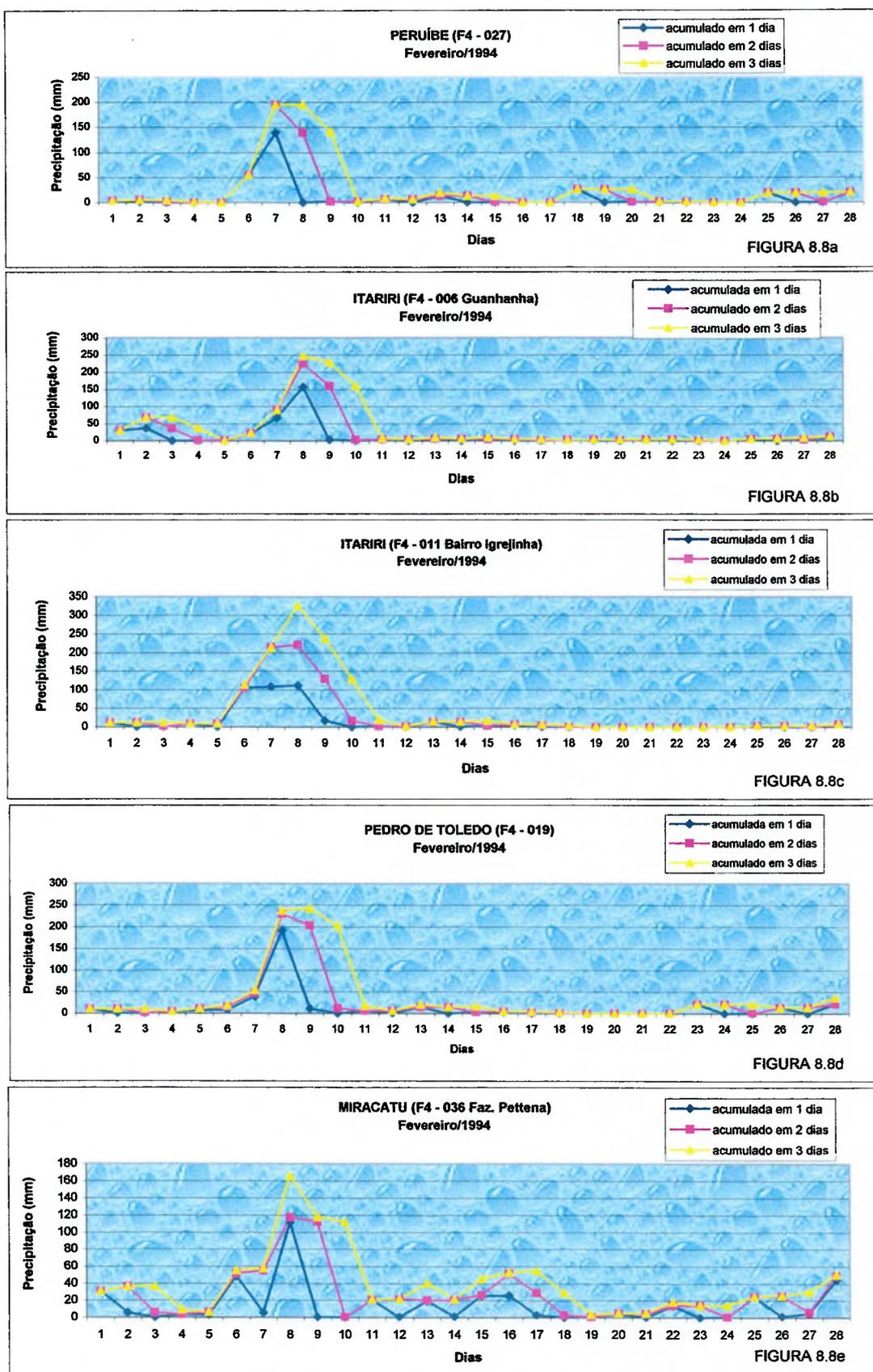


FIGURA 8.8 (a-e) Precipitações pluviométricas acumuladas de 1, 2 e 3 dias no mês de fevereiro de 1994. Fonte : DAEE (2004) elaborado pela Autora (2004)

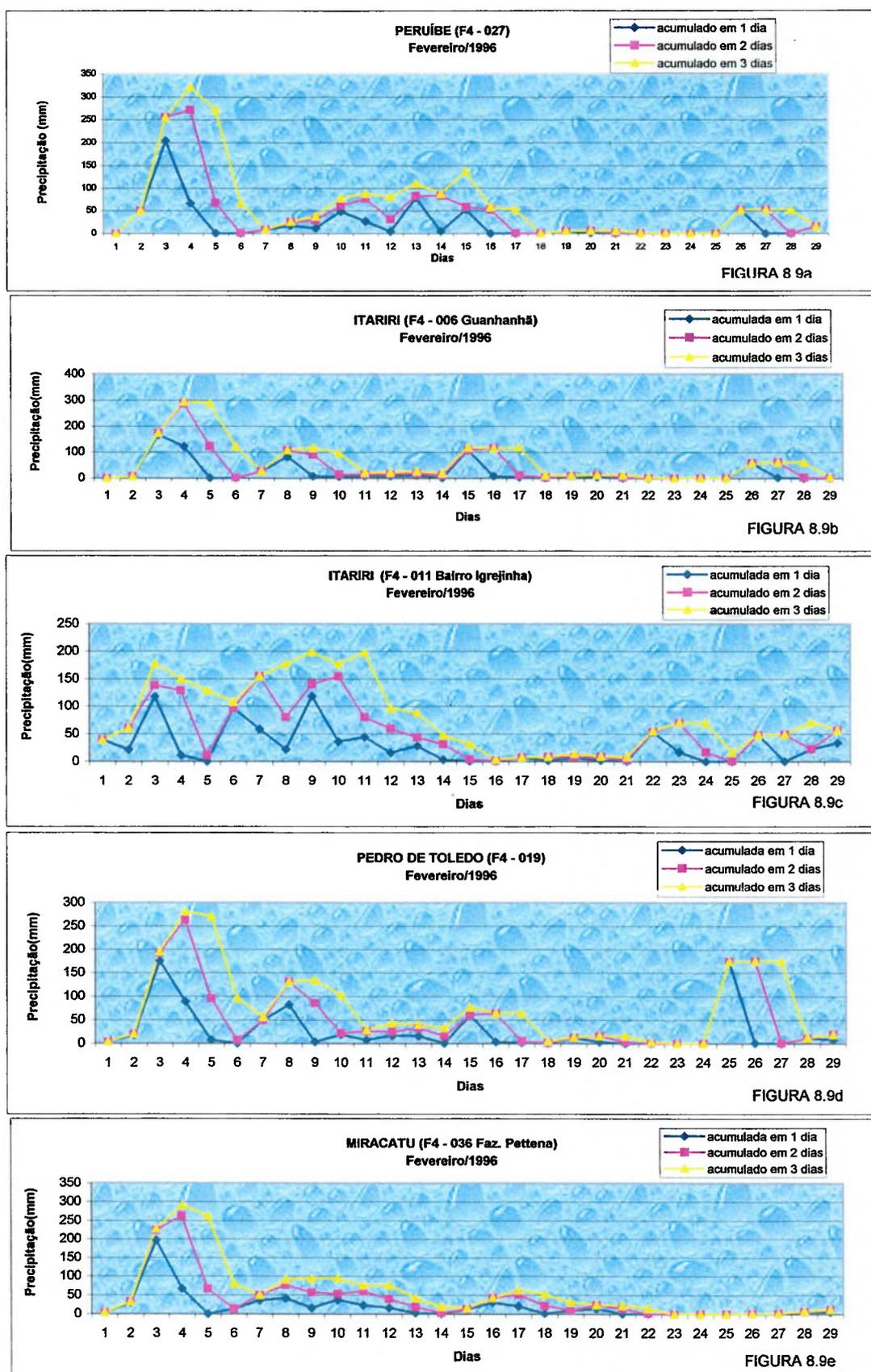


FIGURA 8.9 (a-e) Precipitações pluviométricas acumuladas de 1, 2 e 3 dias no mês de fevereiro de 1996. Fonte : DAEE (2004) elaborado pela Autora (2004).

As datas com registros de eventos e acidentes associados aos escorregamentos (QUADRO 8.5) nos anos analisados indicam de forma preliminar as precipitações diárias de 66mm e acumuladas de dois e três dias da ordem de 100mm como responsáveis pela deflagração dos principais eventos de escorregamentos registrados (os critérios utilizados para chegar a esses valores são descritos no item 8.5.2 - a).

A análise das precipitações de 1993, 1994 e 1996 e uma associação com os eventos/acidentes de escorregamentos ocorridos na SP-55 evidenciam que os terrenos quando são submetidos aos cortes acabam tornando-se muito frágeis e essa fragilidade contribui para que menores precipitações pluviométricas desencadeiem os escorregamentos.

8.3.1.3 Vegetação

Os dados relativos à vegetação local foram obtidos do RAP, elaborado pelo DER/SP; LENC (2001a). Neste relatório foi caracterizada a ocorrência de formações de Floresta Alta de Restinga (Conforme Resolução CONAMA nº 07/96 *apud* DER/SP, LENC, 2001a) do km 344+500 até as proximidades do km 352+000 e as formações de Mata Atlântica de Encosta (Floresta Ombrófila Densa, Decreto Federal nº 750, de 10.02.93) até o final do trecho quando a SP-55 encontra-se com a Rodovia Régis Bittencourt.

Também foram identificados campos antrópicos (correspondendo às formações predominantemente herbáceas, incluindo os pastos) e bananais, como a principal cultura da região. Os dados relativos à vegetação foram analisados e subsidiaram a separação das diferentes classes de uso e ocupação do solo, para posteriormente efetuar a avaliação da magnitude dos danos socioeconômicos quando da ocorrência dos escorregamentos.

8.3.2 Principais tipos de escorregamentos verificados

De acordo com AUGUSTO FILHO (2004), efetuou-se uma reavaliação dos modelos fenomenológicos, através do cruzamento e análise dos dados levantados na fase de investigação. Assim, foi possível definir os condicionantes/atributos para serem utilizados na delimitação das diferentes zonas de suscetibilidade a escorregamentos. A retroanálise de eventos/acidentes serviu como balizador dos diferentes graus de suscetibilidade e para identificação espacial dos mesmos.

Assim ao longo de todo o trecho foram verificadas as situações dos taludes visando buscar subsídios para realização da análise de riscos e para uma avaliação dos passivos ambientais associados a escorregamentos. Os principais tipos de escorregamentos foram diferenciados de acordo com os materiais onde se desenvolvem, características do relevo e atuação antrópica. Os principais processos verificados são descritos a seguir:

1) Rolamento de matacões: evidências deste processo foram verificadas em muitos trechos e nas proximidades do km 353+100 e 354+900 (FOTOS 8.3 e 8.4), caracteristicamente nos morrotes e morros altos sustentados pelos solos de alteração dos migmatitos. Nestas áreas verificou-se blocos rochosos isolados e expostos em superfície que chegam atingir três metros de diâmetro. Este processo ocorre também nas áreas de rochas graníticas.

Os principais mecanismos que possibilitam a movimentação dos matacões relacionam-se às solicitações dinâmicas (vibrações pelo tráfego pesado), à retirada de apoio de sua base pela ação de processos erosivos e pela execução de cortes que causam a exposição dos mesmos. Na SP-55 a movimentação dos matacões está associada aos três mecanismos mencionados.



FOTO 8.3 Rolamento de matacão nas proximidades da pista, km 353+100 LE (Lado esquerdo).



FOTO 8.4 Rolamento de matacão, e matacão imerso no solo de alteração de rocha, km 354+900 LD (Lado direito).

2) Escorregamentos em cortes: ocorrem devido às alterações no estado de tensão atuante no maciço, que inviabilizam a região à montante do mesmo (DER/SP; IPT, 1991). Os taludes de corte são muito abundantes ao longo da rodovia estudada. Assim, a maioria dos escorregamentos traz como condicionante dos processos a alteração da geometria introduzida no perfil natural da encosta pelos cortes e a ação das águas pluviais. De acordo com WOLLE (1988), as alterações geométricas modificam o estado de tensões do solo, provocando o aparecimento de trincas de tração que podem ser preenchidas por água resultando numa diminuição do coeficiente de segurança do talude e ajudando a desencadear os escorregamentos.

O preenchimento destas trincas com a água das chuvas provocam pressões hidrostáticas ao longo de suas paredes, e costumam ser o agente deflagrador do processo. Segundo o Autor, o aumento do grau de saturação provoca a diminuição da coesão aparente e apresenta um papel importante no desencadeamento do processo. Assim, neste caso, as condições mais críticas serão aquelas associadas à chuvas muito intensas que possam provocar o preenchimento das trincas, mesmo que sejam chuvas de curta duração. WOLLE (1988), explica que é por isso que ocorrem escorregamentos nos cortes mesmo fora da estação chuvosa, e associados às chuvas convectivas de curta duração, que não permitem o desenvolvimento dos demais mecanismos. O DER/SP; IPT (1991), apresentaram três situações que podem ocorrer escorregamentos em cortes. Tais situações foram verificadas ao longo da rodovia, a saber:

2.1) Escorregamentos em corte devido à inclinação acentuada: causados pela incompatibilidade das inclinações dos taludes com as resistências dos materiais. Quando estes processos desenvolvem-se em taludes de grandes dimensões geram conseqüências graves, como a interdição parcial ou total da rodovia. Segundo DER/SP; IPT (1991), é comum este processo estar associado a estruturas residuais da rocha e deficiências no sistema de drenagem; na área em questão os processo se desenvolveu associado a tais situações (FOTO 8.5).



FOTO 8.5 Erosão em ravina e escorregamentos estruturados em corte de elevada inclinação e ausência de drenagem superficial, km 353+250 LE.

2.2) Escorregamentos estruturados em cortes: ocorrem tendo como superfície principal de ruptura as descontinuidades do maciço ou do contato solo/rocha, sendo que neste último caso determina uma substancial mudança na permeabilidade e na resistência dos materiais permitindo o desenvolvimento de forças de percolação que levam o talude à ruptura (DER/SP; IPT, 1991).

Esses processos foram verificados ao longo de todo o trecho do embasamento cristalino, sendo mais expressivos nos produtos de alteração das rochas miloníticas/cataclásticas associadas à zona de cisalhamento de Itariri. Observa-se claramente nos taludes de corte o forte condicionamento das estruturas no desencadeamento dos processos (FOTOS 8.6 e 8.7).



FOTO 8.6 Cicatrizes de escorregamentos estruturados em corte. Observam-se blocos que poderão escorregar devido ao seu isolamento pelas famílias de fraturas.

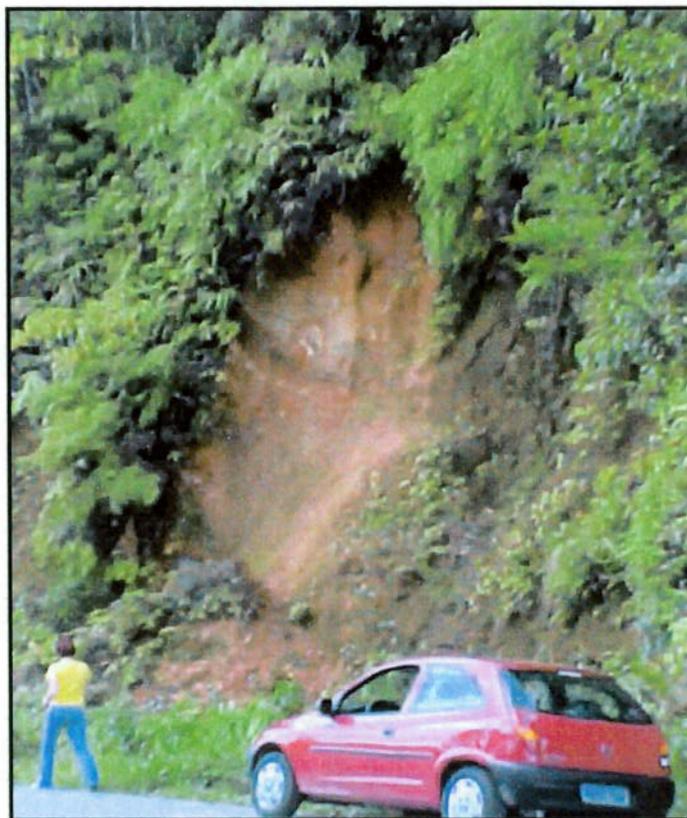


FOTO 8.7 Cicatriz de escorregamento estruturado (em cunha) em solo saprolítico, km 354+600 LD.

Escorregamentos tipo queda, tombamento e em cunha foram verificados em muitos taludes. As movimentações ocorrem a partir da individualização de porções do maciço devido à abertura de fraturas por desconfinamento lateral associados ao empuxo hidrostático e por solicitações dinâmicas através de vibrações do tráfego pesado. Quando das rupturas, a tendência é que os blocos rompidos se amontoem no patamar do corte, ou no seu pé, ou escorreguem atingindo a rodovia.^{8.1}

2.3) Escorregamentos em cortes devido à saturação: ocorrem associados à elevação do lençol freático, ou devido à saturação temporária do solo durante prolongado período de infiltração. Quando cortes interceptam o lençol d'água também podem ocorrer estes processos, quer pelo aumento das pressões neutras, quer pelo efeito da água como redutor da resistência dos materiais envolvidos, ou ainda pela atuação da água nos processos erosivos, provocando uma situação precária no acostamento e na própria pista, quando não são adotadas medidas de drenagem superficial e profunda (DER/SP; IPT, 1991). Escorregamentos planares rasos desenvolvem-se quase sempre nesta situação. Segundo WOLLE *et al.* (2001), a deflagração deste processo resulta da saturação dos solos com a redução das tensões de sucção que lhes conferia a resistência ao cisalhamento necessária à manutenção de sua estabilidade em encostas íngremes. Estes processos também ocorrem condicionados a um fluxo de água ao longo do contato solo/rocha, devido à elevação do nível da água, por ocasião de chuvas intensas e prolongadas. Apresentam sempre espessuras reduzidas da massa rompida e as larguras das cicatrizes são estreitas. De um modo geral os comprimentos das cicatrizes são maiores do que as larguras.

Já a existência de uma interface entre as camadas de diferentes permeabilidades permite a formação de lençóis suspensos, proporcionando a saturação do talude e desencadeando escorregamentos de grandes proporções.

A FOTO 8.8 a seguir ilustra ocorrência de escorregamento no contato solo/rocha no km 367+100 ao 367+200.

^{8.1} Queda de blocos caracterizam-se por movimentos rápidos, em queda livre. As causas básicas são as descontinuidades dos maciços (que proporcionam o isolamento de blocos unitários), a pressão através do acúmulo de água nestas descontinuidades, a penetração e o crescimento de raízes nas mesmas. A ocorrência deste processo é generalizada nos cortes onde as descontinuidades são desfavoráveis à estabilidade. Sua consequência pode ser grave, pois os blocos podem atingir a pista com facilidade.

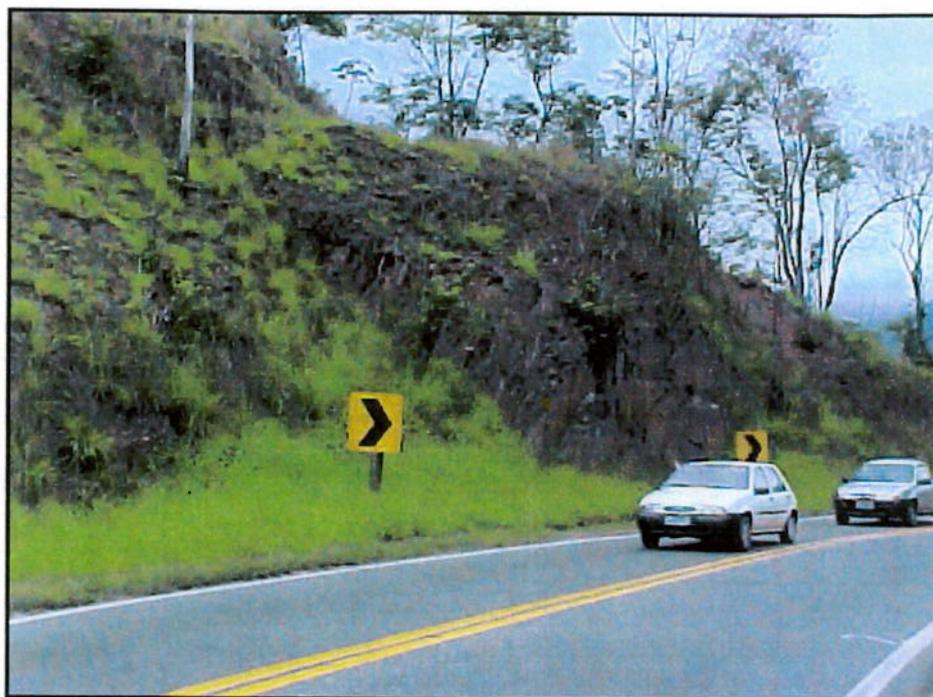


FOTO 8.8 Escorregamento no contato solo/rocha, e de lascas de rocha, km 367+100 ao 367+200 LE.

3) Escorregamentos devido a problemas no corpo do aterro: ocorrem devido à má compactação, ou até mesmo à inexistência desta, uso de materiais inadequados, incompatibilidade da inclinação com a resistência do material e deficiência do sistema de drenagem. Segundo DER/SP; IPT (1991), a execução de aterros com apenas os últimos dois ou três metros bem compactados, é extremamente danosa, sendo responsável por inúmeras rupturas dos taludes de aterros, além de recalque, erosão superficial e interna (“*piping*”). As bordas são as regiões mais afetadas por escorregamentos, onde após ocorrência inicia-se um processo remontante de trincas, que geram ocorrências de maiores proporções. Aterros com ruptura de bordas foram verificados entre os km 380+500 e 381+000.

4) Escorregamentos devido a problemas com o sistema de drenagem e proteção superficial: ocorrem devidos a danos às canaletas, escadas hidráulicas, dimensionamento incorretos e deficiência no sistema de proteção superficial, que levam a infiltrações nos taludes e na própria plataforma, ocasionando saturação e erosão que podem evoluir para escorregamento. Praticamente todos os processos verificados na SP-55 e mencionados anteriormente (escorregamentos planares rasos, queda de blocos etc.) estão associados à deficiência do sistema de drenagem e proteção superficial.

5) Escorregamento e erosão em taludes de corte e aterro de encontro de Obras de Arte Especiais: nos taludes de encontro de Obras de Arte Especiais, geralmente são verificados processos erosivos que acabam evoluindo para escorregamentos que comprometem a estabilidade da obra. Ocorrência como esta foi verificada no talude de encontro da ponte sobre o rio Preto. Na FOTO 8.9 pode-se verificar o talude afetado por processo tipo rastejo e o embarrigamento do mesmo.

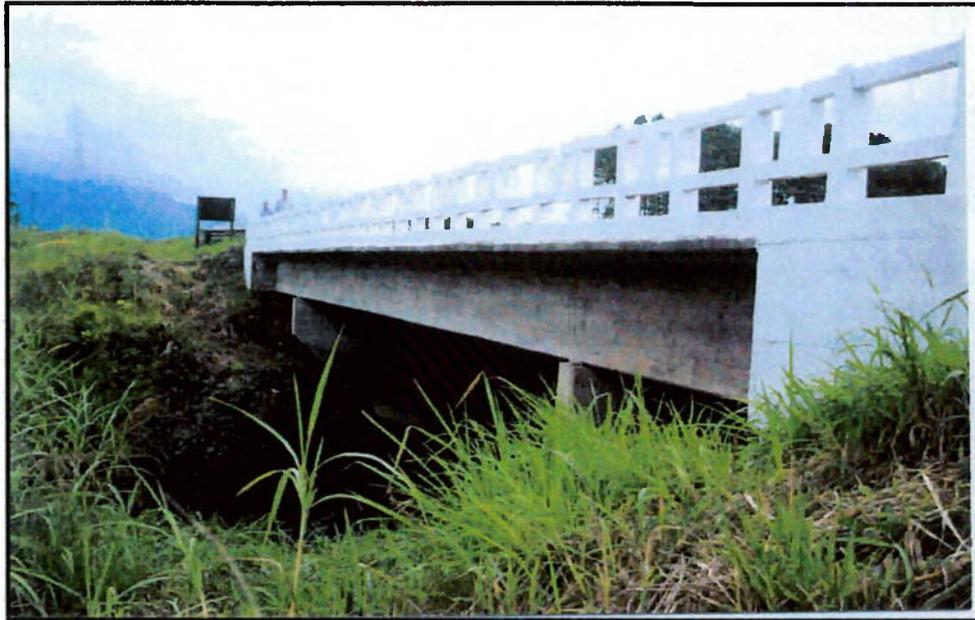


FOTO 8.9 Processo tipo rastejo no talude de encontro da ponte sobre o rio Preto. Observa-se o embarrigamento do talude na parte esquerda da foto, km 349+400.

6) Recalques em aterros: estes processos interferem substancialmente nas pistas das rodovias. Verificam-se abatimentos que são importantes indícios de escorregamento. As causas mais comuns são a baixa capacidade de suporte na fundação, compactação inadequada, deficiência no sistema de drenagem e rompimento de bueiros ou galerias. Exemplo de recalques em aterros foram apresentados no Capítulo 07, QUADRO 7.1.

7) Processos erosivos: estes processos originaram-se devido à execução de cortes que expuseram superfícies mais frágeis dos solos saprolíticos, falta de proteção superficial e à inexistência de sistemas de drenagem, principalmente nas cristas dos taludes. Nas FOTOS 8.10 e 8.11, verifica-se erosão em sulco e ravina formados pelo escoamento de água superficial e inexistência de sistema de drenagem na crista do talude de corte. Este tipo de erosão foi constatado em muitos taludes de corte executados nos solos saprolíticos siltosos ao longo de todo o trecho estudado.

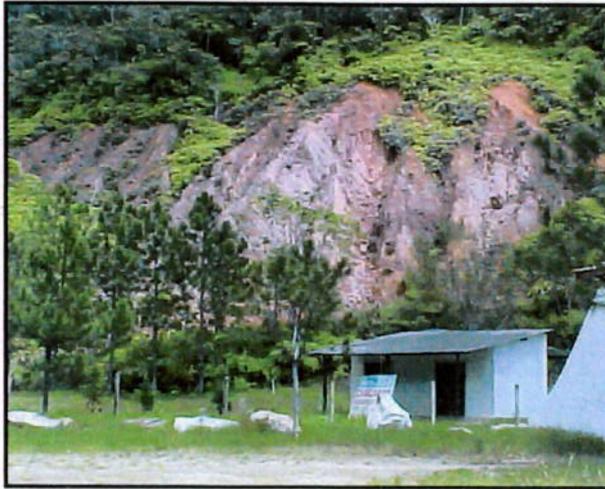


FOTO 8.10 Erosão em ravina acompanhada de escorregamento estruturado, km 353+250 LD.



FOTO 8.11 Erosão em sulco e ravina, km 389+900 LE.

Muitos taludes encontrados ao longo da rodovia caracterizam-se como passivo ambiental devido à atuação de processos erosivos juntamente com os escorregamentos. Estes processos são condicionados, principalmente, pelas discontinuidades presentes nos afloramentos, deflagrados por eventos pluviométricos muito intensos e induzidos por intervenções antrópicas, particularmente, execução de taludes de corte e mudanças na dinâmica das águas.

8.3.3 Zoneamento da suscetibilidade a escorregamentos

Esta etapa compreendeu a delimitação das diferentes zonas quanto ao grau de suscetibilidade a escorregamentos. Foram caracterizados 08 subtrechos através da sobreposição dos mapas geológicos, geomorfológicos e principalmente da carta de declividade (ANEXO D). Estes foram denominados de subtrechos 01, 02, 03, 04, 05, 06, 07 e 08 e são apresentados no QUADRO 8.6 a seguir.

Ressalta-se que a separação em subtrechos de comportamento distintos foi realizada utilizando-se a carta de declividade como mapa temático fundamental. O mapa geológico juntamente com as observações de campo permitiu definir com maior precisão os modelos fenomenológicos dos escorregamentos, constatando-se a predominância de escorregamentos estruturados em solo saprolítico e saprolito.

QUADRO 8.6 Subtrechos definidos através da sobreposição dos mapas geológico, geomorfológico e da carta de declividade

Subtrechos	Unidades litoestratigráficas	Características geológicas e geotécnicas	Intervalos de declividades (%)	Características geométricas da rodovia - traçado	Grau de suscetibilidade
ST1 (km) 344+500 ao km 352+100	- Planície Costeira (sedimentos quaternários); - morros isolados e afloramentos de rochas migmatíticas do Pré-Cambriano, subordinadamente.	- solos arenosos com nível d'água muito raso da Planície Costeira; - terraços marinhos associados aos morros isolados de migmatitos homogêneos com associação de embrechitos e anatexitos e migmatitos heterogêneos isolados; - aluviões em geral; - sedimentos coluviais.	0-15 predominante	RETILÍNEO	BAIXO e Médio
ST2 (km) 352+100 ao km 354+750		- solos arenosos e arenosos-síltico-argilosos com nível d'água muito raso da Planície Costeira; - terraços marinhos associados aos morros isolados de migmatitos heterogêneos.	0-15 predominante, seguido de 15-30	ONDULADO	Baixo a ALTO
ST3 (km) 354+750 ao km 359+000		- *; - migmatitos heterogêneos e piroxênio granulitos, granulitos, charnoquitos e rochas granito-gnaíssicas a hiperstênio, incluindo anfíbolito e serpentinito localmente migmatizado; - migmatitos / gnaisse isolados.	0-15 predominante	RETILÍNEO	Baixo a ALTO
ST4 (km) 359+000 ao km 361+750	- rochas do Pré-Cambriano e rochas cataclásticas do Paleozóico, subordinadamente.	- *; - migmatitos heterogêneos e piroxênio granulitos, granulitos, charnoquitos e rochas granito-gnaíssicas a hiperstênio, incluindo anfíbolito e serpentinito localmente migmatizado; - migmatitos / gnaisse isolados.	15-30 predominante, seguido de 0-15	ONDULADO	Baixo a ALTO
ST5 (km) 361+750 ao 367+000	- rochas do Pré-Cambriano e rochas cataclásticas do Paleozóico, subordinadamente.	- migmatitos heterogêneos e piroxênio granulitos, granulitos, charnoquitos e rochas granito-gnaíssicas a hiperstênio, incluindo anfíbolito e serpentinito localmente migmatizado; - cataclasitos isolados; - erosão em ravina.	0-15 predominante	ONDULADO	BAIXO

CONTINUAÇÃO DO QUADRO 8.6

Subtrechos	Unidades litoestratigráficas	Características geológicas e geotécnicas	Intervalos de declividades (%)	Características geométricas da rodovia - traçado	Grau de suscetibilidade
ST6 (km) 367+000 ao 376+250	- rochas do Pré-Cambriano e rochas cataclásticas do Paleozóico; - sedimentos quaternários subordinadamente	- * - migmatitos heterogêneos isolados; - piroxênio granulitos, granulitos, charnoquitos e rochas granito-gnaíssicas a hiperstênio, incluindo anfibolito e serpentinito localmente migmatizado; - cataclasitos e granodioritos gnaíse isolados; - aluviões em geral isolados; - erosão em ravina.	0-15 predominante, seguido de 15-30	ONDULADO	BAIXO a Alto
ST7 (km) 376+250 ao 384+000	- rochas migmatíticas do Pré-Cambriano e rochas cataclásticas.	- * - migmatitos heterogêneos; - cataclasitos; - erosão por escoamento difuso (laminar).	30-60 predominante, seguido de 15-30	SERRANO	Baixo a ALTO
ST8 (km) 384+000 ao 390+000			15-30 predominante, seguido de 0-15	ONDULADO	BAIXO e Médio
<p>- * associação de afloramentos constituídos por rocha, saprolito, solo de alteração, juntamente com blocos de rocha e matações de dimensões variadas. Os produtos de alteração apresentam alta erodibilidade, estruturas reliquias e resistência ao cisalhamento mediana;</p> <p>- os graus de suscetibilidade predominantes nos subtrechos, foram destacados em negrito e letra maiúscula.</p>					

8.3.4 Zoneamento dos danos sociais e econômicos para a ocupação do entorno da rodovia

Nesta etapa efetuou-se a análise das diferentes formas de uso e ocupação na área, considerando-se os danos socioeconômicos diretos e indiretos decorrentes da deflagração de escorregamentos. Parte dos dados utilizados foi obtida do RAP da SP-55.

Os estudos foram executados na faixa de domínio, e na área de influência direta, numa faixa entre 250 a 500m para cada lado a partir do eixo da rodovia. Assim, verificou-se que o entorno da rodovia está caracterizado por três usos predominantes e distintos: área urbana de Peruíbe; atividades agropastoris; sítios e chácaras de recreio.

Com vistas a facilitar o entendimento desses usos, foram definidos três segmentos através da correlação entre as diferentes formas predominantes de uso e ocupação do solo, que se materializa nas diferenciações socioeconômicas da dinâmica espacial da região, a saber:

a) Segmento "A" - km 344+500 (trevo de Peruíbe) ao km 352+500 (limite do bairro Caraguava): compreende o trecho inicial estudado onde predomina o uso de áreas urbanizadas. Este segmento se estende na planície litorânea, com topografia plana, que era recoberta originalmente por vegetação de Mata Atlântica. As áreas urbanas em processo de consolidação apresentam dois padrões de ocupação distintos:

- áreas de loteamentos com formação de condomínios e construções de padrão médio de ocupação, a maioria com equipamentos de lazer (Bougain Ville, Estância São Marcos, Jardim São Luiz);

- áreas de loteamentos e ocupações de padrão popular, com construções precárias de madeira e alvenaria nas proximidades dos bairros dos Prados e Caraguava, caracterizando-se como áreas de expansão dos núcleos urbanos consolidados.

b) Segmento "B" - km 352+500 (limites do Bairro Caraguava) ao km 376+500 (limite da área urbana de Pedro de Toledo): compreende trecho de área rural, que tem como característica a predominância do cultivo da monocultura de bananas, sítios e chácaras de lazer. Intercalados com os núcleos urbanos, verificam-se áreas recobertas por vegetação arbórea em quase toda a extensão da rodovia.

Este segmento está dentro dos limites do relevo de Morrotes Alongados com Espigões. As cidades de Itariri e Pedro de Toledo, Bairro Raposo Tavares e o Distrito de Ana Dias se localizam no mesmo. Um aspecto que chama muita atenção é a grande quantidade de “quiosques” destinados à venda de frutas, legumes e outros produtos típicos da região. Existem também muitas construções rurais (casas, sede de propriedades, galpões etc.) nas áreas próximas à rodovia e com acessos diretos à mesma. Também se situam os limites da APA de Cananéia-Iguapé–Peruíbe, entre os km 358+000 e o km 363+000.

c) Segmento “C” – km 376+500 (limite da área urbana de Pedro de Toledo) ao km 390+000 (entroncamento com a BR-116): compreende trecho de área rural, com a predominância de pastos e atividade agropastoril em áreas com topografias acentuadas. O condicionamento físico é determinado pelo relevo de Morros, com o predomínio de Mar de Morros e áreas de declividade acentuada.

Ao longo da rodovia existem instalações de propriedades rurais (moradias, sede, galpões etc.). No entanto, não apresenta núcleos urbanos ou bairros rurais. A ocupação é rarefeita, em comparação com os dois segmentos anteriores, com o predomínio de grandes propriedades rurais de gado extensivo e produção de gêneros de subsistências de ciclo temporário (feijão, mandioca, abóbora etc). Neste trecho há extensas áreas recobertas por vegetação arbórea.

Próximo ao km 377+000 encontra-se a área de transição entre o predomínio da monocultura da banana e de pasto. Este marco é definido também pela transição das feições do relevo entre as áreas de topografias de Morrotes para o Mar de Morros. Verifica-se ainda que a estrada de ferro também se distancia do eixo da rodovia.

No QUADRO 8.7 apresenta-se uma síntese do uso e ocupação do solo no entorno da rodovia nos segmentos A, B e C diferenciando as classes e magnitude quanto aos dados socioeconômicos quando da ocorrência de escorregamentos. Ressalta-se que a faixa de domínio, nos três segmentos não está ocupada com construções, residências, comércio ou por equipamentos urbanos, e que nos três segmentos a magnitude quanto aos danos socioeconômicos decorrentes de escorregamentos para a população localizada no entorno da rodovia é baixa.

QUADRO 8.7 Síntese do uso e ocupação do solo no entorno da rodovia nos segmentos A, B e C e caracterização da magnitude quanto aos danos socioeconômicos decorrentes de escorregamentos

Classes de uso e ocupação	Localização (km)	Tipo de ocupação	Vegetação	Magnitude quanto aos danos socioeconômicos
SEGMENTO A				
URBANA	344+500	Bairro dos Prados	Na faixa de domínio a cobertura vegetal apresenta-se intensamente impactada. Verificam-se remanescentes esparsos de restinga/encosta ou encosta em estágio sucessional inicial de regeneração.	BAIXA
		Mineração de saibro		
	348+300	Aterro sanitário de Peruíbe		
	350+500	Escola EMEIF Caraguava, junto à rodovia		
	350+000 ao 352+000	População de baixa renda ocupando barracos de madeira e alvenaria construídos de forma bastante precária		
SEGMENTO B				
URBANA	352+500	Subestação de transmissão de energia elétrica	Na área de influência direta da rodovia a cobertura vegetal apresenta-se intensamente impactada. Verificam-se remanescentes esparsos de restinga/encosta ou encosta em estágio sucessional inicial de regeneração. Substituição das formações florestais de planície litorânea por vegetação de encosta, predomínio de vegetação de transição e restinga/encosta monocultura de banana.	BAIXA
URBANA	356+000	Acesso ao Distrito de Ana Dias		
URBANA / RURAL	358+000 ao 363+000	APA de Cananéia-Iguape-Peruíbe		
	359+600	Pesqueiro Três Irmãos		
RURAL	360+000	Conjunto de sítios próximos à rodovia, onde se verifica um curso d'água, lago e moradias de baixo padrão		
URBANA	363+000	Acesso ao bairro Raposo Tavares		
	366+200	Acesso à área urbana de Itariri		
RURAL	371+000	Posto da polícia militar e balança existente		
URBANA	372+500	Acesso à área urbana de Pedro de Toledo		
RURAL	373+000	Posto do DER de Pedro de Toledo		
URBANA	373+350 ao 375+400	Área urbana de Pedro de Toledo		
SEGMENTO C				
RURAL (agropastoril)	376+500 ao 390+000	Intercalações de propriedades rurais (ocupação rarefeita)	- extensos pastos; - cultura de subsistência; - mata de encosta (vegetação secundária em estágio avançado de regeneração).	BAIXA

8.3.5 Caracterização dos danos econômicos para a rodovia

Para caracterização dos danos econômicos para a rodovia, foi avaliada a suscetibilidade dos materiais e os danos aos componentes da mesma quando da ocorrência dos escorregamentos. Os principais componentes analisados são apresentados a seguir:

- bueiros, caixa de dissipação, canaletas de crista e pé dos taludes: verificou-se a possibilidade de assoreamento e comprometimento das canaletas e caixas de dissipação com material escorregado. Em relação as canaletas de crista, analisou-se a possibilidade de ruptura das mesmas decorrentes dos processos;
- taludes de corte e de aterro: analisou-se o estado de deterioração dos mesmos;
- obras de contenção: cortina atirantada, muros etc. Analisou-se o estado da obra em relação às questões de segurança (possibilidade de ruptura);
- pavimento: ruptura do pavimento decorrente dos processos;
- Obras de Arte Especiais (pontes): ruptura de suas estruturas e dos taludes de encontro decorrentes da ocorrência dos processos;
- sinalização e iluminação: deterioração de placas verticais, ou outros tipos de sinalização, localizadas na faixa de domínio. Quanto à iluminação, analisou-se a possibilidade de comprometimento de postes e torres de alta tensão devido à ocorrência do processo.

Para todos os componentes da rodovia foram verificados qualitativamente os possíveis montantes envolvidos para recuperação, considerando os grupos de intervenções propostos pelo DER/SP (1999), discutidas no Capítulo 04. Assim, foram estabelecidos os critérios para diferenciar a magnitude quanto aos danos econômicos para rodovia (QUADRO 8.8).

QUADRO 8.8 Critérios para caracterizar a magnitude quanto aos danos econômicos para rodovia

DANOS	SUSCETIBILIDADE	SITUAÇÃO/INTERVENÇÕES
Alto	Alta	Exige obras de Conservação de emergência e obras do Grupo III
Médio	Alta e média	Exige obras do Grupo III e do Grupo I
Baixo	Baixa	Exige obras do Grupo I e de Conservação de rotina

Nota: Grupo I= Conservação especial; Grupo III=Restauração e/ou melhoramentos sem alteração de traçado.

No QUADRO 8.9 e na FOTO 8.12 são apresentados exemplos da caracterização dos danos econômicos para a rodovia quando da ocorrência de escorregamentos.

QUADRO 8.9 Exemplos de danos econômicos para a rodovia

LOCALIZAÇÃO (KM)	COMPONENTES DA RODOVIA A SEREM AFETADOS	DANOS	INTERVENÇÕES
353+100	Acostamento	Médio	Obras do Grupo III
353+500 ao 354+000	Acostamento e canaleta do pé do talude	Alto	Obras de conservação de emergência e do Grupo III
354+800	Acostamento	Médio e alto	Obras de conservação de emergência
360+200	Acostamento e canaleta do pé do talude	Alto	Obras de conservação de emergência
360+600 ao 360+800	Acostamento, canaleta do pé do talude e sinalização vertical	Médio e alto	Obras de conservação de emergência e Grupo III
367+100 e 367+200	Acostamento, sinalização vertical	Médio	Obras do Grupo III
368+000	Obra de arte especial	Médio	Conservação de rotina e Grupo I
370+200	Canaleta do pé do talude	Baixo	Grupo I
371+500 ao 371+700	Canaleta do pé do talude e sinalização vertical	Médio	Grupo III
372+300	Acostamento e canaleta do pé do talude	Médio	Grupo III
373+900	Acostamento	Alto	Obras de conservação de emergência e Grupo III
378+900 ao 385+000 (trecho serrano)	Acostamento, canaletas, obras de contenção, sinalização vertical e horizontal	Baixo a alto	Obras de conservação de emergência, do Grupo III, I e conservação de rotina

Nota: Grupo I= Conservação especial; Grupo III=Restauração e/ou melhoramentos sem alteração de traçado

Em todos os exemplos citados além dos danos aos componentes da rodovia existem os danos aos próprios taludes que também fazem parte dos componentes da mesma e os custos envolvidos para recuperação geralmente são elevados.

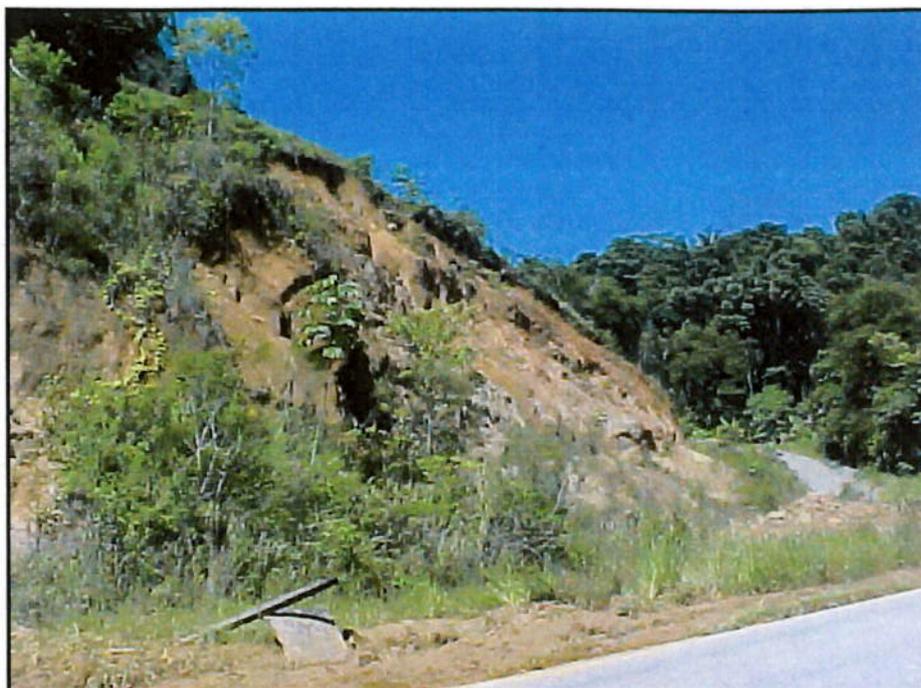


FOTO 8.12 Talude com grandes rupturas, placa de sinalização vertical e acostamento comprometidos por materiais decorrentes de escorregamentos, km 360+100LE.

8.3.6 Caracterização dos danos sociais e econômicos para os usuários da rodovia

Os principais danos sociais e econômicos para os usuários da rodovia, em princípio, estão relacionados àqueles oriundos das interdições, congestionamentos e acidentes associados aos materiais depositados na “zona livre” da rodovia:

- danos decorrentes das interdições: refletem-se pela inserção da rodovia em zonas de maior ou menor adensamento populacional (zonas rurais e urbanas), pelos diferentes níveis de desenvolvimento econômico da região e pela importância da mesma ao sistema de comunicação rodoviário entre o Porto de Santos e a BR-116, ou seja, a Rodovia SP-55, em intersecção com a Rodovia Régis Bittencourt é a alternativa de ligação da região com os municípios do Vale do Ribeira, Região Metropolitana de São Paulo e região Sul do País, garantindo o transporte de cargas (produção agrícola, automóveis etc.) e a acessibilidade à área de lazer e turismo dos municípios da Região Metropolitana de Santos. Assim, perdas de produtos, cargas, combustíveis, tempo de viagem, lazer são danos decorrentes das interdições da rodovia, neste contexto.

Nas travessias de áreas urbanas e núcleos populacionais dos municípios localizados na área de influência da rodovia, são considerados os danos decorrentes das interrupções da circulação existente e da infra-estrutura urbana. No QUADRO 8.10 apresenta-se exemplos de possíveis danos decorrentes da interdição da rodovia.

QUADRO 8.10 Exemplos de danos decorrentes da interdição da rodovia

- 1) Alteração nas relações socioeconômicas, culturais e turísticas causada pela dificuldade de acessos e perda dos mesmos;
- 2) Deslocamento compulsório da população pela necessidade da busca de variantes;
- 3) Perdas comerciais e de negócios (perda de clientes, redução de receitas de pequenas empresas, desemprego etc) causadas pela dificuldade de acessos;
- 4) Pressão sobre os recursos naturais e infra-estrutura social e econômica da região para onde a população se deslocará (área hospedeira);
- 5) Aumento de acessos e barreiras físicas interferindo nas relações sociais e culturais, atividades econômicas e aumentando o risco de acidentes com pedestres e ciclistas;
- 6) Alteração dos sistemas locais de transporte como parada de ônibus, táxis etc;
- 7) Alteração do sistema viário local, tanto urbano como rural devido à ruptura ou dificuldade de acessos e cruzamentos;
- 8) Prejuízos às atividades econômicas vinculadas ao tráfego da via;
- 9) Redução dos laços comunitários e culturais;
- 10) Perda de qualidade de vida (aumento do nível de "stress");
- 11) Ruptura ou redução de acessos às atividades escolares;
- 12) Alteração da paisagem com a inserção de uma nova paisagem esteticamente desagradável;
- 13) Alterações nas propriedades ambientais devido à criação de acessos irregulares;
- 14) Aumento no tempo e custos de viagens.

Os trechos com maiores possibilidades de ocorrerem as interdições da rodovia devido aos escorregamentos localizam-se entre os km 360+000 ao 361+800 e 378+000 ao 385+000 (ANEXO D e E);

- danos decorrentes dos congestionamentos: da mesma forma das interdições, os danos decorrentes dos congestionamentos da rodovia refletem-se na infra-estrutura da população local e regional. Aumento das partículas em suspensão, alteração da qualidade do ar, desconforto dos usuários, perdas de combustíveis, tempo de viagem e lazer são alguns danos que sempre ocorrem devido aos congestionamentos. No QUADRO 8.11 apresenta-se exemplos de possíveis danos decorrentes dos congestionamentos da rodovia.

QUADRO 8.11 Exemplos de danos decorrentes dos congestionamentos

- 1) Danos ao bem estar da população como: fadiga auditiva, redução da capacidade auditiva, perturbação do sono, aumento do nível de "stress";
- 2) Danos às estruturas localizadas junto à rodovia devido às vibrações induzidas pela ressonância das ondas sonoras;
- 3) Danos aos animais silvestres devido aos ruídos, provocando afugentamento da fauna ou inibindo a reprodução de animais;
- 4) Aumento do nível de poluição do ar e ruído;
- 5) Aumento dos riscos de incêndios provocados por pontas de cigarros lançados indevidamente sobre a vegetação seca, e/ou garrafas que funcionam como lentes provocando a combustão;
- 6) Danos aos veículos e às cargas (perdas de cargas);
- 7) Aumento no tempo e custos de viagens;
- 8) Perda de qualidade de vida;
- 9) Alteração na visibilidade devido à fumaça das queimadas;
- 10) Aumento do risco de acidentes devido à falta de visibilidade e redução de velocidade dos veículos;
- 11) Alteração da qualidade do ar através da emissão de gases tóxicos e particulados;
- 12) Potencialização de conflitos com as áreas de proteção ambiental;
- 13) Geração de calor pelos motores dos veículos;
- 14) Elevação nos custos operacionais dos veículos.

Como pode-se constatar no QUADRO 8.11, o aumento do nível de ruído caracteriza-se como um importante dano decorrente dos congestionamentos. O ruído total produzido pelos veículos tem origem em muitas fontes. No QUADRO 8.12, percebe-se que entre os grupos de ruídos os ocasionais estão diretamente relacionados com os congestionamentos, seguidos pelos ruídos de funcionamento dos maquinismos.

QUADRO 8.12 Grupo de ruídos produzidos pelos veículos e suas fontes

GRUPO DE RUÍDOS	FONTES
(1) Funcionamento dos maquinismos	- funcionamento do motor; - entrada de ar e escapamento; - sistema de arrefecimento, ventilação etc.
(2) Ruídos de movimento	- pneus em contato com o pavimento; - atritos das rodas com os eixos; - ruídos da transmissão; - ruídos aerodinâmicos etc.
(3) Ruídos ocasionais	- buzinas; - frenagens; - ruídos da troca de marchas (reduções e acelerações); - cargas soltas; - fechamento de portas etc.

Fonte: DNER (1996).

As emanções das descargas dos veículos também são complexas e alteram a qualidade do ar, através da emissão de gases tóxicos e particulados. Os principais poluentes oriundos de combustão são o monóxido de Carbono (CO); os Hidrocarbonetos (HC); os óxidos de Nitrogênio (NO_x); os óxidos de Enxofre (SO_x); e os materiais particulados (MP).

Da mesma forma das interdições, os trechos com maiores possibilidades de ocorrerem congestionamentos devido aos escorregamentos localizam-se entre os km 360+000 ao 361+800 e 378+000 ao 385+000.

• danos decorrentes da presença de materiais escorregados na “zona livre”: o conceito de zona livre ainda é bastante incipiente no Brasil, e foi introduzido no ano de 2001 visando estabelecer critérios para garantir a segurança na lateral das pistas. A zona livre seria uma área de segurança a partir do bordo da pista, determinada em função do VDM, inclinação do talude (corte e aterro) e a velocidade da via, conforme e FIGURA 8.10 e QUADRO 8.13.

No caso da SP-55, embora o QUADRO 8.13 não contemple taludes com as inclinações constatadas no trecho, observou-se que a zona livre, em princípio nos trechos mais críticos, compreenderia uma distância em torno de 3,5-4,5 metros da borda da pista. Assim, o trecho localizado entre os km 378+000 e 385+000 estaria todo comprometido com taludes de corte que se localizam na referida zona e comprometem a segurança dos usuários da rodovia (FOTO 8.13). No km 353+100 constatou-se a presença de matacão localizado a dois metros do bordo do acostamento que também compromete a segurança dos usuários (FOTO 8.14).



FOTO 8.13 Bloco rochoso comprometendo o acostamento e a zona livre, km 379+500 LD.

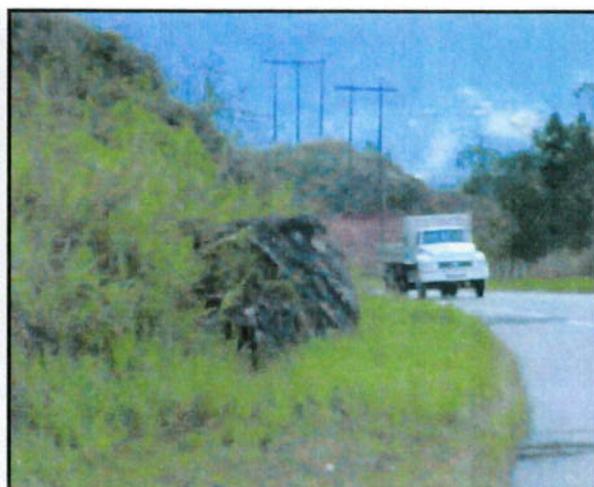


FOTO 8.14 Rolamento de grande matacão que atingiu a zona livre, km 353+100 LE.

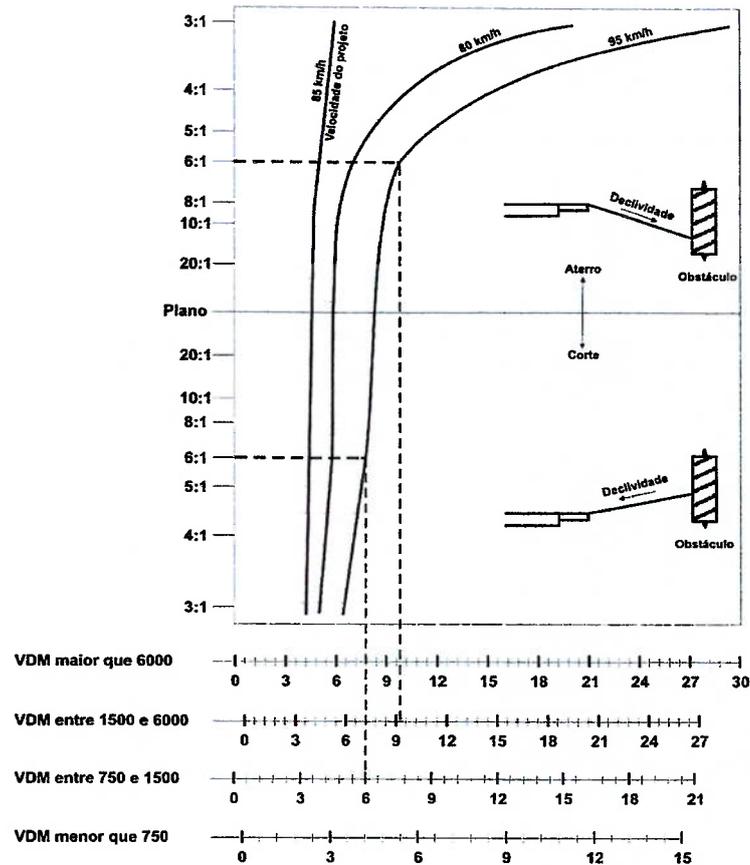


FIGURA 8.10 Determinação da zona livre em função do VDM, inclinação do talude e velocidade da via. Fonte: Alberta State – Highway Geometric Design Guide. Curso Sobre Segurança Rodoviária. Correspondência pessoal (2001).

QUADRO 8.13 Determinação da Zona Livre, em metros, a partir da borda da pista.

Velocidade de projeto	VDM	Inclinação do aterro		Inclinação do corte		
		6:1 ou menos	5:1 a 4:1	4:1 a 3:1	5:1 a 4:1	6:1 ou menos
60 ou menos	Abaixo de 750	2.0-3.0	2.0-3.0	2.0-3.0	2.0-3.0	2.0-3.0
	750-1500	3.0-3.5	3.5-4.5	3.0-3.5	3.0-3.5	3.0-3.5
	1500-6000	3.5-4.5	4.5-5.0	3.5-4.5	3.5-4.5	3.5-4.5
	Acima de 6000	4.5-5.0	4.5-5.0	4.5-5.0	4.5-5.0	4.5-5.0
70-80	Abaixo de 750	3.0-3.5	3.5-4.5	2.5-3.0	2.5-3.0	3.0-3.5
	750-1500	4.5-5.0	5.0-6.0	3.0-3.5	3.5-4.5	4.5-5.0
	1500-6000	5.0-5.5	6.0-8.0	3.5-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5
	Acima de 6000	6.0-6.5	7.5-8.5	4.5-5.0	5.5-6.0	6.0-6.5
90	Abaixo de 750	3.5-4.5	4.5-5.5	2.5-3.0	3.0-3.5	3.0-3.5
	750-1500	5.0-5.5	6.0-7.5	3.0-3.5	4.5-5.0	5.0-5.5
	1500-6000	6.0-6.5	7.5-9.0	4.5-5.0	5.0-5.5	6.0-6.5
	Acima de 6000	6.5-7.5	8.0-10.0	5.0-5.5	6.0-6.5	6.5-7.5
100	Abaixo de 750	5.5-5.5	6.0-7.5	3.0-3.5	3.5-4.5	4.5-5.0
	750-1500	6.0-7.5	8.0-10.0	3.5-4.5	5.0-5.5	6.0-6.5
	1500-6000	8.0-9.0	10.0-12.0	4.5-5.5	5.5-6.5	7.5-8.0
	Acima de 6000	9.0-10.0	11.0-13.5	6.0-6.5	7.5-8.0	8.0-8.5
110	Abaixo de 750	5.5-6.0	6.0-8.0	3.0-3.5	4.5-5.0	4.5-4.9
	750-1500	7.5-8.0	8.5-11.0	3.5-5.0	5.5-6.0	6.0-6.5
	1500-6000	8.5-10.0	10.0-13.0	5.0-6.0	6.5-7.5	8.0-8.5
	Acima de 6000	9.0-10.5	11.0-14.0	6.5-7.5	8.0-9.0	8.5-9.0
120 ou mais	750-1500	8.0-9.0	9.0-12.0	3.5-5.0	6.0-6.5	7.0-7.5
	1500-6000	9.0-10.0	10.0-14.0	5.5-6.5	7.0-8.0	8.0-9.0
	Acima de 6000	10.0-11.0	11.0-15.0	7.0-8.0	8.5-9.5	9.0-10.0

Fonte: Alberta State – Highway Geometric Design Guide. Curso Sobre Segurança Rodoviária. Correspondência pessoal (2001), modificada.

Os prováveis danos decorrentes da presença de materiais localizados e depositados na zona livre estão relacionados à perda de visibilidade dos motoristas levando a riscos de acidentes com vítimas fatais e aumento dos riscos de choques dos veículos com os obstáculos (blocos e matacões), também levando a vítimas fatais; o aumento da umidade da via formando áreas enlameadas e de nuvens de poeira que comprometem a visibilidade e a aderência da pista; aumento de árvores e troncos mobilizados levando à interrupção do tráfego, são outros danos decorrentes dos escorregamentos.

Os trechos com maiores possibilidades de ocorrerem acidentes devido aos materiais depositados ou presentes na zona livre, localizam-se no km 353+100, entre os km 360+000 ao 361+800 e 378+000 ao 385+000.

8.3.7 Análise de riscos

Após a caracterização dos diversos danos mencionados anteriormente, efetuou-se a análise de riscos, de acordo com a classificação de BOLT *et. al* (1975), tomando-se por base a equação $R = P \times C$ (R= risco; P= possibilidade de ocorrência e C= conseqüências), ou seja, a análise de riscos é a ponderação entre as diferentes zonas de suscetibilidades e as conseqüências identificadas (AUGUSTO FILHO, 1994).

Assim, realizou-se uma conjugação entre as zonas de suscetibilidade a escorregamentos, as classes de ocupação (quanto aos danos socioeconômicos), os danos econômicos para a rodovia e para os usuários da mesma.

Durante a análise de riscos, definiu-se a existência de riscos localizados (quando afeta alguns locais específicos da rodovia) e generalizado (quando afeta grandes trechos da rodovia), uma vez que tal definição implica ações de gestão diferenciadas (CUNHA *et al*, 1991; CERRI, 1993; AUGUSTO FILHO, 1994; SILVA, 1997). As diferentes classes de riscos foram agrupadas em risco alto, médio e baixo, a saber:

- risco alto: para os taludes localizados à montante da rodovia seria uma situação de alta suscetibilidade para ocorrerem escorregamentos tendo como conseqüência o atingimento total do acostamento e total ou parcial das pistas com os materiais movimentados; danificação da rodovia; interdição completa ou parcial da mesma; congestionamentos e ainda perigo para os usuários (FOTOS 8.15 e 8.16). Para os taludes localizados à jusante da rodovia teria como conseqüência à ruptura do acostamento e das pistas devido à ocorrência do processo e também a interdição da via, congestionamentos e perigo para os usuários.

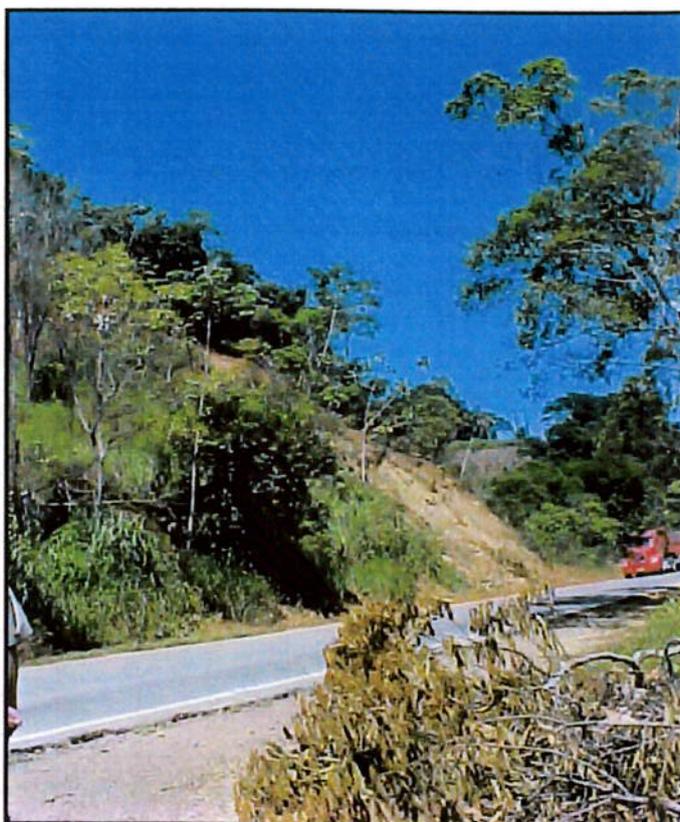


FOTO 8.15 Escorregamento estruturado que atingiu o acostamento e parte das pistas em fevereiro de 2003, levando à interdição da rodovia. Local em situação de risco alto. Observar a proximidade da pista, km 360+200 LE.

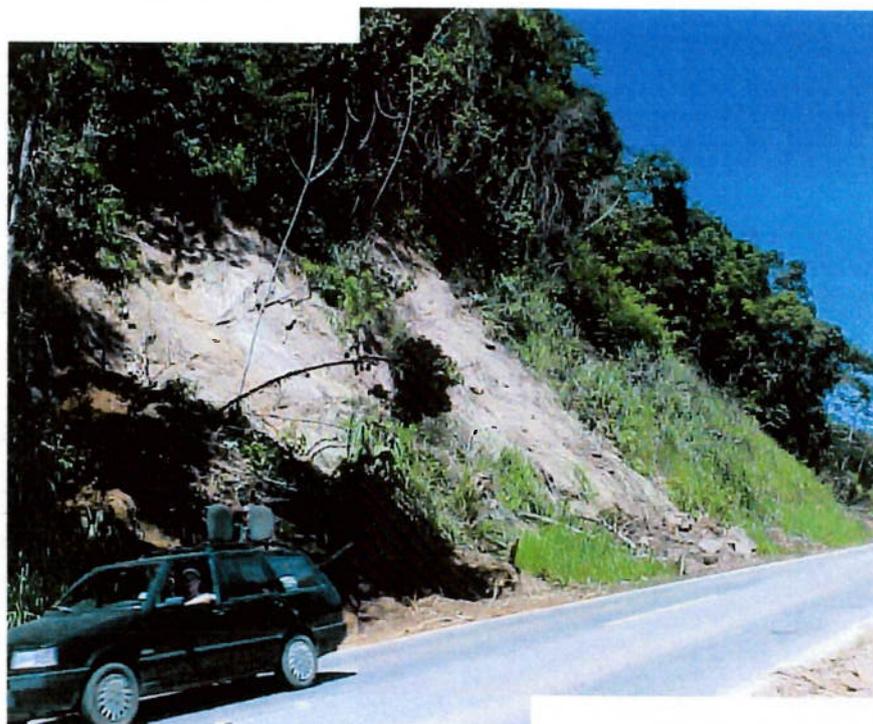


FOTO 8.16 Outro exemplo de escorregamento estruturado que atingiu o acostamento e parte das pistas em fevereiro de 2003. Local em situação de risco alto. Observar a proximidade da pista e blocos regulares no pé do talude, km 360+800 LE.

Entre os km 378+000 e 385+000 concentra-se o maior número de situações de risco alto e este trecho foi caracterizado como o trecho que apresenta risco generalizado. Situações de risco alto também foram identificadas fora do trecho de risco generalizado;

- risco médio: são situações nas quais existe potencial para ocorrerem escorregamentos, mas as conseqüências não chegam a gerar grandes desconfortos aos administradores da rodovia e nem aos usuários. Poderia citar como exemplos de conseqüências o atingimento do material mobilizado no acostamento, borda da pista e canaletas de drenagens. Seriam trechos próximos da área de alta suscetibilidade o suficiente para em caso de movimentação que comprometesse os taludes e a rodovia, pudessem vir a ser considerados de risco alto. Risco médio foi atribuído como um estado de alerta;

- risco baixo: setores com baixos graus de riscos foram definidos como àqueles onde a possibilidade de ocorrência de escorregamentos existe, mas os danos também são baixos, e mesmo se ocorrerem escorregamentos nos setores vizinhos, estes serão pouco afetados e as conseqüências são insignificantes.

Quanto ao raio de alcance, considerou que o material movimentado atinge uma distância correspondente a uma altura e meia do talude, conforme FUKUOKA (1980). Assim, trechos localizados dentro dessa faixa foram classificados como de risco alto. A partir dessa faixa estariam trechos em risco médio até o limite com a área de baixo risco. Os riscos identificados foram representados cartograficamente para verificação espacial.

8.4 Fase de síntese

Esta fase compreendeu a representação cartográfica das áreas de riscos, caracterização e classificação dos passivos ambientais. Compreendeu também a definição das ações de gestão dos mesmos.

8.4.1 Representação cartográfica das áreas de riscos

A Carta de Riscos de Escorregamentos foi elaborada na escala 1:10.000 a partir da delimitação das diferentes áreas de riscos, acompanhada de legenda explicativa que sintetiza os tipos de escorregamentos predominantes, as características geológicas-geotécnicas e as recomendações para gestão dos passivos ambientais associados a escorregamentos (ANEXO E). Para definição da escala de apresentação apoiou-se nos fundamentos dos trabalhos analisados e apresentados no Capítulo 06.

Ao definir a escala para apresentação da carta de riscos de escorregamentos, verificou-se a mesma daria subsídios para hierarquização dos passivos ambientais, prevenção contra novas ocorrências e ainda subsídio durante a realização dos projetos de recuperação e implantação das obras. Verificou-se que a escala 1:10.000 caracteriza-se como uma escala de detalhe e a carta de riscos poderá ser aplicada para projetos, dirigida ao planejamento do uso do solo e normalização de construções, ou seja, gestão ambiental da rodovia.

Embora a carta de riscos tenha sido elaborada na escala 1:10.000 para todo o trecho estudado, resultando em sete pranchas em formato A1, para facilitar o encarte no volume da Tese optou-se por apresentar os trechos mais críticos (ANEXO E). Quadros com exemplos das situações de riscos ao longo de toda a rodovia, hierarquização dos passivos ambientais e recomendações para gestão dos mesmos, também são apresentados no ANEXO E.

A faixa estudada, 250 metros a partir do eixo da rodovia, foi definida a partir de observações de campo e para estabelecer uma forma adequada de representação.

8.4.2 Discussão da Carta de Riscos de Escorregamentos

A partir da Carta de Riscos de Escorregamentos realizou-se uma organização dos dados compreendendo: estimativa do número de áreas e situação das mesmas, localização por folha 1:10.000 e separação entre risco pontual e setorizado. A separação entre risco pontual e setorizado permitiu estabelecer os trechos ao longo da rodovia que deverão receber ações corretivas e/ou de planejamento. A Carta de Riscos de Escorregamentos foi utilizada como documento fundamental para priorização dos passivos ambientais a serem recuperados, supervisionados, monitorados e definição dos grupos de intervenções. No QUADRO 8.14, apresenta-se uma síntese dos resultados obtidos.

QUADRO 8.14 Síntese dos resultados obtidos da carta de riscos de escorregamentos

Nº total de áreas de riscos cadastradas	Graus de riscos			Declividade predominante			Tipologia dos processos
	Alto	Médio	Baixo	Alto	Médio	Baixo	
124	36	34	60	30-60 > 60%	15-30%	0-15%	Principalmente escorregamentos estruturados em solo de alteração de rocha

Através do QUADRO 8.14 e da carta de riscos (ANEXO E) pode-se constatar a seguinte situação:

- 36 áreas estão em situação de risco alto;
- entre as áreas de riscos a maioria corresponde a escorregamentos estruturados nos cortes;
- as situações de risco alto encontram-se entre os km 353+100 ao 353+400; 354+500 ao 354+850; 355+900; 359+650 ao 361+200; 361+700 ao 361+800; 373+750 ao 374+150; 376+500 ao 376+700; 377+800 ao 383+380 (ANEXO E);
- ao longo de todo o trecho, são verificadas áreas de risco médio intercaladas ou não às áreas de risco alto e baixo. Nota-se uma predominância de áreas de risco médio associadas a declividades entre 15 e 30% (ANEXO D e E);
- a maioria das situações de risco alto ocorre em terrenos com declividades entre 30 e 60% e superior a 60%, as situações de riscos restantes encontram-se distribuídas em declividades menores, entre 0-15% e 15-30% (ANEXO D e E);
- quanto à tipologia dos movimentos gravitacionais de massa, predominam áreas de riscos sobre migmatitos, onde são verificados e esperados os escorregamentos planares rasos, estruturados e rolamento de blocos; e áreas de riscos em terrenos sobre xistos e rochas cataclásticas onde ocorrem escorregamentos planares rasos, estruturados, podendo também ocorrer quedas de blocos.
- considera-se como período mais crítico para a ocorrência de acidentes os meses de outubro a março, embora outras ocorrências foram cadastradas no mês de junho 2001.

O cenário identificado mostra um grande número de áreas de riscos, variabilidade de processos que geraram acidentes, diversidade de relevo, geologia e precipitações pluviométricas elevadas e, ainda a falta de manutenção. Todos estes dados justificam a gestão das situações de riscos associadas a escorregamentos no âmbito de um programa de gestão de passivos ambientais associados a estes processos.

8.4.3 Caracterização dos passivos ambientais associados a escorregamentos

A caracterização dos passivos ambientais foi muito facilitada através da carta de riscos, tendo sido constatada a seguinte situação:

- que os tipos de passivos ambientais predominantes no trecho estão associados às ocorrências de escorregamentos estruturados em solo saprolítico e saprolito. Essas ocorrências estão relacionadas com os condicionantes geológicos e geotécnicos da área, ausência e/ou deficiência dos sistemas de drenagem superficial e revestimento vegetal das superfícies dos cortes. Tal constatação não é comum apenas ao trecho estudo, outros trabalhos e Autores (VICENTINI, 1999; ROMANINI, 2000; DER/SP; BID, 2001; ARTESP; CONSÓRCIO RODOVIÁRIO, 2003), constataram a mesma situação em outras rodovias brasileiras;
- dos 124 pontos cadastrados, 36 deverão ser recuperados imediatamente e justificam a implementação de um Programa de Gestão de Passivos Ambientais associados a escorregamentos;
- 60 pontos, embora se caracterizem como passivos ambientais encontram-se em situação de risco baixo, portanto, a recuperação dos mesmos adquirem uma prioridade também baixa e poderão a médio prazo, serem recuperados através de obras do Grupo I (Conservação Especial) e em alguns casos obras de conservação de rotina. Desta análise pode-se verificar a deficiência no sistema de manutenção da via;
- existem 34 pontos que estão numa situação intermediária, ou seja, encontram-se em situação de risco médio, logo a prioridade de recuperação também é média e deverão ser recuperados através de obras que fazem parte do Grupo I (Conservação especial) e Grupo III (Restauração e/ou melhoramentos sem alteração de traçado). No entanto, pontos de riscos médios poderão se tornar de risco alto a depender das intervenções antrópicas aliadas às características pluviométricas, logo a prioridade de recuperação também poderá ser alterada.

8.4.4 Classificação dos Passivos Ambientais associados a escorregamentos

Os passivos ambientais foram classificados considerando as proposições do DER/SP; BID (2001), agregando mais um grupo dentro da segunda categoria (ocorrências geradas por terceiros dentro da faixa de domínio). Assim, constatou-se a seguinte situação:

- a maioria dos passivos ambientais faz parte da Primeira Categoria e do Grupo I, que corresponde à ocorrências internas à faixa de domínio decorrentes da construção e operação da rodovia e que refletem deficiências de projeto, implantação e de conservação da mesma. Os passivos associados a escorregamentos estão relacionados grandemente aos cortes em solo de alteração de rocha realizados para implantação da rodovia (FOTO 8.17);

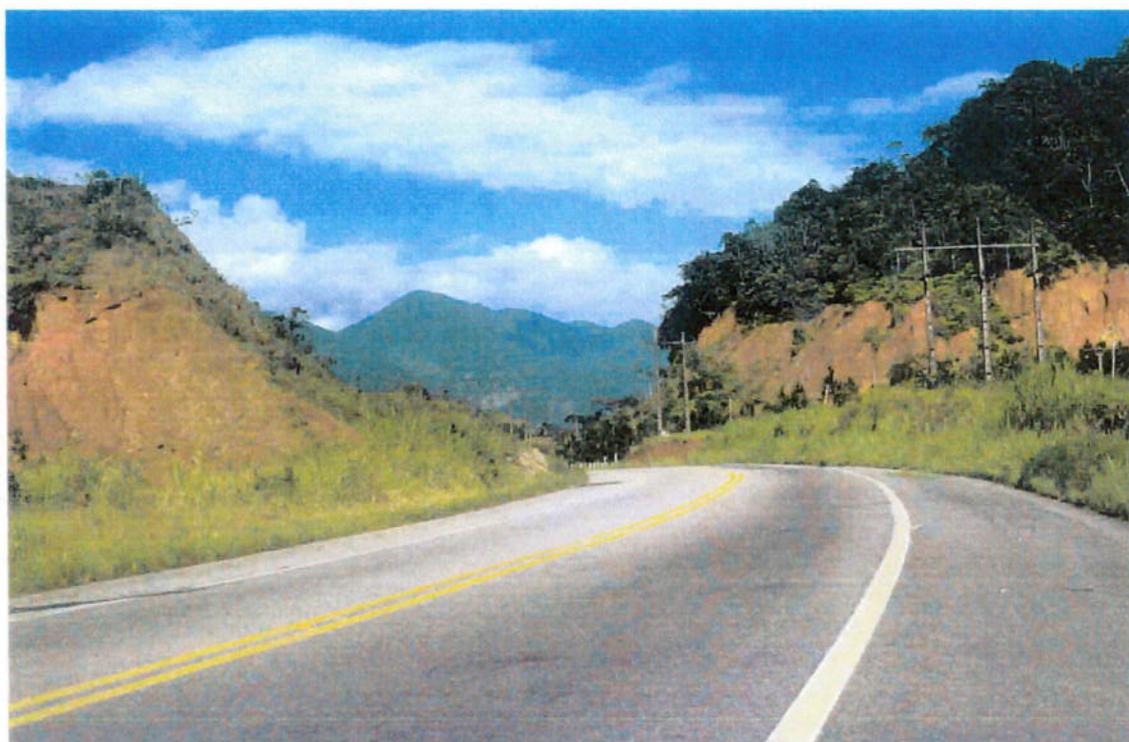


FOTO 8.17 Exemplo de passivo ambiental localizado na faixa de domínio pertencente à 1ª Categoria e Grupo I do DER/SP; BID (2001), km 353+100 ao 353+400.

- dentro da segunda categoria do DER/SP; BID (2001), agregou-se mais um grupo de passivos, que são as ocorrências geradas por terceiros dentro da faixa de domínio. Dentro deste grupo, estão as intervenções nos cortes para a retirada de materiais para empréstimos (FOTO 8.18).



FOTO 8.18 Exemplo de passivo ambiental localizado na faixa de domínio e decorrente da ação de terceiros para retirada de material de empréstimo, km 354+800 LE.

8.4.5 Gestão dos Passivos Ambientais associados a escorregamentos

A gestão dos passivos ambientais passa pela análise dos processos do meio físico, que põem em risco o corpo estradal, a segurança do usuário e da ocupação do entorno da rodovia. Corresponde a uma avaliação da gravidade do passivo ambiental para estabelecer prioridades.

Frente ao quadro anteriormente apresentado e objetivando a discussão da gestão dos passivos ambientais associados a escorregamentos, realizou-se a separação dos mesmos em quatro grupos, orientando-se no trabalho de SILVA (1997):

- passivos ambientais com inúmeras situações de risco alto instaladas (risco generalizado) que precisam de recuperação imediata;
- passivos ambientais com situações de riscos alto e médio localizados com a possibilidade de serem minimizadas pela realização de obras de estabilização e drenagem;

- passivos ambientais com riscos já minimizados pela realização de obras, mas que necessitam de recuperação, manutenção e supervisão, pois as obras encontram-se em situação precária e/ou localizam-se em terrenos de alta suscetibilidade aos processos;
- passivos ambientais com riscos baixos, que deverão ser supervisionados e futuramente recuperados.

Ressalta-se que independentemente da ação de gestão a ser adotada todos os pontos deverão ser supervisionados no âmbito de um PPE. Mesmo os locais onde serão implantadas obras as mesmas deverão ser supervisionadas, pois trata-se de uma região que apresenta alta suscetibilidade à ocorrência dos escorregamentos. Na FIGURA 8.11(a-b) verifica-se a distribuição dos passivos ambientais ao longo da rodovia e os riscos associados aos mesmos.

8.4.5.1 Hierarquização dos passivos ambientais a serem recuperados

A hierarquia e prioridade de recuperação de cada ponto são função do grau de risco associado ao mesmo, conforme discutido anteriormente e apresentado no ANEXO E. Assim, foi possível propor diferentes ações de gestão e intervenções, que são apresentadas no QUADRO 8.15.

Destaca-se que na definição das ações de gestão e das intervenções, considerou-se a necessidade de gestão dos recursos disponíveis para realização das intervenções e a forma como a questão de recuperação dos passivos ambientais tem sido tratada no âmbito do PRR/SP e do Programa de Concessões. Este critério visa dirigir os recursos para a execução de um número de obras que represente o maior ganho ambiental em toda rodovia.

QUADRO 8.15 Proposta de gestão para os passivos ambientais associados a escorregamentos na SP-55

Nº total de pontos cadastrados	Nº de pontos/risco	Gráus de riscos e prioridade de recuperação	Grupos de intervenções	Outras ações de gestão
124	36	Alto (a)	Conservação de emergência e Grupo III	Todos os pontos deverão de supervisionados especialmente no período chuvoso no âmbito de um PPE
	34	Médio (a)	Grupo I e III	
	60	Baixo (a)	Conservação de rotina e Grupo I	
<i>Nota: Grupo I = Conservação especial; Grupo III = Restauração e/ou melhoramentos sem alteração de traçado.</i>				

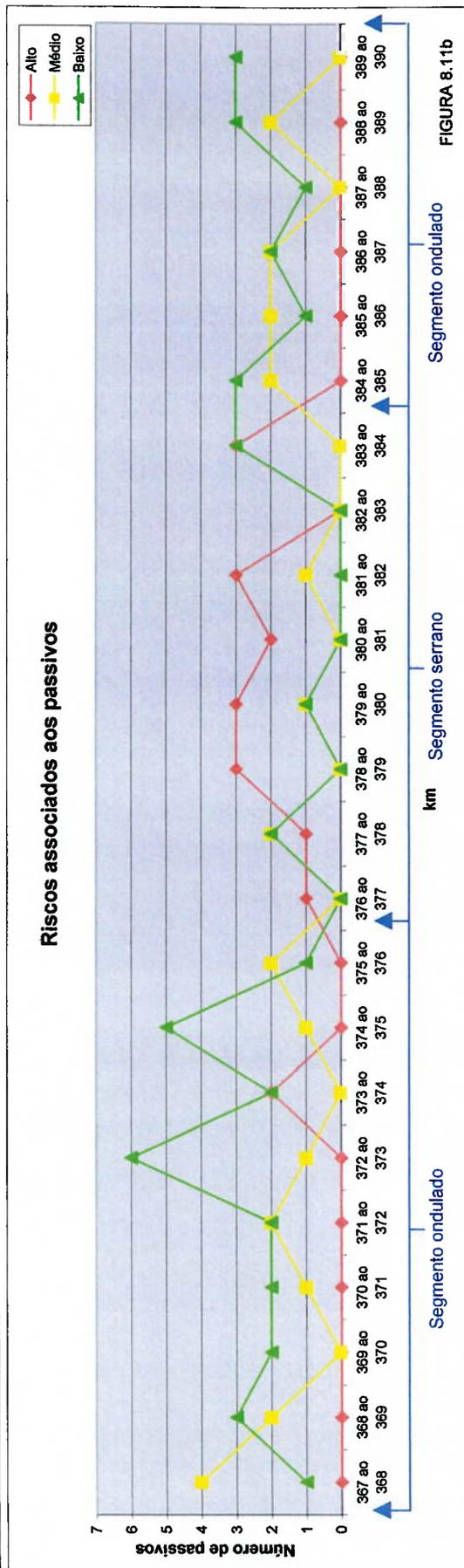
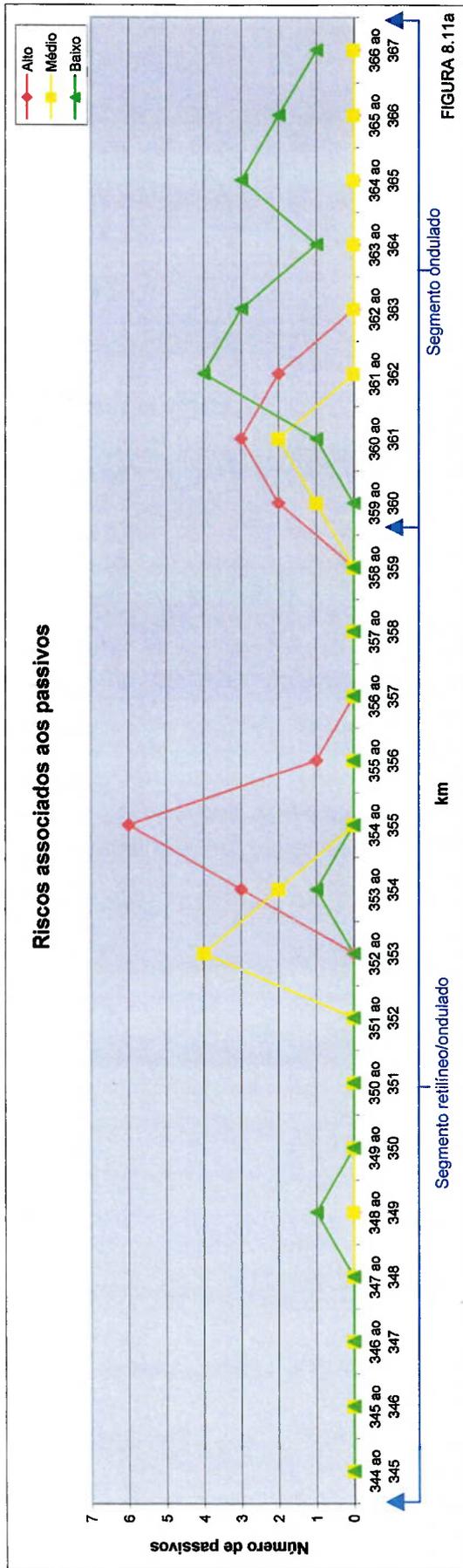


FIGURA 8.11 (a e b) Distribuição dos passivos ambientais e os riscos associados aos mesmos ao longo da rodovia.

No QUADRO 8.15, verificou-se o número total de pontos cadastrados, tipos de ocorrências, número de casos críticos avaliados e gravidade das ocorrências, segundo graus de riscos geológicos. Ressalta-se que as características dos passivos ambientais e as soluções propostas nos respectivos grupos do DER/SP (1999), poderão ser classificadas em diferentes categorias, como ocorreu no âmbito do PRR/SP no ano 2001, onde, as soluções propostas para recuperação dos passivos ambientais foram classificadas em três categorias:

- *“soluções de engenharia:* abrangem todos os requisitos de um projeto rodoviário (drenagem, estabilização de taludes, revestimento vegetal, ajustes de traçados, implantação de passarelas etc);
- *soluções ambientais:* recomposição de vegetação em APP; recuperação de áreas de apoio, retirada de depósitos de lixo da faixa de domínio, remoção e/ou reassentamento de população de baixa renda etc;
- *soluções administrativas:* ações de fiscalização para readequação da ocupação da faixa, para evitar deposição de lixo e entulho na faixa, retirada de materiais de empréstimos etc”.

Logo, a grande maioria de obras para recuperação dos passivos ambientais associados a escorregamentos na SP-55 seria enquadrada como soluções de engenharia.

8.4.5.2 Passivos ambientais a serem supervisionados e monitorados

Os diferentes graus de riscos identificados, os passivos definidos, bem como os grupos de intervenções correspondem aos observados durante a elaboração desta Tese. Ressalta-se que esta situação poderá ser alterada a depender das características das chuvas, ação antrópica e ações de gestão do DER. Poderão ocorrer as seguintes situações:

- áreas de risco baixo podem se transformar em risco médio e, portanto, a prioridade de recuperação e os tipos de intervenções também poderão mudar;
- áreas de risco médio e alto podem se transformar em áreas de risco baixo ou ausente através da execução de obras de contenção.

Assim, não estando no escopo deste trabalho definir quais serão as ações adotadas pelo DER, ressalta-se que todas as áreas cadastradas deverão ser supervisionadas, especialmente no período chuvoso.

As áreas caracterizadas como de risco alto, caso não possam ser recuperadas imediatamente deverão ser acompanhadas através de um programa de supervisão e monitoramento. Os pontos cadastrados que necessitam deste tipo de gestão se localizam especialmente no trecho serrano (km 378+000 ao 385+000) e estão apresentados no ANEXO E.

8.4.5.3 Passivos ambientais com obras de estabilização e drenagem implantadas que deverão ser supervisionados e monitorados

Através da pesquisa realizada, constatou-se que tem sido freqüente o insucesso de inúmeras obras de estabilização por deficiência nos projetos, execução e falta de manutenção. Verificou-se muitos taludes e obras de estabilização rompidos ou obras inutilizadas.

Conforme DER/SP; IPT (1991), as obras de estabilização de taludes necessitam de manutenção periódica devido às suas particularidades de funcionamento e desempenho. As obras auxiliares ou complementares são as que mais necessitam de manutenção, pois qualquer falha, mau funcionamento ou colapso pode afetar as demais obras de estabilização. Os grandes problemas de instabilizações de taludes evoluem a partir de pequenos problemas facilmente tratáveis no seu início através de obras simples ou cuidados usuais de manutenção.

De acordo com LUZ; PIMENTA (1998), as obras de recuperação de taludes “são projetadas visando não à segurança absoluta, mas sim, com um nível de segurança variável para cada local da via, obtendo-se um nível de segurança ponderado para a via como um todo”. De acordo com os Autores, nota-se que a segurança é variável ao longo do tempo.

Durante os trabalhos de campo visitou-se quatro áreas na SP-55, que foram contempladas com a realização de obras (FOTOS 8.19 à 8.22). As obras realizadas conseguiram minimizar os riscos existentes e colaboraram para segurança da rodovia e dos usuários. No entanto, diversos fatores (deficiência de manutenção, fortes chuvas etc.) contribuíram para que a obra localizada no km 379+500 permanecesse em situação de risco.

Trata-se de uma cortina atirantada “provisória” construída no ano de 2001, na pista esquerda. Nota-se que a obra está em situação precária, com escorregamentos que estão movimentando material coluvionar e vegetação (FOTO 8.21).

Verificam-se ainda blocos rochosos instáveis na pista direita, foliação bem marcada e famílias de fraturas. Neste mesmo local nota-se que ocorreu abatimento de aproximadamente um metro da pista e a mesma ficou desativada até os dias atuais (FOTO 8.23). Em virtude desta desativação verifica-se congestionamento, inclusive de veículos pesados, que colocam em risco os usuários da rodovia (FOTO 8.24).



FOTO 8.19 Obra de contenção tipo concreto projetado, km 379+500 LD.



FOTO 8.20 Obra de contenção com canaletas, drenos horizontais profundos e barbacãs, km 379+000 LE.

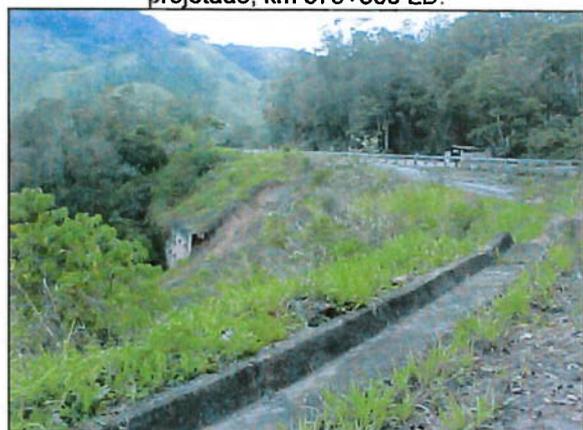


FOTO 8.21 Cortina atirantada provisória em situação precária, km 379+500 LE.



FOTO 8.22 Cortina atirantada.



FOTO 8.23 Pista desativada devido à ocorrência de escorregamentos, km 379+500 LE.

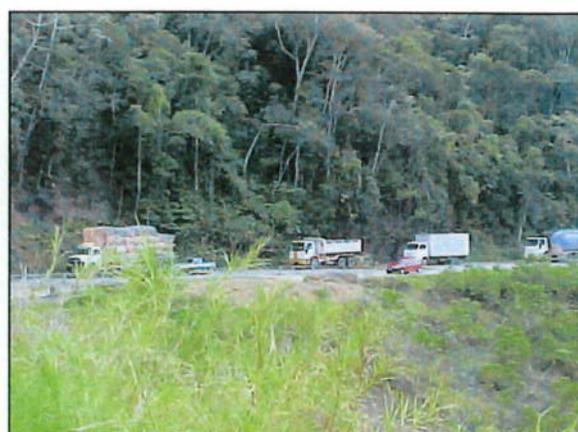


FOTO 8.24 Tráfego intenso na serra devido à desativação de uma das pistas, km 379+500 LE.

A deficiência de manutenção pode contribuir para o surgimento de novas situações de riscos e levar ao comprometimento das obras realizadas. Problemas desta natureza são cada vez mais freqüentes em rodovias que priorizam a adoção apenas de medidas estruturais para redução de riscos.

No ANEXO E são apresentados trechos que deverão ser supervisionados e monitorados. Ressalta-se que os locais mais críticos estão entre os km 378+000 ao 385+000.

8.4.5.4 Passivos ambientais com outras obras civis que deverão ser recuperados e supervisionados

Durante o cadastramento dos passivos ambientais, constatou-se a existência de linhas de alta tensão, postes e obras de sinalização que já foram e poderão ser danificadas com a evolução dos processos (FOTOS 8.25 e 8.26).

Desta forma, a presença de postes e linha de transmissão localizadas em taludes que apresentam alta suscetibilidade à ocorrência de escorregamentos caracterizou-se como uma situação crítica no trecho, e a estes locais foi atribuída uma ordem maior de prioridade para recuperação e ainda a gestão através da supervisão ambiental, buscando, assim, evitar falhas no sistema que podem levar às interrupções nas transmissões e comprometimento da rodovia, caso o talude entre em ruptura e estas estruturas atinjam as pistas.

No ANEXO E são apresentados locais que deverão ser supervisionados. Ressalta-se que os locais mais críticos estão entre os km 353+400 ao 354+850 e km 378+000 ao 385+000.



FOTO 8.25 Linha de alta tensão que poderá ser danificada com a evolução dos processos. Verifica-se grande ruptura na parte central da foto, km 353+500 LE.

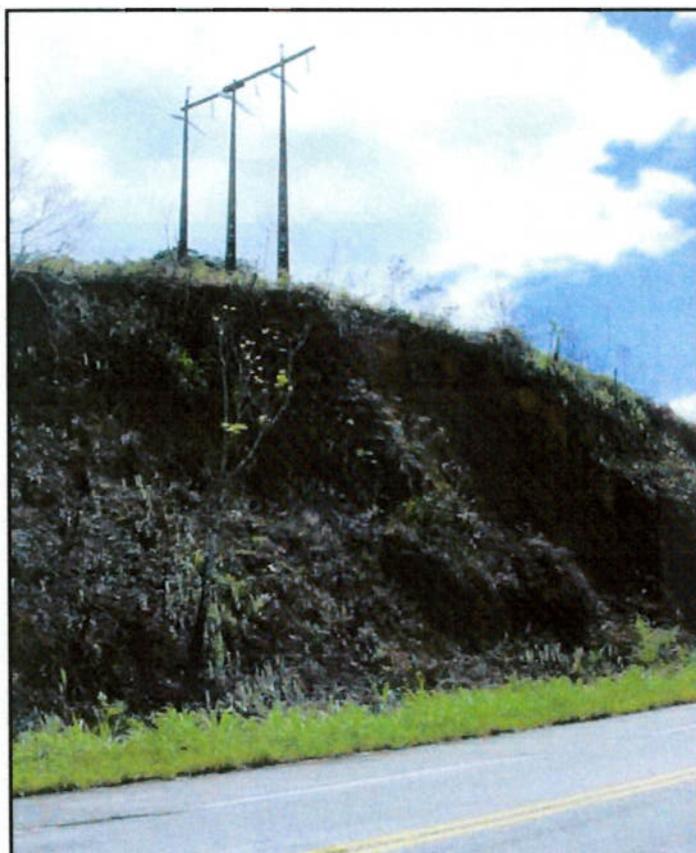


FOTO 8.26 Postes localizados no topo do talude que se encontra em situação de risco alto associado a escorregamento estruturado, km 353+600LD.

8.4.5.5 Gestão de passivos ambientais através da implementação de um Plano Preventivo e de um Plano de Atendimento Emergencial de Escorregamentos

Entende-se como principais condicionantes para este tipo de gestão o grande número de situações de riscos de escorregamentos existentes (CUNHA, *et al*, 1991; SILVA, 1997) principalmente, entre os km 378+000 e 385+000, que podem ser classificados como risco generalizado, a grande suscetibilidade dos materiais; declividades superiores a 60% aliada ao modelo de infra-estrutura e manutenção.

Existem também outras questões complexas tais como: restrições financeiras, legais e a possível ampliação do quadro de riscos. Assim, uma solução que passe diretamente para a implantação de obras de estabilização e drenagem, visando à minimização dos riscos, pode ser inviabilizada, por exemplo, pela questão da disponibilidade de recursos. Este quadro qualificaria este trecho como trecho para gestão das situações de riscos através um de PPE (SILVA, 1997) e um PAEE. Os critérios técnicos para elaboração, implantação e operação destes Planos são discutidos de forma preliminar nos itens a seguir.

8.5 Discussão preliminar para implementação de um PPE e um PAEE

A partir dos aspectos anteriormente apresentados, são discutidas neste item, de modo preliminar, as etapas e as atividades envolvidas na possível implementação de um PPE e um PAEE. Esta discussão é fundamentada nos Planos Preventivos para Escorregamentos (CERRI, 1993; DECRETO nº 42.565 – SÃO PAULO, 1997), nas atividades para prevenção de desastres naturais da *UNDRO* (1991) e nos fundamentos da Resolução SMA 81/1998.

8.5.1 Plano Preventivo e Plano de Atendimento Emergencial de Escorregamentos

Como já mencionado no Capítulo 06, a elaboração de planos preventivos para escorregamentos requer o desenvolvimento de uma série de atividades, iniciadas pela identificação, análise e representação cartográfica dos riscos associados a escorregamentos (CERRI, 1993).

Na Resolução SMA 81/98 existe um roteiro para elaboração de Plano de Atendimento de Cargas Perigosas. A CEDEC (2001), apresentou um guia para elaboração de planos de contingência que contempla, entre outros aspectos, medidas para enfrentar o problema, princípios para preparação de planos, orientações para o planejamento contingencial e um modelo de elaboração. Embora o foco de tais planos sejam diferentes dos planos preventivos para escorregamentos, muitas das etapas a serem desenvolvidas são semelhantes.

Para elaboração de PPE, CERRI (1993), destacou a necessidade de adequado conhecimento do mecanismo dos escorregamentos, especialmente quanto aos seus condicionantes naturais e antrópicos. Em CERRI (1993) e no Decreto nº 42.565 (SÃO PAULO, 1997) consta que os planos preventivos devem ser desenvolvidos em quatro fases: elaboração, implantação, operação/acompanhamento e avaliação (QUADRO 8.16).

Como pode ser observado no QUADRO 8.16, as atividades de a a e e parte de e a i da fase de elaboração, já foram realizadas durante a elaboração da carta de riscos de escorregamentos. Portanto, de posse destas cartas a implementação do plano é bastante facilitada. As demais atividades, com as respectivas adaptações são discutidas a seguir no contexto da possível implantação, operação e acompanhamento na SP-55.

8.5.2 Implantação, operação e acompanhamento dos Planos

A implantação de PPE e PAEE deve ter sintonia com a duração do período chuvoso, pois é quando constata-se a maior possibilidade de ocorrência de escorregamentos (CUNHA *et al*; 1991; CERRI, 1993; SILVA 1997 e Decreto 42.565 – SÃO PAULO, 1997). No entanto, fora deste período existe a possibilidade de ocorrências de escorregamentos com sérias conseqüências. Nos mesmos moldes dos PPDC da Serra do Mar, quando os índices operacionais demonstrarem a necessidade de ser evitada a desarticulação dos mecanismos estaduais e municipais, o período de operação poderá ser alterado.

A operação dos Planos poderá ser baseada no entendimento dos processos de escorregamentos e seus condicionantes. Os condicionantes indicam QUANDO e ONDE poderão ocorrer os escorregamentos. Segundo SANTORO; MACEDO (2001), o quando é definido pelos índices pluviométricos e previsões meteorológicas e o onde pelas vistorias de campo. Logo o sistema é baseado no acompanhamento das chuvas, previsões meteorológicas, vistorias de campo e em medidas preventivas, que no caso da SP-55 compreenderia interdição parcial das pistas, interdição total das pistas e recuperação das áreas (medidas de segurança provisórias e permanentes).

QUADRO 8.16 Fases para desenvolvimento de um PPE e de um PAEE

Fase de elaboração
<ul style="list-style-type: none"> a) caracterização da rodovia e da região; b) levantamento e análise dos condicionantes naturais e antrópicos dos escorregamentos; c) definição dos principais tipos de escorregamentos visando ao estabelecimento de critérios para gestão dos mesmos; d) identificação das áreas de riscos; e) avaliação das situações de riscos para a priorização, setorização de áreas e gestão das mesmas; f) definição da fase de operação dos Planos, com base na estação chuvosa e dinâmica da rodovia; g) definição dos critérios técnicos para deflagração de ações preventivas, como, por exemplo, vistorias técnicas; h) estabelecimento do sistema de acompanhamento de parâmetros técnicos como chuvas, previsão meteorológica e vistoria nas áreas de riscos; i) definição de critérios para interdição da rodovia e retorno à normalidade; j) estabelecimento de procedimentos emergenciais; k) definição de rotas alternativas de tráfego; l) definição das ações e responsabilidades dos grupos envolvidos na rotina de operação dos Planos.
Fase de implantação
<ul style="list-style-type: none"> a) definição do sistema operacional; b) estabelecimento dos procedimentos operacionais; c) definição de atribuições e responsabilidades; d) definição do sistema de comunicação, informação e participação da população; e) treinamento e divulgação.
Fase de operação e acompanhamento
<ul style="list-style-type: none"> a) efetivação das ações preconizadas nos Planos; b) definição do momento adequado para implantação de cada ação preventiva determinada pelo contínuo acompanhamento e análise dos parâmetros técnicos (Índices pluviométricos, previsão meteorológica e os resultados de vistorias de campo); c) atualização do banco de dados.
Fase de avaliação
<ul style="list-style-type: none"> a) identificação de eventuais falhas na fundamentação, estrutura e no sistema operacional dos Planos; b) definição de ajustes e aprimoramentos para sanar eventuais problemas identificados.

Fonte: baseado em CERRI (1993), SÃO PAULO (1997) e SMA (1998)

A operação dos Planos deve prever também a implantação de um conjunto de ações preventivas adequadas ao grau de expectativa de ocorrência de escorregamentos. O grau de expectativa é traduzido em diferentes níveis, denominados: OBSERVAÇÃO, ATENÇÃO, ALERTA e ALERTA MÁXIMO (CERRI, 1993 e Decreto nº 42.565 - SÃO PAULO, 1997). Os principais aspectos relacionados à definição dos critérios de entrada e de saída de cada nível, bem como as ações a eles correspondentes são apresentados no QUADRO 8.17.

QUADRO 8.17 Critérios técnicos para a operação dos Planos.

NÍVEL DO PLANO	CRITÉRIOS DE ENTRADA	CRITÉRIOS DE SAÍDA	PRINCIPAIS AÇÕES CORRESPONDENTES A CADA NÍVEL DOS PLANOS
OBSERVAÇÃO	- início da vigência do plano (período chuvoso setembro a abril)	- término da vigência do plano (a ser definido)	- acompanhamento dos índices pluviométricos; - recepção da previsão meteorológica; - contínuo cálculo do acumulado de chuvas diárias, de 2 e 3 dias
ATENÇÃO	- constatada precipitação diária da ordem de 66mm e acumulado de chuvas em 2 e 3 dias maior ou igual 100 mm; - previsão de ocorrência de chuvas de longa duração de qualquer intensidade; - previsão de ocorrência de chuvas de grande intensidade	- previsão de não ocorrência de chuva de grande intensidade; - previsão de não ocorrência de chuvas de longa duração de qualquer intensidade; - precipitação diária menor que de 66mm e valor acumulado de chuvas menor que 100 mm em 2 e 3 dias	- vistorias de campo nas áreas de riscos; - verificação de novas áreas de riscos
ALERTA	- constatadas trincas, degraus de abatimento, embarrigamento de taludes etc; - previsão de ocorrência de chuvas de grande intensidade; - previsão de ocorrência de chuvas de longa duração de qualquer intensidade	- previsão de não ocorrência de chuvas de grande intensidade; - previsão de não ocorrências de chuvas de longa duração de qualquer intensidade; - recuperação do local	- interdição de parte da pista que poderá ser atingida pelo processo; - recuperação do local
ALERTA MÁXIMO	- registros de ocorrências de escorregamentos nas áreas de riscos altos; - previsão de ocorrência de chuvas de longa duração de qualquer intensidade; - previsão de ocorrência de chuvas de grande intensidade	- previsão de não ocorrência de chuvas de grande intensidade; - previsão de não ocorrências de chuvas de longa duração de qualquer intensidade; - recuperação do local	- interdição total das pistas; - desvio de tráfego; - implantação de medidas emergenciais e estruturais

Fonte: adaptado de CERRI (1993) e do DECRETO nº 42.565 (SÃO PAULO, 1997)

Os possíveis critérios técnicos para a deflagração de ações preventivas correspondentes a cada nível dos Planos (estabelecidos de acordo com a combinação de dados dos índices pluviométricos, previsão meteorológica, dinâmica da rodovia e vistorias de campo nas áreas de riscos anteriormente identificadas) são discutidos a seguir:

a) Índices pluviométricos associados aos escorregamentos

O estabelecimento dos índices passíveis de deflagrarem os escorregamentos é importante para indicar o momento em que a realização de vistorias de campo é necessária.

A partir da escolha do(s) posto(s) pluviométrico(s) de referência para a área de estudo, a definição dos índices pluviométricos críticos pode-se dar de duas maneiras (CERRI, 1993):

– para as regiões onde se dispõe de estudos de correlação quantitativa entre chuvas e escorregamentos, pode-se adotar o Coeficiente de Precipitação Crítica (CPC), definido pelo IPT (1987a *apud* CERRI, 1993) e por TATIZANA *et al.* (1987a, b *apud* CERRI, 1993), como indicador do momento adequado para a realização das vistorias de campo, bem como para a implantação de outras ações preventivas;

– para as regiões onde não se dispõem destes estudos, a partir da formulação do modelo do processo de escorregamentos translacionais (que considera que tais processos ocorrem associados, principalmente, a períodos de chuvas acumuladas em 3 dias sucedidos por precipitação pluviométrica horária deflagradora dos escorregamentos) pode-se adotar o seguinte procedimento:

a) levantar as datas dos acidentes mais recentes associados a escorregamentos ocorridos nas áreas de riscos identificadas;

b) obter a pluviosidade acumulada em 3 dias anteriores à ocorrência dos escorregamentos registrados nos acidentes selecionados;

c) analisar os acumulados de chuvas em 3 dias obtidos e determinar um valor mais constante ou, então mais representativo com base nas características dos escorregamentos ocorridos;

d) determinar, a partir da análise de registros pluviométricos históricos (ou, na sua ausência, com base em informações junto aos órgãos responsáveis por previsões meteorológicas), os índices pluviométricos horários de registro freqüente na área considerada;

e) subtrair do valor acumulado de chuvas em 3 dias (item c), o índice pluviométrico horário de registro freqüente (item d), obtendo-se o índice pluviométrico crítico que, quando atingido, indica a necessidade de realização de vistorias técnicas de campo.

Os índices pluviométricos críticos conjugados às informações provenientes de previsões meteorológicas, que podem indicar a possibilidade de registro de novas chuvas são importantes tanto para precisar o momento da realização de vistorias técnicas de campo, quanto para determinar a entrada nos níveis do plano preventivo.

Neste sentido, para avaliar a relação entre chuvas e escorregamentos na área estudada adotou-se o seguinte procedimento:

- selecionou-se os dados disponíveis sobre eventos que provocaram instabilizações na SP-55, levando a danos como à interdição da mesma;
- verificou-se as datas das ocorrências das precipitações diárias e os valores acumulados de chuvas em dois e três dias para os eventos de 1993; 1994 e 1996;
- efetuou-se a subtração dos valores acumulados considerando um índice pluviométrico horário igual a 36mm, de acordo com os estudos realizados para os PPDC da Serra do Mar.

Constatou-se de forma preliminar, com base nas características climáticas da região, que a operação dos Planos deve concentrar-se, inicialmente, no período de setembro a abril e que precipitação diária da ordem de 66 mm e valores acumulados em 3 dias da ordem de 100 mm representam valores para entrada no nível de atenção.

Outro aspecto que deve ser considerado, tendo como base os escorregamentos que ocorreram em junho de 2001, é a avaliação de totais mensais de chuva em relação à média histórica. Assim, seguindo as recomendações de CERRI (1993), deve-se verificar o quão mais úmido se apresenta o ano pluviométrico, servindo como um indicador quanto à probabilidade de virem a ocorrer eventos deflagradores de escorregamentos. Nestas situações os Planos podem ser colocados em operação fora do período mais crítico.

“Quando a análise da precipitação, e dos demais índices, associados à análise das previsões meteorológicas, indicarem o atingimento de um determinado nível de alerta, deflagram-se as correspondentes ações estabelecidas. Uma vez que índices críticos sejam atingidos, prevendo-se a continuidade das chuvas e verificando-se indícios de instabilidade, deve-se proceder à interdição da via nas áreas de riscos passíveis de serem afetadas com o desenvolvimento do processo. Esta ação adquire um caráter de prioridade dentro do setor de risco generalizado (CERRI, 1993)”.

De acordo com critérios técnicos prefixados, é possível analisar a evolução do quadro pluviométrico e das manifestações dos taludes e, nos casos onde se conclui pela alta possibilidade de ocorrência de escorregamentos, a população deve ser comunicada e o tráfego desviado para locais seguros. Passada a fase emergencial e com base nas condições dos taludes, avalia-se a necessidade de implantação de obras de estabilização e/ou outras medidas e a possibilidade de abertura da rodovia.

Dado que a chuva representa o principal agente deflagrador dos escorregamentos, as operações dos Planos devem corresponder, no mínimo, aos períodos chuvosos. Com este escopo, a operação deve perdurar até que a recuperação das áreas de riscos e as medidas de segurança se efetivem completamente.

O Plano Preventivo para a rodovia considera, principalmente, a potencialidade de ocorrências de escorregamentos estruturados em solo saprolítico, saprolito e rocha, predominantemente induzido, devido ao grande número de cortes.

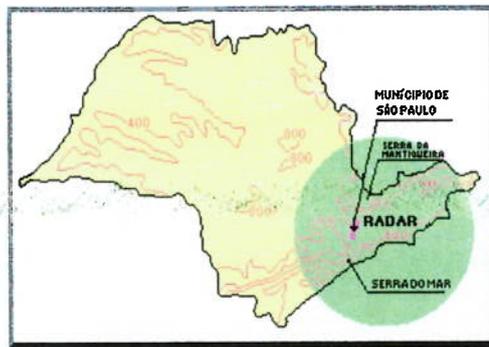
b) Acompanhamento das previsões meteorológicas

Os dados de previsões meteorológicas, associados aos valores acumulados de chuvas possibilitam antecipar condições pluviométricas potenciais à ocorrência de escorregamentos e, portanto, a deflagração de ações dos Planos (CERRI, 1993).

As informações de previsões meteorológicas são expressas através de boletins que contém a origem (ou tipologia), a tendência de duração e a intensidade da precipitação pluviométrica. O Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) possui um Sistema de Alerta a Inundações para o município de São Paulo (SAISP). Este Sistema é operado pela Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (FCTH), e gera através do Radar Meteorológico a cada cinco minutos boletins sobre as chuvas e suas conseqüências no município de São Paulo, e ainda nas áreas localizadas num raio de 400 km que cobre inclusive a SP-55 (FIGURA 8.12). Na FIGURA 8.13 verifica-se a localização do Radar Meteorológico de Ponte Nova.

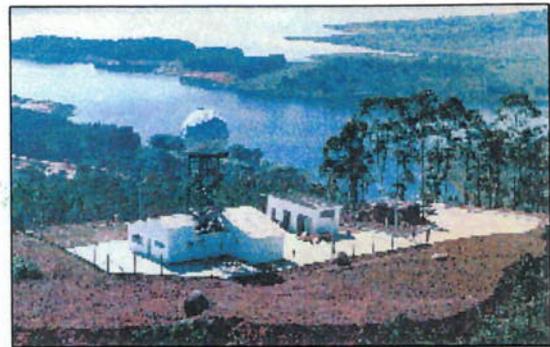
Os principais produtos obtidos do SAISP são:

- mapas de chuvas observadas na área coberta pelo RADAR de Ponte Nova;
- leituras de postos das Redes Telemétricas do Alto Tietê, Cubatão, Registro e Piracicaba; e mapas com as previsões de inundações da cidade de São Paulo.



Fonte DAEE (2004)

FIGURA 8.12 Área de cobertura do radar meteorológico



Fonte DAEE (2004)

FIGURA 8.13 Localização do Radar Meteorológico de Ponte Nova

Existem ainda outros produtos sobre previsões meteorológicas que podem ser obtidos acessando o *site* do DAEE, onde é possível obter as previsões meteorológicas diariamente, e de mais dois dias consecutivos, de cada município localizado na área de influência rodovia.

Também podem ser acessados outros "*sites*" como o "Canal do tempo" que fornece previsões para dez dias consecutivos, inclusive com o volume estimado de precipitação. "Clima tempo" e CPTEC; INPE são outras fontes que podem ser acessadas para se obter informações da previsão do tempo.

Verificou-se ainda, que no caso dos PPDC de vários municípios do Estado de São Paulo, as prefeituras também fazem as leituras em pluviômetros e fornecem os dados para a equipe que está operando o Plano. Neste sentido, o DER poderia fazer parceria com os municípios cortados pela rodovia e obter as leituras pluviométricas diárias, nos mesmos moldes dos PPDC.

Na SP-55 as precipitações pluviométricas, que apresentam maior possibilidade de deflagrarem escorregamentos estão associadas às massas de ar de grande distribuição espacial e às advecções marítimas. Quanto à duração, destacam-se as massas de ar referidas e que apresentam tendência de longa duração. No entanto, devido aos condicionantes estruturais, chuvas intensas de curta duração também são bastante críticas. Logo, qualquer valor potencial deve ser considerado. Ressalta-se que condições semelhantes foram verificadas por CERRI (1993) em algumas regiões da Serra do Mar.

c) Supervisão das áreas de riscos (vistorias de campo)

A supervisão das áreas para identificação de feições de instabilidade que indicam a possibilidade de ruptura é fundamental para a operação dos Planos. As principais feições de instabilidade que indicam a iminência de escorregamentos são representadas pelo desenvolvimento de fendas de tração na superfície dos terrenos (ou aumento de fendas preexistentes) e por degraus de abatimento entre os planos isolados por estas fendas.

Demais feições e circunstâncias, como o “embarrigamento” de taludes e de estruturas de contenção, a inclinação de estruturas rígidas (árvores, cercas, postes, muros), a concentração de águas pluviais, associadas ou não às principais feições de instabilidade descritas, também podem indicar a elevada possibilidade de ocorrência de escorregamentos (CERRI, 1993; SILVA, 1997; GARIBALDI, 1998).

Assim, as vistorias de campo devem ser iniciadas pelas áreas de maiores graus de riscos, anteriormente identificadas e apresentadas na carta de riscos de escorregamentos. Sequencialmente deve-se vistoriar as áreas de risco médio. A realização destas vistorias permite analisar a iminência de ocorrência de escorregamentos e constante atualização do banco de dados. A utilização de fichas permite a sistematização das observações de campo e registro dos resultados das vistorias (CERRI, 1993; SILVA, 1997). Como exemplo apresenta-se no ANEXO C um modelo de ficha de campo que poderá ser utilizada na operação dos Planos.

O momento adequado para a realização dessas vistorias é definido com base nos valores críticos de chuvas e deve anteceder o alcance desses índices. Como valores indicativos de precipitação pluviométrica, de forma preliminar, podem ser utilizados os seguintes valores para deflagração de vistorias de campo na SP-55:

- precipitação diária da ordem de 66 mm (evento pluviométrico de 1993); e
- valores acumulados em 3 dias da ordem de 100 mm (com base no evento pluviométrico de 1993).

Verificadas as feições de instabilidade que indicam a iminência de ruptura nos taludes deve-se acionar as equipes técnicas responsáveis pela operação dos Planos. Por outro lado, pode-se verificar a possibilidade de acompanhar a evolução dos processos de instabilização através da realização de novas vistorias campo, sempre que forem registradas novas chuvas. Para realização dessa vistoria é importante que todos os envolvidos na operação dos Planos estejam devidamente treinados (CERRI, 1993; SILVA, 1997; SÃO PAULO, 1997 e SMA, 1998).

Ao caracterizar-se o local em risco e observar-se evidências de movimentação, os técnicos terão condições de avaliar a evolução da instabilização e seu raio de alcance, parâmetros que embasam a tomada de decisão como a interdição da via.

d) Critérios para interdição da rodovia

A determinação da interdição da rodovia poderá ser feita através da avaliação das previsões meteorológicas, do processo de instabilização que está se desenvolvendo e o conseqüente acréscimo do grau de risco, avaliando-se o raio de alcance do mesmo. A definição do raio de alcance deverá ser realizada com bastante cuidado. Por exemplo, RITCHIE (1963), SHUSTER *et al.* (1978) *apud* FRANKLIN *et al.* (1991), desenvolveram uma simulação de queda de blocos rochosos com o objetivo de projetar “berços” ou áreas de espera para deposição do material que sofreu ruptura visando atenuar os danos provocados pelas quedas de blocos (QUADRO 8.18).

QUADRO 8.18 Dimensionamento de “berços” e áreas de segurança para recepção de blocos de acordo com a geometria do talude rochoso

INCLINAÇÃO DO TALUDE	ALTURA - H (m)	ÁREA DE ESPERA W - (m)	PROFUNDIDADE DO BERÇO - D (m)
Subvertical	5 - 10	3,7	1,0
	10 - 20	4,6	1,2
	> 20	6,1	1,2
0,25:1	5-10	3,7	1,0
	10-20	4,6	1,2
	20-30	6,1	1,8
	> 30	7,6	1,8
0,5:1	5-10	3,7	1,2
	10-20	4,6	1,8
	20-30	6,1	1,8
	> 30	7,6	2,7
0,75:1	5-10	3,7	1,0
	10-20	4,6	1,2
	> 20	4,6	1,8
1:1	5-10	3,7	1,0
	10-20	3,7	1,5
	> 20	4,6	1,8

Fonte: RITCHIE (1963); SHUSTER *et al.* (1978) *apud* FRANKLIN *et al.* (1991).

No QUADRO 8.18 verifica-se que de acordo com a altura do ponto no qual um bloco sofre um primeiro impacto, tem-se uma área com uma determinada profundidade, podendo ter um muro de segurança ou não.

FUKUOKA (1980) e NAKAMURA (1990), analisaram as situações potenciais de atingimento de moradias por escorregamentos planares rasos. NAKAMURA (1990), a partir da altura do talude infere a área afetada pela instabilização tanto à montante como à jusante. Já FUKUOKA (1980), ao analisar escorregamentos planares deflagrados por chuvas, concluiu que 80% dos escorregamentos percorrem distâncias na horizontal da ordem de uma altura do talude instabilizado, no restante percorrem distâncias entre uma e duas alturas do talude.

AUGUSTO FILHO (2001), utilizou um modelo empírico simples, baseado nas relações entre a altura inicial do escorregamento e a distância percorrida pelo material instabilizado, conforme FELL (1996) e FINLAY, FELL (1997).

Quanto aos índices pluviométricos, COSTA NUNES (1982), durante as obras de recuperação da rodovia Rio - Teresópolis, propôs o índice de 10 mm/15 minutos como aquele que deveria conduzir à interdição da rodovia, promovendo-se uma inspeção, uma vez amainada a chuva, para permitir a reabertura da mesma.

Para o valor da precipitação anterior ao evento o Autor propôs três índices relativos de risco:

C_c = precipitação anterior: precipitação anual

C_e = precipitação no evento: precipitação anual

F_f = fator final = $C_c + C_e$.

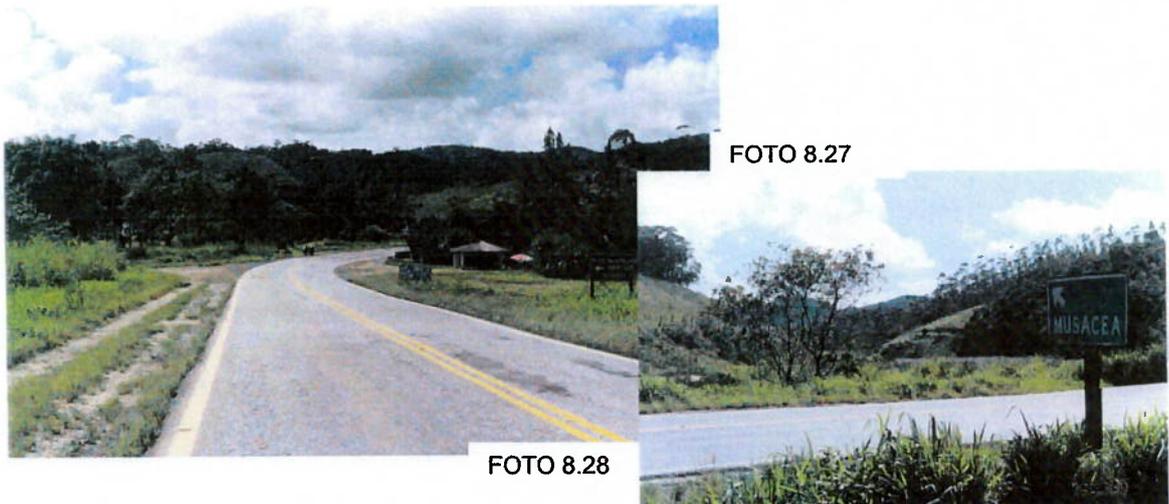
Como já mencionado, para chuvas de período de recorrência maiores do que 500 anos ($r \sim 2,5$), COSTA NUNES (1982) mencionou que não é economicamente viável proteger a totalidade da rodovia. Neste caso, a interdição da rodovia, é a medida mais indicada. Estas avaliações são novamente necessárias quando da determinação do retorno à normalidade e devem contemplar a avaliação da necessidade de realização de obras emergenciais.

De acordo com os aspectos técnicos que envolvem a tipologia dos escorregamentos e a correlação dos mesmos com valores de precipitação pluviométrica, entende-se que nos moldes do PPDC da Serra do Mar (CERRI *et al*, 1990b; CERRI, 1993, SILVA, 1997; SÃO PAULO, 1997) a deflagração de ações está ligada a valores de precipitação pluviométrica e a supervisão de feições que indiquem movimentações nos taludes e encostas.

Na área estudada o registro histórico dos escorregamentos não permitiu estabelecer com clareza os critérios para interdição da rodovia. No entanto, uma situação onde há alta possibilidade de ocorrência do processo e o material movimentado percorre uma distância entre 1 e 1,5 altura do talude, deve ser considerada para estabelecer níveis de alerta e a região deve ser isolada. Quanto aos valores de precipitação pluviométrica, como valores indicativos para a entrada em níveis de atenção e alerta estariam àqueles em torno de 66mm (diárias) e 100mm (acumuladas em 2 ou 3 dias).

e) Rota alternativa de tráfego

Uma vez, optando-se pela interdição da rodovia é fundamental que sejam definidas rotas alternativas de tráfego. A Estrada Velha Pedro de Toledo – Miracatu, (FIGURA 8.14, FOTOS 8.27 e 8.28) também denominada localmente de acesso à Musácea, parece ser a única alternativa para desvio do tráfego local caso haja necessidade de interditar a rodovia no trecho serrano. Já o tráfego que vem do Sul do País, segundo informações obtidas junto ao DER de Pedro de Toledo, o mesmo é informado pela Polícia Rodoviária para seguir sentido São Paulo pela BR-116. O tráfego que vem de São Paulo é informado na curva do “S” no km 292+000 da SP-55.



FOTOS 8.27 e 8.28 Vista do acesso em nível da SP-55 para a Estrada Velha Pedro de Toledo – Miracatu – acesso à Musácea.

Em relação ao acesso à Musácea, trata-se de uma rodovia vicinal que se desenvolveu em cotas bem menos elevadas que à SP-55, atravessando Musácea, Bairro Sítio da Papuda, Bairro Três Irmãos, Manoel da Nóbrega e Martim Afonso entre outros vilarejos (FIGURA 8.14). Nestes vilarejos as atividades econômicas eram intimamente ligadas à presença da estrada de ferro Sorocabana que era a via de acesso entre os municípios do vale do Ribeira e a Baixada Litorânea.

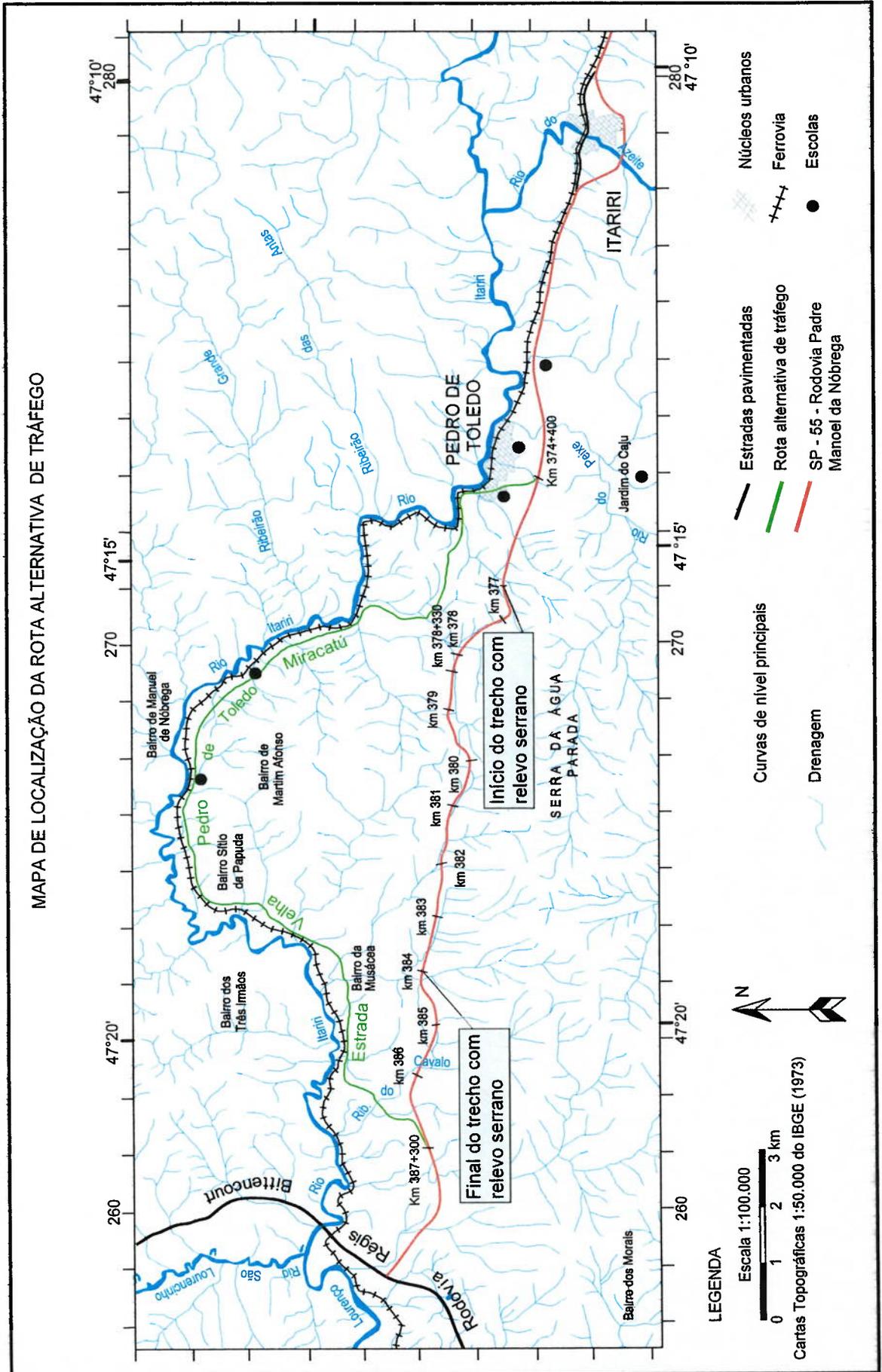


FIGURA 8.14 Mapa de localização da rota alternativa de tráfego

Nesta vicinal, o traçado geométrico conta com rampas pouco acentuadas, associadas a segmentos em tangente, não muito curtos e com a presença de raios médios e pequenos. Ao longo do seu percurso (em torno de 20.000 m) ocorrem trechos onde a sinuosidade é mais acentuada, entretanto, estes são de pequena extensão quando comparados ao segmento todo. Apresenta também a maioria das curvas e transições com distância de visibilidade adequada, e boas condições de suporte do leito carroçável (DER/SP; LENC, 2001a).

Em grande parte do trecho, esta estrada é revestida com cascalho e a vegetação junto ao seu bordo se mantém em bom estado, o que confere boas condições de estabilidade (DER/SP; LENC, 2001a). Entretanto, qualquer desvio de tráfego deverá ser comunicando à população da área de influência da vicinal, uma vez que, há uma proximidade importante dos vários núcleos urbanos junto à via existente, além de se prever a necessidade de uma série de travessias, retornos e acessos à comunidade local. As FOTOS 8.29 e 8.30 ilustram algumas das características acima descritas.



FOTO 8.29 Estrada Velha Pedro de Toledo - Miracatú. Verifica-se traçado geométrico com rampas pouco acentuadas e estrada cascalhada.

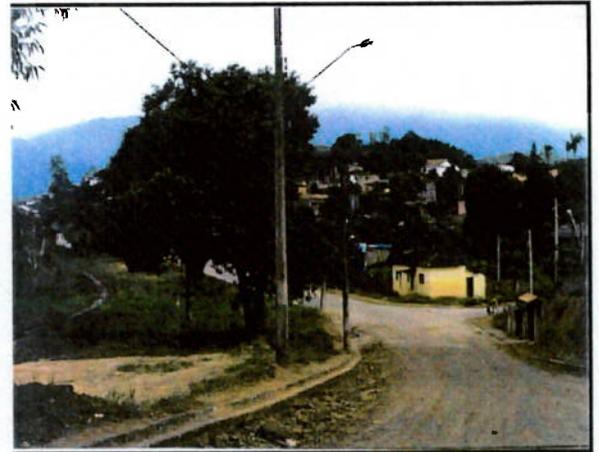


FOTO 8.30 Estrada Velha Pedro de Toledo - Miracatú passando pelos vilarejos e paralela à estrada de ferro Sorocabana.

g) Atendimento emergencial de escorregamentos

A freqüente ocorrência de acidentes associados a escorregamentos em rodovias brasileiras entre elas a SP-55, tem exigido a realização de atendimentos de emergências com a interdição das pistas. Através de várias vistorias realizadas em rodovias localizadas em regiões serranas, inclusive nas que fazem parte da malha viária sob jurisdição do DER/05, identificou-se a importância de se formular um planejamento para atendimento emergencial quando da ocorrência de escorregamentos, porque quase sempre não há tempo para a realização de estudos detalhados, pois predominam condições que podem deflagrar novos escorregamentos.

Através da pesquisa realizada, constatou-se que poucos estudos contemplam planos de atendimento emergenciais para escorregamentos. O município de Itanhaém conta com um Plano Municipal de Defesa Civil, onde consta um fluxograma de acionamento para acidentes naturais, entre eles os escorregamentos.

De um modo geral, os trabalhos de atendimento podem ser divididos em cinco etapas: acionamento, comunicação, avaliação da situação, medidas de controle e ações de rescaldo (DER/SP; LENC, 2001b). Ressalta-se que o êxito de uma operação de atendimento a acidentes depende, de alguns fatores básicos destacando-se:

- rapidez e eficiência no acionamento das equipes de atendimento;
- avaliação e desencadeamento de ações compatíveis com a situação apresentada;
- disponibilidade de recursos e capacidade de mobilização.

Tendo em vista o exposto, verificou-se os procedimentos atuais adotados pelo DER de Pedro de Toledo em situações de emergências, para posteriormente discutir o conjunto de ações de combate às emergências necessário na SP-55.

g.1) Procedimentos atuais adotados pelo DER de Pedro de Toledo em situações de emergências

Utilizando-se as proposições de BRAGA *et al.* (1996) e SILVA (2002), realizou-se uma Auditoria Informal (ANEXO F) com o Engenheiro Responsável pela Regional de Pedro de Toledo para caracterização dos procedimentos atuais adotados em atendimentos de acidentes com escorregamentos. O conhecimento da atuação do DER foi importante para se considerar as iniciativas já em curso. Os principais aspectos verificados durante a Auditoria são apresentados a seguir:

- a) os atendimentos de emergências são realizados após as ocorrências dos processos;
- b) as interdições são sempre realizadas após as ocorrências;
- c) o usuário ao deparar-se com um acidente liga para a Polícia Militar e/ou para a Central do DER em São Paulo, pois há placas nas margens da Rodovia com o telefone do DER (0800-555510), que através de atendentes registram os principais dados do acidente; tais informações são repassadas para os postos da Polícia Rodoviária e do DER de Pedro de Toledo localizados, respectivamente, no km 292+000 e km 373+000 da SP-55 (FOTO 8.31);

- d) o atendente encaminha uma viatura para o local para reconhecimento e avaliação da emergência; dependendo das proporções do acidente são acionadas as equipes de atendimento do CCO (Centro de Controle Operacional) que segue com a viatura ao local e comunica a Polícia Militar que fica localizada no km 292+000 da SP-55;
- e) ao chegar no local, procede-se à fiscalização, sinalização, patrulhamento e a equipe inicia os primeiros atendimentos;
- f) se houver necessidade de supressão de vegetação para elaboração de projeto de contenção, a empresa contratada, para elaboração do mesmo, comunica a SMA (Secretaria do Meio Ambiente);
- g) não há registro de vítimas devido a acidentes com escorregamentos na SP-55;
- h) até então o DER de Pedro de Toledo sempre que necessário, fornecia máquinas e equipamentos para remoção do material movimentado, no entanto, nos dias atuais tal atividade fica a cargo da empresa contratada para realização dos serviços de conserva.



FOTO 8.31 Unidade Básica de Atendimento (UBA) do DER de Pedro de Toledo, localizada no km 373+000, pista direita da SP-55. Verifica-se uma boa infraestrutura quanto aos veículos de apoio.

h) Definição das responsabilidades dos grupos envolvidos na operação dos Planos

Antes de discutir a estrutura necessária para operação dos Planos, buscou familiarizar-se com a estrutura existente para atendimentos de emergências na rodovia. Levantou-se quais órgãos são efetivamente atuantes no momento e que poderiam participar do organograma dos mesmos. Verificou-se que a estrutura estabelecida é a do CCO e que não há uma participação efetiva das comunidades envolvidas. No entanto, a existência deste sistema e o papel desempenhado pela administração regional de Pedro de Toledo, facilitam a implementação dos Planos.

h.1) Estrutura necessária para operação do Planos

É importante a formação de equipes multidisciplinares e a articulação com a que atua na rodovia para abranger os vários aspectos envolvidos nas atividades preventivas e nas situações emergenciais. No caso das situações emergenciais a aproximação do trecho, caracterização do problema, segurança individual, integração das equipes durante a realização dos trabalhos, são aspectos fundamentais.

É preciso que se façam planejamentos anteriores, de forma a estarem devidamente estabelecidas as responsabilidades e respectivas áreas de atuação dos participantes. No QUADRO 8.19 apresenta-se os possíveis órgãos participantes e suas respectivas atribuições. Ressalta-se que estas atribuições são genéricas e preliminares e deverão ser melhores definidas pelos próprios órgãos envolvidos. No entanto, todos os órgãos envolvidos devem estar integrados, e devem ser minimizados os impactos causados aos usuários da rodovia, as comunidades lindeira, à fauna e à flora.

O PAEE poderá contar ainda com a estrutura montada pela “Operação Verão” das rodovias sob jurisdição do DERSA (Desenvolvimento Rodoviário S/A) e do DER/SP, operacionalizado em conjunto com a Polícia Militar Rodoviária, compreendido geralmente, entre os meses de dezembro e março ^{8.2}.

^{8.2} A Operação Verão de 2004, contou com cerca de 600 funcionários, entre técnicos e operadores de tráfego que ficaram de plantão prestando serviços de primeiros socorros, guincho e apoio ao tráfego. O atendimento telefônico foi realizado pelo 0800.555510 e nos CCOs das UBAs (Unidades Básicas de Atendimento).

QUADRO 8.19 Órgãos, entidades de apoio e suas possíveis atribuições

ÓRGÃOS/ENTIDADES	ATRIBUIÇÕES
CEDEC (Coordenadoria Estadual de Defesa Civil)	<ul style="list-style-type: none"> - mobilizar, em caráter suplementar, recursos necessários para evitar o agravamento da situação; - acionar, sempre que necessário, os seus respectivos REDEC's e COMDEC's, de modo a mobilizar recursos locais, quando da ocorrência de acidentes que possam causar graves conseqüências ao meio ambiente.
REDEC (Coordenadoria Regional de Defesa Civil)	<ul style="list-style-type: none"> - mobilizar em caráter complementar, outros órgãos e recursos da região; - servir como elo de comunicação entre as COMDEC's e a CEDEC, no caso de ocorrência de acidente que justifique a mobilização de maiores recursos.
COMDEC (Comissão Municipal de Defesa Civil)	<ul style="list-style-type: none"> - manter banco de dados com as informações básicas dos processos que ocorrem na Rodovia, particularmente, para atendimento de emergências; - manter uma ambulância com os dispositivos médicos e EPI apropriados em prontidão permanente com pessoal treinado; - manter os antídotos em estoque e de fácil acesso para emergências; - mobilizar, em caráter suplementar, recursos necessários para evitar o agravamento da situação; - acionar, sempre que necessário o CEDEC e seu respectivo REDEC, de modo a mobilizar recursos, quando da ocorrência de acidentes que possam causar graves conseqüências ao meio ambiente.
DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica)	<ul style="list-style-type: none"> - transmitir ao DER os dados necessários para a realização das previsões meteorológicas; - transmitir em tempo real as imagens do Radar de Ponte Nova.
PMR (Polícia Militar Rodoviária)	<ul style="list-style-type: none"> - avaliar de forma preliminar a ocorrência; - aplicar as sanções administrativas, de acordo com a legislação vigente; - acionar os demais participantes dos Planos em conjunto com o DER; - realizar a sinalização da área, bem como o manejo do tráfego, caso necessário, de modo a garantir a segurança e fluidez do trânsito; - patrulhar o local da ocorrência, visando impedir a parada de veículos de terceiros e o acesso de curiosos nas imediações; - adotar as medidas necessárias para facilitar o acesso das equipes de emergência ao cenário da ocorrência, visando uma rápida solução para o atendimento em curso; - desenvolver ações legais previstas na sua atribuição, em especial aquelas voltadas ao cumprimento da legislação ambiental.
CORPO DE BOMBEIROS	<ul style="list-style-type: none"> - operacionalizar as ações de prevenção e salvamento; - prestar apoio operacional, caso necessário, de modo a viabilizar o desencadeamento de operações de contenção e recolhimento do material escorregado; - operacionalizar as ações de resgate e socorro a eventuais vítimas.
PREFEITURAS MUNICIPAIS	<ul style="list-style-type: none"> - mobilizar, de acordo com a sua capacidade, recursos humanos e materiais, para uso em caráter suplementar, caso necessário; - prestar o auxílio necessário aos seus municípios, caso ocorram eventos que justifique a adoção de medidas preventivas voltadas à evacuação de áreas atingidas ou sob risco potencial; - implantar e manter uma rotina de atualização permanente das suas atribuições e recursos humanos e materiais, de modo a manter o plano atualizado; - informar ao DER eventuais mudanças e atualizações referentes a sua instituição.
DER (Departamento Estadual de Estradas de Rodagem)	<ul style="list-style-type: none"> - implantar a infra-estrutura gerencial e operacional dos Planos; - treinar os técnicos das equipes envolvidas; - suprir a equipe acima citada, com os recursos materiais necessários para o desenvolvimento de suas atividades.

Fonte: baseado em DER/SP; LENC (2001b) e DER/SP; BID (2001)

h.1.1) Organograma de gerência, supervisão, apoio e atendimento das ações emergenciais

Para a implantação das ações preventivas e emergências é apresentada na FIGURA 8.15 uma estrutura organizacional visando desencadear todas as ações necessárias para identificação e controle dos acidentes. Nesta figura também são descritas as principais responsabilidades da equipe.

Destaca-se que a gerência e supervisão dos Planos deverão ser realizadas por profissionais do DER, com conhecimento sobre os processos e o trecho. Quanto à equipe de apoio estas contribuirão para o acionamento das ações preventivas e de combate às emergências.

A informação é um elemento fundamental tanto na prevenção como no atendimento emergencial (DER/SP; LENC, 2001b). Recomenda-se que ocorra comunicação entre os órgãos participantes através de um sistema que contenha:

- a) dispositivo de segurança contra quedas de energia;
- b) planejamento para situações de interrupção dos meios normais de comunicação (telefone, fax, e-mail etc) durante as situações de emergências;
- c) frequências suficientes para comunicação por rádio sem interferência, e um número adequado de emissoras para comunicação.

Durante toda a fase de operação dos Planos, essas equipes deverão ser acionadas pelo Centro de Controle Operacional - CCO, localizado em Pedro de Toledo, que deverá dispor de meios (por exemplo, rádio-comunicação) para receber informações da inspeção de tráfego e mobilizar os recursos necessários.

h.1.2) Procedimentos básicos a serem adotados em situações emergenciais

Um dos principais fatores que influenciam o sucesso de uma operação de emergência, diz respeito ao acionamento das equipes através de um sistema de comunicação, que permita o repasse das informações, para que os responsáveis pelas ações possam tomar as decisões corretas (DER/SP; LENC, 2001b).

Deve-se considerar que em muitos casos, as pessoas que iniciam o processo de acionamento podem não conhecer o assunto. Por essa razão, quem recebe a notícia deve estar devidamente treinado, possuir formulário de atendimento para registrar as informações necessárias, tomar as providências e orientar a pessoa envolvida, de modo que a mesma atue dentro dos requisitos mínimos de segurança (DER/SP; LENC, 2001b).

Capítulo 09

Discussão dos resultados obtidos

Neste capítulo apresenta-se uma discussão dos principais resultados obtidos durante a realização desta Tese.

9.1 Pesquisa bibliográfica

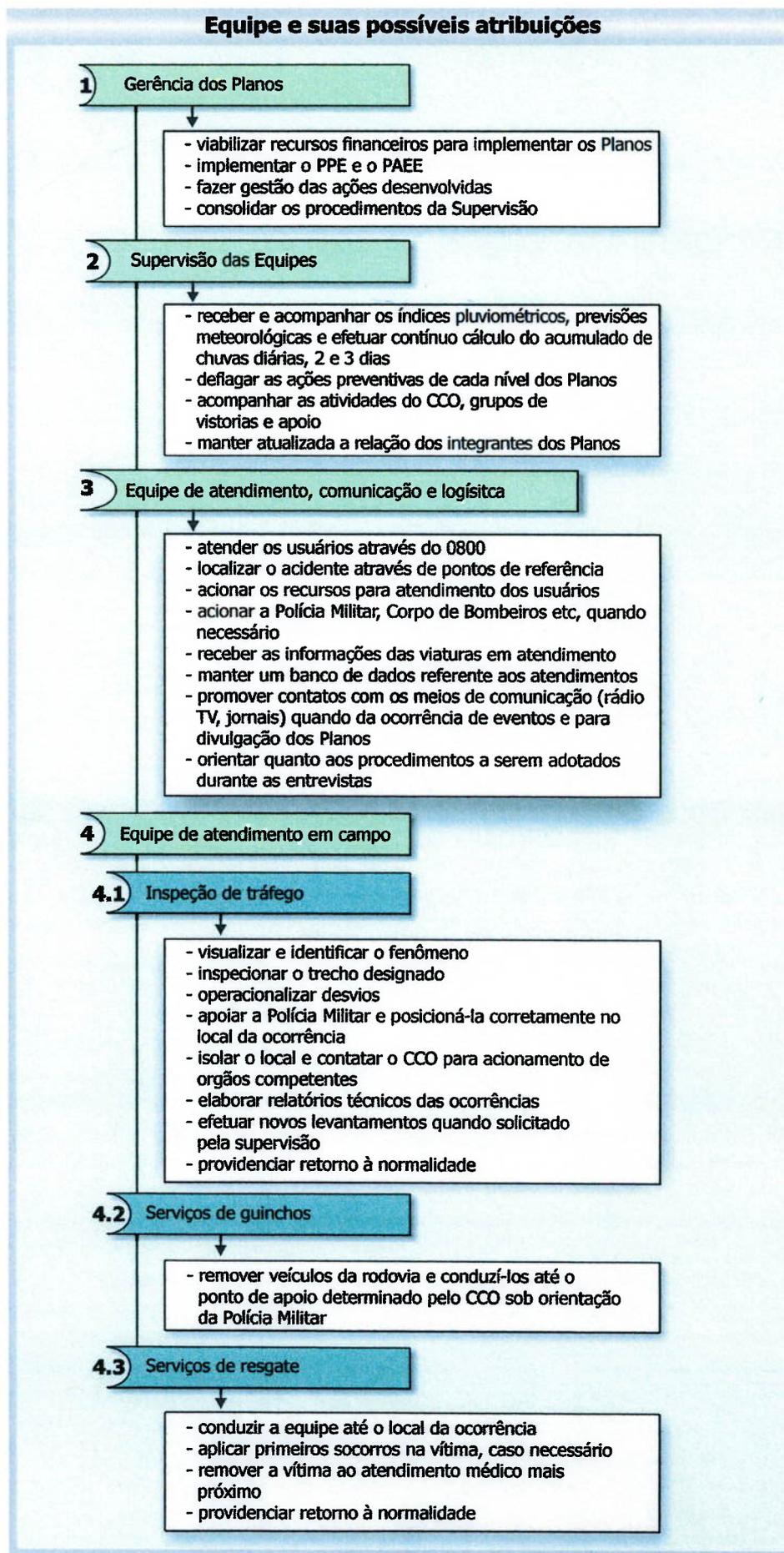
A pesquisa bibliográfica teve como objetivo principal a busca de fundamentos para o desenvolvimento da pesquisa, contemplando: análise e controle dos escorregamentos e estudo dos problemas que estes processos têm acarretado nas rodovias brasileiras; análise dos instrumentos de gestão ambiental; natureza das intervenções rodoviárias e impactos ambientais associados; metodologias utilizadas para gestão de problemas associados a escorregamentos; metodologias de cartografia geotécnica, PPDC e PAE. Os principais aspectos observados são discutidos a seguir.

9.1.1 Análise e controle dos escorregamentos

Os trabalhos nacionais e internacionais que tratam de escorregamentos são bastante abrangentes e qualificados, principalmente quanto aos sistemas classificatórios. Embora existam muitas publicações sobre os sistemas classificatórios, considera-se bastante interessante a tendência em se adotarem classificações regionalizadas adaptadas às condições dos locais onde os estudos dos processos são realizados.

Sabe-se que são muitas as variáveis envolvidas na ocorrência dos escorregamentos e que isto dificulta a adoção de um sistema classificatório generalizado. Assim, acredita-se que as características físicas e mecânicas do fenômeno subministrem os melhores critérios de análise e classificação.

Entre as diferentes definições e classificações dos escorregamentos, para efeito de sistematização, neste trabalho, optou-se por uma que tivesse um caráter geral e abrangente e que pudesse ser aplicada com facilidade na SP-55. Assim, tomou-se como orientativo o sistema classificatório de CRUDEN; VARNES (1996) para nomear os diversos processos verificados ao longo da rodovia.



Fonte: Baseado em DER/SP; LENC (2001b)

FIGURA 8.15 Estrutura organizacional proposta para operar o PPE e o PAEE.

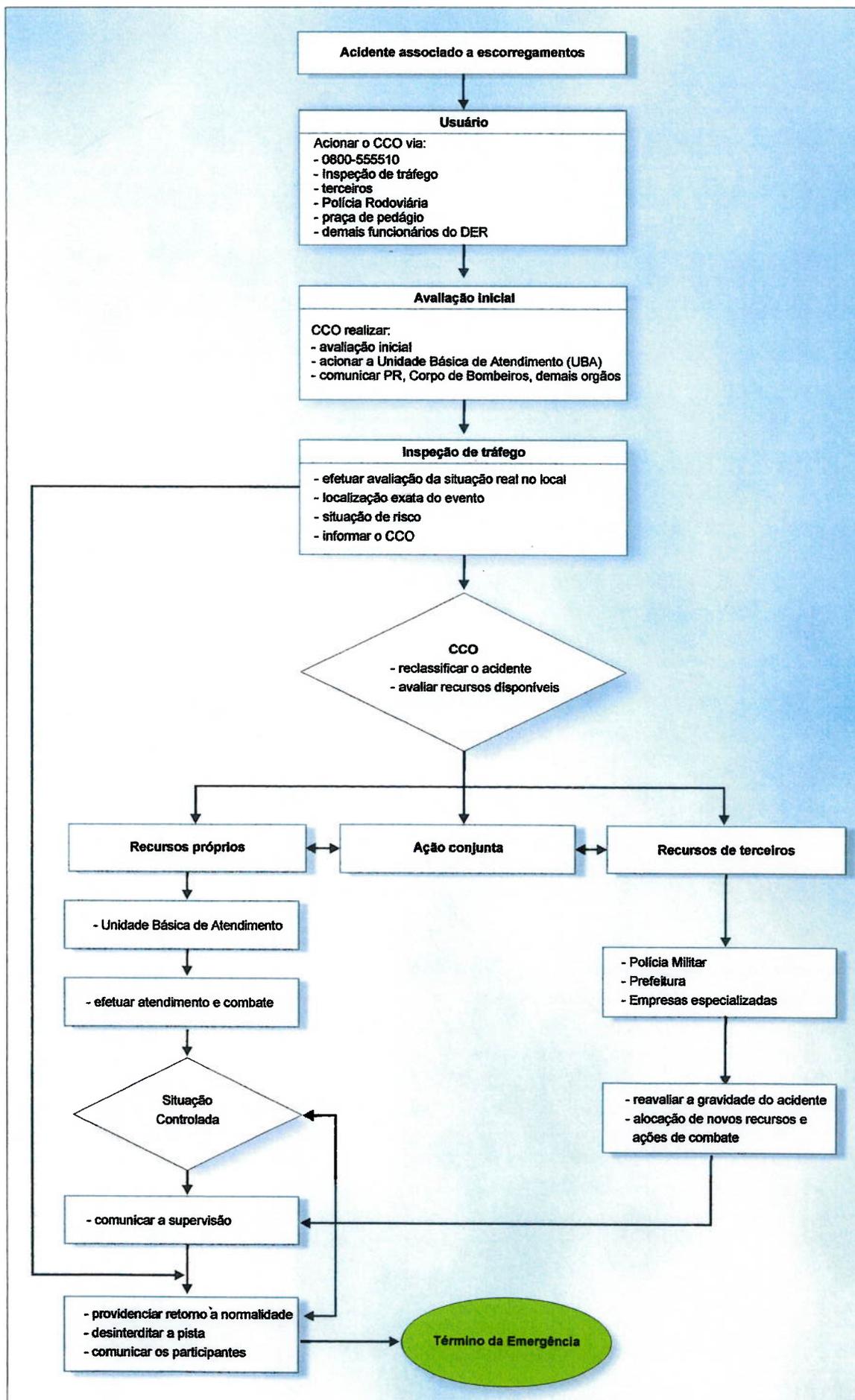
No QUADRO 8.20 apresenta-se um possível formulário de atendimento e registro de ocorrências de escorregamentos. Destaca-se que o desencadeamento das ações para o atendimento dos acidentes deverá ser feito a partir do momento em que o DER/CCO for acionado pelos usuários, terceiros, Polícia Militar ou pela equipe de inspeção.

QUADRO 8.20 FORMULÁRIO PARA ATENDIMENTO E REGISTRO DE OCORRÊNCIAS DE ESCORREGAMENTOS			
1. Identificação da ocorrência			
Nº da ocorrência:	Hora do acidente:	Hora do término:	
Data:	Horário comunicado ao CCO:	Município:	
Rodovia:	Sentido:	Km:	
2. Hipótese de acidente e tipologia do processo			
3. Condições Climáticas			
<input type="checkbox"/> Boa			
<input type="checkbox"/> Com chuva			
<input type="checkbox"/> Com neblina			
4. Informações sobre o informante e o veículo			
Trajetos:	<input type="checkbox"/> Automóvel	Marca:	Modelo:
Origem:	<input type="checkbox"/> Utilitário	Placa:	Município:
Destino:	<input type="checkbox"/> Ônibus	Motorista:	
5. Acionamento			
Entidade:	Hora:	Contato:	
6. Ações adotadas durante o atendimento			
7. Informações complementares			
8. Responsável pelo preenchimento			
Nome:	Órgão:		
Endereço:	Fone:	Fax:	

As etapas a serem desenvolvidas para o Acionamento e os Procedimentos básicos a serem adotados em situações emergenciais são apresentados na FIGURA 8.16 e 8.17, respectivamente, e compreendem:

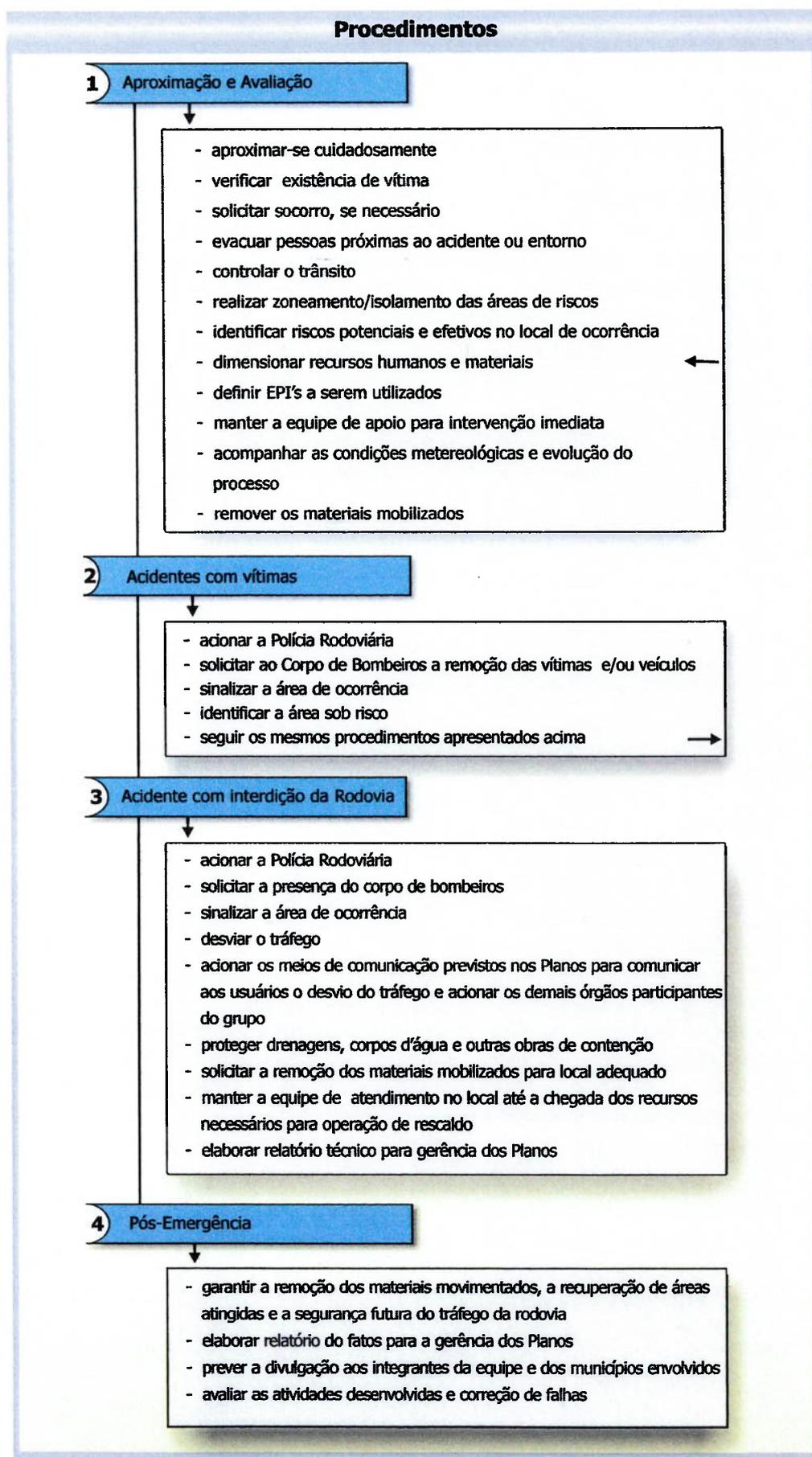
- a) procedimentos para aproximação, avaliação e zoneamento da área no entorno do acidente;
- b) procedimentos específicos para acidentes com vítimas;
- c) procedimentos em acidentes com movimentação de materiais que interrompam o tráfego podendo causar novos acidentes;
- d) procedimentos pós-emergenciais ou de rescaldo.

Na FIGURA 8.16 e 8.17, nota-se que ao chegar no local da ocorrência, a equipe deverá realizar uma completa avaliação, tanto das áreas atingidas como adjacentes, e de acordo com o tipo e porte da ocorrência, definir os procedimentos para o controle da situação (DER/SP; LENC, 2001b).



Fonte: Baseado em DER/SP; LENC (2001b)

FIGURA 8.16 Fluxograma de acionamento para situações de emergências



Fonte: Baseado em DER/SP; LENC (2001b)

FIGURA 8.17 Procedimentos básicos a serem adotados em situações emergências.

Para uma efetiva avaliação são necessários cuidados quanto à aproximação. Desta forma, a entrada em área onde exista risco deve sempre ser realizada por, no mínimo, duas pessoas devidamente protegidas. De acordo com os resultados da avaliação devem ser desencadeadas as medidas para o controle da ocorrência observando as características do acidente (DER/SP; LENC, 2001b).

Em acidentes associados a escorregamentos nos quais existam vítimas, as primeiras pessoas a chegarem no local não devem precipitar-se em tentar resgatá-las sem antes ponderar as implicações dessas ações, ou seja, o socorro deve ser realizado rapidamente, porém de maneira segura, conhecendo-se os riscos e utilizando-se os meios adequados. Para o atendimento pré-hospitalar, o DER deverá dispor de funcionários treinados, especializados em resgates rodoviários. Em acidentes que levem à interdição da rodovia, a orientação dos usuários quanto aos desvios de tráfego são fundamentais (DER/SP; LENC, 2001b).

A última etapa dos trabalhos de campo compreende atividades para o restabelecimento das áreas afetadas pelo processo. Consistem de ações desenvolvidas para o retorno à normalidade, através de medidas de recuperação de áreas atingidas, limpeza da pista, recuperação do tráfego, verificação da segurança dos usuários e avaliação dos procedimentos adotados durante o atendimento.

i) Relação preliminar de contato dos participantes

No QUADRO 8.21 apresenta-se uma relação preliminar de contatos dos supostos participantes que deverão ser acionados para o desencadeamento das ações de emergências. O CCO será acionado através do sistema interno de comunicação e acionará as equipes constituintes da estrutura organizacional do DER.

QUADRO 8.21 Relação preliminar de contato dos participantes a serem acionados nas proximidades da rodovia

PARTICIPANTES	MUNICÍPIO DE ATUAÇÃO/ CONTATO			
	Peruíbe	Itariri	Pedro de Toledo	Miracatu
Delegacia de Polícia	(013) 3455-7961 193	(013) 3418-1241	(013) 3419-1499	(013) 6847-1427
Prefeitura	(013) 3451-1000	(013) 3416-8115	(013) 3419-1441	(013) 6847-1811
Hospitais/Pronto Socorro	(013) 3455-3325 (013) 3455-8008 192	(013) 3418-1333	(019) 3419-1377	(013) 6847-1829
Corpo de Bombeiros	193 (013) 3455-4010	193	193	(013) 6846-1244

j) Recursos materiais

A implementação dos Planos exige recursos materiais em perfeitas condições, prontos para utilização. Assim, é necessário programa de manutenção e atualização permanente considerando o levantamento de todos os veículos, equipamentos de proteção individual (EPI), de sinalização entre outros. Logo, o DER de Pedro de Toledo poderá disponibilizar os materiais apresentados no QUADRO 8.22 para atendimento das ocorrências. Ressalta-se que os órgãos externos participantes dos Planos (Polícia Rodoviária Estadual, Corpo de Bombeiros, Defesa Civil etc) poderão atuar com recursos próprios.

QUADRO 8.22 Recursos materiais que poderão ser disponibilizados pelo DER.

VEÍCULOS/EQUIPAMENTOS			
> Veículos - guincho; -caminhão munck; - viatura para inspeção de tráfego e resgate.	> EPI - luvas; - coletes; - botas.	> Equipamentos de sinalização - cones; - cavaletes; - bastões luminosos de sinalização e orientação de tráfego; - rolo de cabo de fibra sintética; - rolo de fita de isolamento; - lanternas; - coletes refletivos.	> Equipamentos gerais - enxada; - pá quadrada; - lanterna manual; - holofote com bateria; - pé de cabra; - corda; - caixa de primeiros socorros.

8.5.3 Informações públicas e treinamento

As informações públicas e treinamento correspondem à última etapa do modelo de abordagem da *UNDRO* (1991), e envolvem diferentes formas de disseminação de informações técnicas para a comunidade. Neste sentido, o DER deverá implementar um programa periódico de treinamento para as equipes e deverá promover encontros técnicos visando à permanente evolução, contemplando:

- a) visitas a outras entidades, em especial ao IPT, à CETESB e às Concessionárias de rodovias para discutir experiências e procedimentos de gestão de riscos e emergências;
- b) palestras e reuniões técnicas sobre novidades no campo normativo e técnico relacionado à segurança e controle de emergências;
- c) programa de treinamento após modificações de procedimentos operacionais significativos, tais como sistemas de emergência e "operações" do DER em feriados prolongados, datas festivas, período de férias entre outros;
- d) elaboração e distribuição de manuais técnicos (destinados às equipes executivas) e de cartilhas de orientação (destinadas à população);

- e) estabelecimento de mecanismo de informação e participação da população, privilegiando a definição de procedimentos que esta deve adotar quando da implantação de medidas preventivas e/ou emergenciais;
- f) programa para alertar e preparar a comunidade para emergências compreendendo processo de conscientização da comunidade para os riscos; exercícios simulados com avaliação externa; discussão com a comunidade dos resultados e proposta de atualização permanente do processo.

8.6 Atualização do banco de dados dos passivos ambientais

Os diferentes graus de riscos atribuídos anteriormente correspondem aos riscos observados durante a elaboração desta Tese. No entanto, esta situação pode ser alterada a depender das características das chuvas, ação antrópica e ações de gestão do DER.

Os diferentes trabalhos consultados para fundamentar a pesquisa desenvolvida, não mencionam a periodicidade de atualização do banco de dados dos levantamentos de passivos ambientais, visando à avaliação da eficácia do gerenciamento proposto. No entanto, através de trabalhos desenvolvidos em várias rodovias brasileiras observou-se que a frequência de atualização do banco de dados deverá estar diretamente relacionada com o período chuvoso.

Assim sendo, uma vez por ano deve-se realizar a atualização de todo levantamento efetuado. Ressalta-se que a supervisão ambiental deverá ser realizada rotineiramente em conjunto com as atividades de conservação, estabelecendo assim, uma manutenção sistematizada que permitirá o controle eficiente da via e a constante atualização do banco de dados.

A continuidade dos estudos dos condicionantes dos escorregamentos caracterizou-se como uma das atividades mais importante desenvolvida, e foi fundamental para a caracterização dos processos que ocorrem na SP-55 e definição dos passivos ambientais.

Embora, exista um extenso acervo de dados e de observações sobre o assunto, os escorregamentos ainda têm causado muitos problemas, principalmente nas rodovias da Serra do Mar. É bem freqüente nas épocas chuvosas acidentes que geram muitos danos materiais, como os registrados no QUADRO 1.1 e 1.2 que retratam esta situação em várias rodovias brasileiras. No decorrer dos trabalhos de campo, pode-se acompanhar muitas situações, como os vários escorregamentos ocorridos no mês de fevereiro 2003 na SP-55 e no Rodoanel Mário Covas.

Constatou-se também, que a questão das áreas expostas aos riscos de escorregamentos e passivos ambientais continua sendo tratada através de medidas estruturais, como implantação de obras de contenção.

Os dados demonstram a necessidade da adoção por parte do setor rodoviário de uma política de gestão dos riscos associados a escorregamentos que contemple além de medidas estruturais, como obras de estabilização, medidas não estruturais, como supervisão das áreas de riscos e implementação de PPE e de PAEE, fundamentais para a gestão dos passivos ambientais associados a estes processos.

9.1.2 Instrumentos de Gestão Ambiental

Verificou-se que embora as rodovias sejam essenciais às atividades sociais e econômicas muitos impactos ambientais decorrentes da implantação/ampliação e operação das mesmas continuam a ocorrer e a gestão ambiental destes empreendimentos ainda não se encontra sistematizada.

Observou-se várias iniciativas, utilização de alguns instrumentos de gestão, e realização de atividades que se fossem organizadas poderiam ser incorporadas num SGA. Na verdade, ainda não está consolidada a abordagem da gestão ambiental, como funciona um Sistema de Gestão Ambiental, e não existe a cultura de utilização da maioria dos instrumentos.

A pesquisa realizada contemplou visitas às instituições envolvidas com o assunto, destacando-se a SMA, DER, DERSA e Concessionárias. Pode-se concluir que, os instrumentos da política governamental e da política empresarial são bastante diversificados, abrangentes e qualificados. Por outro lado, tais instrumentos não têm sido aplicados como é previsto em lei e como se deveria. Dentre os instrumentos disponíveis e utilizados atualmente na gestão ambiental empresarial a AIA se destaca, no entanto, existem muitas críticas em relação à eficácia de sua aplicação.

Poderia-se mencionar também o Monitoramento Ambiental, que é fundamental em qualquer programa de gestão ambiental, seja na fase de implantação/ampliação, seja na fase de operação. No entanto, este instrumento não tem sido utilizado a contento quando se trata de rodovias. Esta falta de monitoramento leva ao acúmulo de muitos passivos ambientais como verificado por BELLIA; SANTOS (1998) e ROMANINI (2000) que constataram muitos passivos ambientais em várias rodovias do Estado da Bahia, Rio de Janeiro e São Paulo.

Segundo JUCHEM (1998), os EIA/RIMA, PBA (Planos Básicos Ambientais) e mesmo os PRAD estão cada vez mais exigindo mecanismos para verificação, acompanhamento e avaliação, quer sejam simples vistorias, atividades de fiscalização, monitoramento e, num contexto mais amplo e moderno, procedimentos de auditoria ambiental.

Também não se verificam, programas de atendimentos emergenciais quando se trata de acidentes decorrentes de escorregamentos, como consequência é bastante comum nas épocas de chuvas, manchetes que abordam os danos devido rompimento de taludes em rodovias. Esses acidentes acarretam muitos prejuízos econômicos e vítimas fatais, como os eventos ocorridos em 1996 na rodovia dos Tamoios; 2001 e 2003 na SP-55 e a ocorrência do acidente no dia 17 de maio de 1999, na Avenida Suburbana em Salvador, que vitimou oito pessoas.

Embora a aplicação dos diversos instrumentos ainda ocorra de forma incipiente, destaca-se que a gestão de empreendimentos rodoviários tem passado por algumas mudanças consideráveis nos últimos anos devido ao Programa de Concessão e Recuperação de Rodovias, verificando-se uma grande retomada das obras viárias, principalmente de melhoramentos. Neste sentido, os aspectos ambientais têm sido incorporados aos projetos, desde a fase de implantação/ampliação até operação da rodovia.

No contexto geral, já se dispõe de muitos instrumentos que poderiam ser aplicados à gestão ambiental de rodovias. No entanto, é necessário aprofundar os conhecimentos sobre o assunto para adequar, aplicar e aperfeiçoar os instrumentos disponíveis.

Ainda existem alguns caminhos que precisam ser percorridos para que a variável ambiental seja tratada realmente com a atenção que se é necessária:

- o ciclo de atuação da gestão ambiental deve cobrir desde a fase de concepção do projeto básico da rodovia, até a operação, buscando assegurar a melhoria das condições de segurança, higiene, saúde ocupacional e um relacionamento sadio com a sociedade que interage com o empreendimento;
- um passo de extrema relevância seria as empresas que elaboram os editais para licitação de projetos ou obras rodoviárias, apontarem como requisito a gestão ambiental fundamentada nas normas e padrões ambientais, como por exemplo, na série ISO 14 000;
- treinamento, conscientização e a capacitação de pessoal, são fatores fundamentais.

9.1.3 Metodologias relacionadas à gestão ambiental de rodovias

Através da pesquisa realizada verificou-se que muitas técnicas, sistemáticas e metodologias têm sido propostas e utilizadas visando gerenciar os inúmeros problemas que ocorrem ao longo de rodovias, seja na faixa de domínio ou nos entorno da mesma, e quando esses empreendimentos atravessam terrenos de geologia e geomorfologia mais complexas torna-se mais difícil o gerenciamento e, portanto, a literatura sobre o assunto também é mais ampla.

De longa data nota-se a busca de técnicas e métodos visando à recuperação dos danos causados por escorregamentos em rodovias. No entanto, nos dias atuais as preocupações são mais amplas e a própria política ambiental impõe que outros condicionantes sejam considerados na gestão ambiental de rodovias.

Desde os anos setenta nota-se o desenvolvimento de estudos na busca de metodologias que visem à manutenção planejada aplicada à conservação e recuperação de rodovias, mais especificamente a gestão de problemas relacionados às instabilidades de taludes. A literatura analisada é abrangente, e alguns trabalhos bastante qualificados, no entanto, a maior parte dos trabalhos consultados não contempla a Cartografia Geotécnica. Notou-se algumas dificuldades e deficiências das metodologias utilizadas, a saber:

- dificuldade para efetuar a classificação e previsão dos processos;
- deficiência na abordagem dos condicionantes dos processos do meio físico e na apresentação espacial dos pontos com problemas e áreas que poderão ser afetadas pelos mesmos;
- deficiência na definição de escalas de trabalho;
- dificuldade e deficiência na classificação, hierarquização e previsão de novos passivos ambientais;
- deficiência e ausência de procedimentos para atendimentos emergenciais quando da ocorrência dos processos;
- deficiência de sistemáticas para previsão de problemas que poderão ocorrer durante a implantação das obras de recuperação.

Observou-se que as diversas metodologias, técnicas e procedimentos propostos para gestão de problemas causados por escorregamentos têm seus princípios e fundamentos fortemente influenciados pela formação acadêmica, experiência profissional e necessidade de mercado. Verifica-se, por exemplo, que a metodologia proposta por PIVETTI *et al.* (1982) trás informações importantes quanto aos projetos propriamente dito. No entanto, as fases que antecedem à definição de prioridades ficam descalçadas devido à falta de uma abordagem apoiada nos processos do meio físico.

Constata-se que a metodologia de COSTA NUNES (1982) é a única que menciona a cartografia de riscos para priorização dos locais a serem recuperados. Entende-se que esta técnica é de fundamental importância para delimitação dos locais mais críticos ao longo de uma rodovia e também que a carta de riscos muito facilita a visualização espacial dos pontos. Entende-se ainda que a carta de risco pode ser utilizada como um importante instrumento de gestão ambiental nas diversas fases do empreendimento e também articulada com os outros instrumentos de gestão no âmbito de um Sistema de Gestão Ambiental.

Entre as metodologias existentes, a do DNER (1996) é a mais utilizada e também foi a sugerida no Programa de Recuperação de Rodovias do Estado de São Paulo, pelo Representante do BID no Brasil, no ano 2000, uma vez, que o mesmo sugeriu a Metodologia de VICENTINI (1999) para Avaliação Ambiental de Programas de Restauração/ou Melhoramentos de Rodovias e esta aponta a Metodologia do DNER para levantamento e caracterização dos passivos ambientais.

Mesmo em algumas metodologias elaboradas recentemente, verifica-se a falta de unificação e utilização inadequada de conceitos, tais como processos do meio físico, impactos e passivos ambientais.

Os levantamentos efetuados sobre as metodologias permitiram concluir que com o aumento no detalhamento dos estudos de passivos ambientais, a tendência é que os mesmos se estabilizem como um importante instrumento de gestão do sistema rodoviário juntamente com a Cartografia Geotécnica.

De acordo com ALMEIDA *et al.* (1998), o quadro atual é extremamente favorável ao desenvolvimento de trabalhos de mapeamento ou inspeção de taludes, visando garantir a conservação da via e a segurança dos usuários. No entanto, esses trabalhos devem ter um caráter preventivo, buscando evitar a ocorrência de problemas com conseqüências danosas para a sociedade. A caracterização geológico-geotécnica expedita através do mapeamento para cadastro de pontos de alto risco ao longo das vias tem se mostrado uma forma eficiente de diagnosticar problemas e racionalizar medidas corretivas ou atenuadoras. Para as operações de melhorias e conservação são imprescindíveis o levantamento e controle dinâmico de pontos de riscos. As atividades de mapeamentos tendem a se tornar mais rotineiras o que certamente ampliará a utilização da Cartografia Geotécnica.

Verificou-se também que embora muitos avanços tenham ocorrido nos últimos anos, nota-se grandemente que tem sido muito aplicada à sistemática de manutenção convencional, ou seja, recuperação de locais isolados da via após constatação de sua deterioração, e isso conduz muitas vezes a um alto nível de segurança em relação aos trechos restantes.

A pesquisa realizada permitiu agrupar as principais características das metodologias analisadas, como pode ser visto no QUADRO 9.1. Através da síntese efetuada verificou-se que existe um consenso entre os autores sobre a necessidade de realizar estudos abrangentes de toda via, caracterizando todos os casos sujeitos a instabilizações para priorização daqueles a serem recuperados e supervisionados. Outros pontos em comum também foram verificados:

- a busca pela manutenção planejada;
- agrupar locais com problemas e tratamentos semelhantes;
- definir quais locais da via deverão ser recuperados e quando realizar a recuperação;

QUADRO 9.1 Principais aspectos das metodologias analisadas

METODOLOGIA /AUTORES	APLICAÇÃO (ÕES)	CARÁTER	FUNDAMENTOS
Sistemática de Manutenção Convencional	tratamento de pontos isolados de rodovias	corretivo	caráter determinístico
COSTA NUNES (1982)	gerenciamento de escorregamentos na rodovia Rio -Teresópolis	corretivo e preventivo	cartografia de riscos - não mencionou cadastramento
PIVETTI <i>et al.</i> (1982)	gestão de escorregamentos – manutenção da rodovia	corretivo e preventivo	planejamento global da via
DER; IPT (1991)	recuperação de taludes de rodovias e manutenção das obras	corretivo e preventivo	planejamento das fases de trabalho e manutenção - análise preliminar dos riscos
RIEDEL <i>et al.</i> (1995)	Planejamento rodoviário	preventivo	previsões de instabilidade – mapa de forma estrutural
DNER (1996)	gerenciamento de passivos ambientais no Estado do Rio de Janeiro	corretivo	conjunto de fichas - banco de dados das áreas degradadas, não apenas para escorregamentos
ROCHA; ROCHA (1999)	levantamento de passivos ambientais	corretivo	caracterização do meio ambiente
PACHECO <i>et al.</i> (1997)	cadastramento de taludes, priorização de investimentos e monitoramento	corretivo e preventivo	redes neurais - monitoramento ambiental através do algoritmo "back-propagation"
ENGECORPS; PLANEG (1997)	hierarquização de taludes críticos	corretivo e preventivo	manutenção planejada – sistemática de decisão e de hierarquização – teoria de decisão
LUZ; PIMENTA (1998)	priorização dos locais a serem tratados	corretivo e preventivo	sistemática de decisão – teoria de decisão - banco de dados e manuais – aplicação do conceito probabilístico de segurança
ALMEIDA <i>et al.</i> (1998)	cadastramento e priorização de pontos de alto risco (mapeamento)	corretivo e preventivo	caracterização geológica/geotécnica, ocupação, histórico de ocorrências, processos e graus de riscos - banco de dados
FERES; LORANDI (1998)	determinação de unidades adequadas para suportar as sub-bases do sistema viário	preventivo	cartografia geotécnica
GALVES; AVO (1999)	investigação de passivos ambientais e elaboração de programas para correção dos mesmos	corretivo	inclusão de categorias de desconformidades ambientais, Auditoria Ambiental
VICENTINI (1999)	no âmbito dos Programas de Recuperação de Rodovias financiadas pelo BID	corretivo e preventivo	avaliações ambientais realizadas no âmbito de diversos Programas financiados pelo BID - divisão dos projetos em grupos
ROMANINI (2000)	ao longo do sistema de rodovias administradas pela VIOESTE S/A	corretivo e preventivo	cadastramento de fenômenos do meio ambiente apoiado por cartografia na escala 1:10.000 e fotografias em escala 1:2.500 - utilização de ficha de cadastro e elaboração de banco de dados do passivo ambiental e áreas vulneráveis para ser incorporado num Sistema de Gestão Ambiental
DER/SP; BID (2001)	no âmbito do PRR/SP	corretivo	classificação de eventos, hierarquização das ocorrências, ordenamento dos passivos ambientais em categorias e em grupos - conjunto de 9 fichas; síntese e caracterização dos passivos ambientais
AGUSTO FILHO <i>et al.</i> (2002)	no âmbito do Programa de Gestão Ambiental da VIOESTE S/A	corretivo e preventivo	aplicação de um SIG para gestão de passivos ambientais

Fonte: elaborado pela Autora (2004)

- implantar banco de dados;
- estabelecer soluções padronizadas;
- elaborar manuais.

Constatou-se que em raros casos na hierarquização aplica-se o conceito de risco geológico, embora os atributos a serem levantados sejam bastante semelhantes tais como: características dos taludes; litologias, estruturas, solos etc;

A Autora concorda que é preciso considerar a rodovia como um todo e fazer uma análise global dos pontos e locais que precisam ser recuperados e que a manutenção planejada é o melhor caminho. No entanto, entende também que para priorização e/ou hierarquização dos pontos a serem recuperados e gestão daqueles que não serão recuperados a curto prazo, a cartografia geotécnica é um instrumento muito eficaz e dará subsídio à supervisão e ao monitoramento ambiental das áreas de riscos.

Entende-se ainda que a questão relacionada aos passivos ambientais ao longo das rodovias não passa apenas pela hierarquização de pontos a serem recuperados, mas é preciso considerar a suscetibilidade dos terrenos à geração de novas ocorrências e a degradação da recuperação já realizada, ou seja, é preciso fazer gestão sobre o sistema natural, pois muitos condicionantes atuam alterando os atributos do meio físico.

9.1.4 Metodologias de Cartografia Geotécnica

A pesquisa bibliográfica esteve voltada também ao estudo dos conceitos, classificações e metodologias de cartografia de riscos associados a escorregamentos. Esta pesquisa indicou que os números de trabalhos que tratam de zoneamento e cadastramento de riscos geológicos têm aumentado nos últimos anos. No entanto, merecem destaque os trabalhos de ZUQUETTE *et al.* (1990), ZUQUETTE; GANDOLFI (1990a e b), AMARAL *et al.* (1993 e 2001), CERRI (1993), MACEDO *et al.* (1993), CERRI; AMARAL (1998), AMARAL; SILVA (2001) e AUGUSTO FILHO (1994 e 2001).

Quanto à cartografia geotécnica, em nível nacional a evolução nesta área está marcada, principalmente, pelos trabalhos desenvolvidos pela Escola de Engenharia de São Carlos - Departamento de Geotecnia da Universidade de São Paulo e pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.

Como já verificado por ZUQUETTE em (1993), os trabalhos que envolvem avaliação dos riscos, comumente consideram alguns aspectos, tais como:

- previsão temporal: avaliação de quando ocorrerá o evento, baseado em outros eventos como chuvas, variações do nível de água, movimentos tectônicos, entre outros;
- previsão espacial: previsão do possível local de ocorrência;
- previsão tipo: avaliação dos eventos, e previsão de quais processos poderão ocorrer. Este aspecto baseia-se em análise global dos atributos geológicos, geotécnicos, hidrológicos, climáticos etc;
- atributos mais desfavoráveis ou que podem sofrer maiores influências dos processos de ocupação;
- previsão da área a ser atingida caso ocorra o evento;
- previsão de progresso: consiste em avaliar como o evento progredirá (área, profundidade, velocidade) após o início do processo.

Concordando-se com AUGUSTO FILHO (1993 e 2001), verificou-se que os trabalhos de identificação e análise de risco geológico no Estado de São Paulo envolvem os seguintes aspectos:

- técnicas principalmente qualitativas, onde os diferentes graus de riscos são relativizados entre si;
- a conjugação da probabilidade ou suscetibilidade a determinado processo geológico e a magnitude das conseqüências socioeconômicas potenciais decorrentes da deflagração deste processo;
- predomina a utilização de instrumentos e investigações de superfície, centrados em trabalhos de vistoria de campo;
- o emprego com sucesso de fotos aéreas oblíquas de baixa altitude para avaliação dos processos, dos condicionantes geológicos, e do uso e ocupação da área de estudo;
- os produtos cartográficos empregam diversos tipos de representações para os graus e/ou naturezas dos riscos identificados utilizando-se de números, letras, hachuras e cores, ou combinações de dois ou mais dos tipos anteriores;

- as diferentes zonas de riscos cartografadas são representadas em bases topográficas, ou diretamente em *overlays* sobre as fotos aéreas oblíquas de baixa altitude;
- têm sido verificados avanços na quantificação da probabilidade ou suscetibilidade a determinados processos, como AUGUSTO FILHO *et al.* (1990); AMARAL *et al.* (2001) e AUGUSTO FILHO (1993 e 2001) para os escorregamentos, utilizando a retroanálise de eventos regionais destes processos;
- a utilização de cartografia digital e SIG na elaboração de cartas de risco ainda é incipiente no Estado.

Vários pesquisadores (ZUQUETTE, 1993; DIAS, 2001) relatam que deve haver uma unificação de legendas, unidades, símbolos e escalas porque não existe uma sistematização que contemplem os vários tipos de universos geotécnicos existentes no Brasil. DIAS (2001) ressalta a necessidade de normatizar a cartografia geotécnica para poder ser aplicada de forma mais fácil e as experiências feitas para um determinado local do Brasil serem também estendidas para outros universos semelhantes.

GANDOLFI (2001), ressaltou a necessidade de elaboração de um trabalho de síntese de toda a produção cartográfica já realizada no Brasil, face ao grande acervo de trabalhos verificado.

Considerações interessantes foram apresentadas por PEJON (2001) referente aos aspectos metodológicos da cartografia geotécnica abordados nos quatro Simpósios Brasileiros de Cartografia Geotécnica (SBCG) realizados, a saber:

- verificou que em média 25,48% dos trabalhos apresentam desenvolvimento de métodos em cartografia geotécnica (QUADRO 9.2);

QUADRO 9.2 Síntese dos aspectos metodológicos da Cartografia Geotécnica abordados nos quatro simpósios realizados

SBCG	ANO	Trabalhos totais	Trabalhos específicos	Média (%)
1º	1993	16	6	37,50
2º	1996	27	5	18,52
3º	1998	54	14	25,93
4º	2001	40	8	20,00

Fonte: PEJON (2001), organizado pela Autora (2004)

- verificou que os estudos geralmente são complexos e não há ainda consenso quanto à metodologia mais adequada a ser utilizada;

- observou que os autores fazem uma certa confusão quanto aos conceitos de método e metodologia. Para o Autor o método de trabalho refere-se a processos de investigação utilizados desde o início até o final do trabalho. Esta descrição deve permitir, inclusive novas aplicações com resultados semelhantes.

A metodologia envolve uma abordagem mais abrangente, com a descrição, análise e avaliação crítica dos métodos de investigação utilizados e dos resultados obtidos;

- observou que os trabalhos de elaboração de cartas de riscos, não atingiram seus objetivos. Embora os autores tenham chamado o produto final de carta de riscos, para PEJON (2001), segundo o método descrito, não foram seguidos todos os passos que levam a obtenção destas cartas. Aparentemente não se trata de uma inadequação metodológica, mas sim a não consideração de aspectos envolvidos na análise de riscos, devido à dificuldade de obtenção das informações necessárias ao estabelecimento de cartas de riscos. O Autor ressaltou, que a manutenção da denominação de cartas de riscos para esses documentos, pode, além de gerar confusão, ocasionar problemas de interpretação, uma vez que juridicamente risco envolve o estabelecimento do montante de perdas decorrentes dos eventos perigosos;

- poucos aspectos metodológicos inovadores foram apresentados, verificando-se uma tendência no uso generalizado do geoprocessamento com o tratamento digital de imagens e mapas e sua manipulação em ambientes de SIG, além de propostas de criação de bancos de dados digitais;

- observou que o uso da informática não necessariamente tem melhorado o produto final obtido e que, na maioria dos casos, repetem-se procedimentos no computador que eram executados de forma manual, conduzindo, como por exemplo, no caso das cartas de declividades, a um produto de pior qualidade que aquele obtido por processos manuais;

- considerou que o uso da informática na cartografia geotécnica é uma tendência irreversível e que se bem aproveitada, com os devidos cuidados e com a evolução da técnica, com certeza trará maiores contribuições para a elaboração dos mapas e cartas geotécnicas.

Em síntese constatou-se que, tanto no Brasil como em nível internacional, existe uma tendência para o desenvolvimento de técnicas e métodos quantitativos de análise de riscos associados a escorregamentos, bem como a utilização de SIG para elaboração dessas cartas.

9.1.4.1 Cartografia Geotécnica Aplicada à Gestão Ambiental

Alguns Autores como ALMEIDA *et al.* (1998), VEDOVELLO (2001), BROLLO (2001) e DIAS (2001), ressaltam a importância da Cartografia Geotécnica como instrumento aplicado à Gestão Ambiental, em diversos momentos e articulada com vários instrumentos de gestão.

Destacaram a possibilidade de integrar diferentes aspectos do meio ambiente através da cartografia geotécnica, principalmente quando se refere à avaliação da degradação ambiental. Chamaram a atenção para a multiplicidade de organizações envolvidas com estudos ambientais, como planejamento, gestão, pesquisa básica e aplicada, isto revelando a atual demanda no desenvolvimento e aplicação de tecnologias e metodologias para a resolução de problemas já instalados bem como, no planejamento e gestão ambiental.

Para VEDOVELLO (2001), uma atuação adequada passa pelo conhecimento científico e tecnológico específico da área, e também conhecimento sobre os instrumentos de gestão ambiental. Assim, a aplicação da cartografia geotécnica poderá se dar de diversas formas e em diversos momentos com os instrumentos de gestão ambiental. Considerando-se o desenvolvimento inicial da cartografia geotécnica junto às grandes obras de engenharia, evidencia-se o seu potencial para subsidiar a implantação de empreendimentos através da minimização de impactos e riscos aos indivíduos e ao ambiente do entorno. Além disso, a cartografia geotécnica pode ser aplicada tanto a instrumentos com caráter público (Licenciamento Ambiental), como a instrumentos com caráter privado de gestão (certificação ambiental).

Neste contexto, os produtos obtidos através da Sistemática Proposta nesta Tese, como os mapas temáticos (carta de declividade) e principalmente a Carta de Riscos de Escorregamentos, poderão subsidiar a Supervisão e o Monitoramento Ambiental tanto das obras como das fases de manutenção, pois trás os pontos mais críticos ao longo da rodovia que necessitam de cuidados especiais. Poderá ainda ser articulada com vários instrumentos de gestão ambiental, inclusive no âmbito de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA). Neste trabalho evidenciou-se a aplicabilidade da carta de riscos para hierarquização e gestão de passivos ambientais associados aos escorregamentos.

Considerando, e de acordo com SÁNCHEZ (2001), que o EIA é o documento mais importante de todo processo de AIA e ainda que é com base no EIA que serão tomadas decisões quanto à viabilidade ambiental do empreendimento proposto, estabelecido as medidas mitigadoras e compensatórias, acredita-se que a cartografia geotécnica é uma importante ferramenta que pode subsidiar grandemente estes estudos.

Em síntese, e de acordo com os Autores acima mencionados, “verifica-se que o cenário da gestão ambiental constitui um campo amplo para a aplicação da cartografia geotécnica, com os vários instrumentos de gestão. De forma similar, a recente inserção de cartas geotécnicas em instrumentos e mecanismos de gestão já existentes, indica um amplo espectro de pesquisas a ser desenvolvida para tornar a cartografia geotécnica cada vez mais efetiva e operacional para a aplicação em gestão ambiental”.

9.2 A área piloto e os condicionantes dos escorregamentos

A área onde está inserida a SP-55 apresenta uma fisiografia propícia à ocorrência de escorregamentos. Tem seus terrenos sustentados por uma diversidade de tipos litológicos bastante estruturados, além do relevo ser constituído pelos espigões, morros e morrotes que contrastam com as colinas e planícies aluviais. Esta fisiografia foi condicionante dos três traçados verificados, ou seja, retilíneo, ondulado e serrano.

Entre os condicionantes dos escorregamentos, os geológicos e climáticos são os mais efetivos e importantes, aliados às intervenções antrópicas que aceleram a dinâmica natural do meio físico.

Considerando-se os aspectos estruturais das rochas, verifica-se extensa faixa de rochas miloníticas e cataclásticas junto à rodovia e no limite NW da mesma, que constitui as zonas de cisalhamento de Itariri e Cubatão. Provavelmente estas duas feições tenham condicionado as diversas discontinuidades verificadas nos afloramentos analisados e conseqüentemente a predominância dos escorregamentos estruturados (FIGURA 9.1a e b).

A foliação bem desenvolvida confere forte anisotropia aos maciços, além do fraturamento em várias direções. Nota-se também, que os diferentes materiais provenientes da alteração das rochas apresentam propriedades distintas que influenciam nos processos de instabilização. O perfil de intemperismo é caracterizado por um manto de solo saprolítico e saprolito de grande espessura.

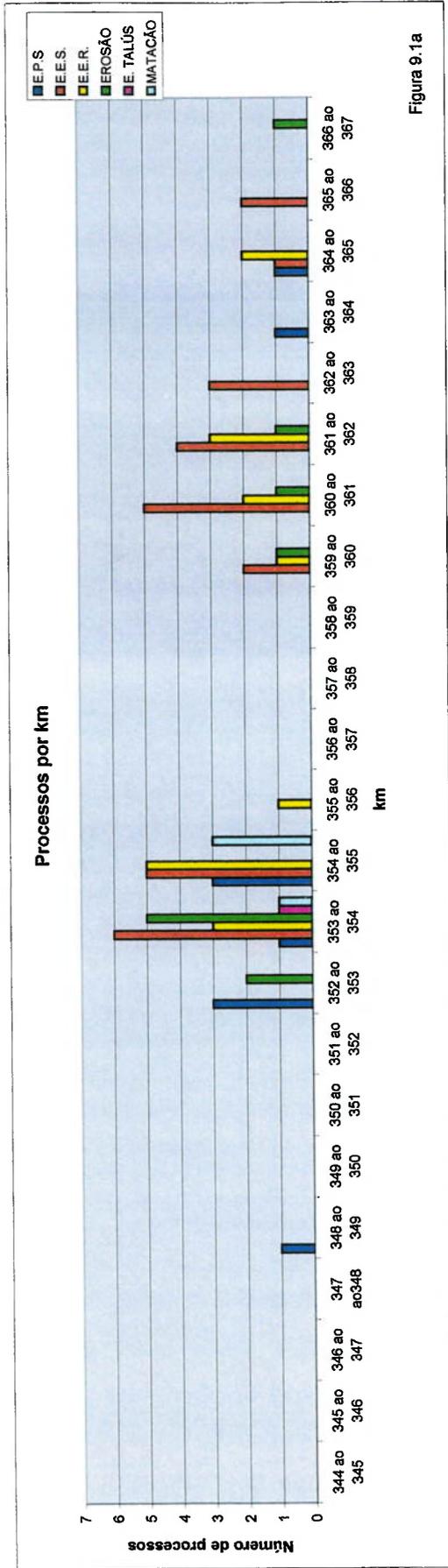


Figura 9.1a

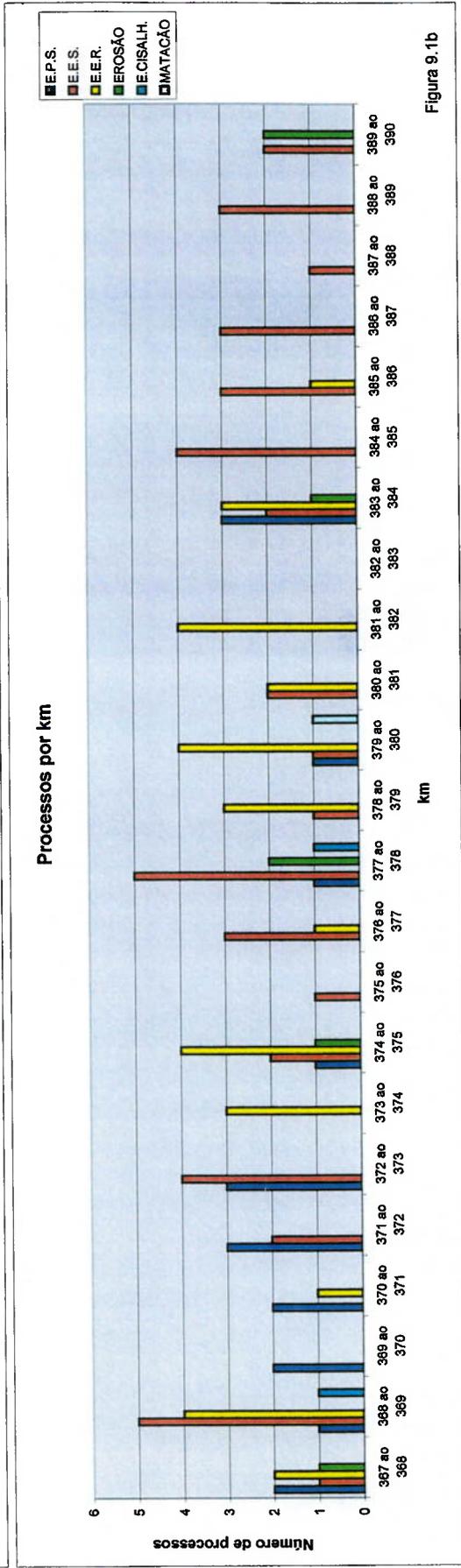


Figura 9.1b

E.P.S. = Escorregamento planar de solo
 E.E.S. = Escorregamento estruturado de solo
 E.E.R. = Escorregamento estruturado de rocha
 EROSÃO = em sulco e ravina
 E. TALÚS = Escorregamento de depósito de talús
 E. CISALH. = Escorregamento em zona de cisalhamento

FIGURA 9.1 (a-b) Distribuição dos processos ao longo da rodovia, onde verifica-se a predominância de escorregamentos estruturados.

Desta forma os escorregamentos envolvem freqüentemente maciços terrosos com ou sem blocos, relacionados ao tipo de rocha que lhe deu origem. Assim, nos locais onde predomina os produtos de alteração das rochas migmatíticas homogêneas e granitóides constatou-se, principalmente, movimentos tipo queda e rolamento de blocos. Já nos terrenos constituídos pelos materiais xistosos, os escorregamentos estruturados foram os principais processos verificados, com um forte condicionamento estrutural ditado pelas fraturas, falhas e foliação.

Além dos escorregamentos estruturados e rolamento de blocos, identificou-se por toda área os processos erosivos, principalmente sulcos e ravinas. Escorregamentos em maciços artificiais também foram verificados. Estes processos estão ligados aos aterros construídos para implantação da rodovia.

As cicatrizes de escorregamentos observadas e as situações de riscos existentes (ANEXO E) apontam como principais condicionantes a alta declividade dos setores, que é bem destacada na carta de declividade (ANEXO D), os elevados índices pluviométricos registrados, as estruturas presentes e indiscutivelmente as modificações realizadas na geometria dos taludes, através dos cortes. Assim, observa-se uma concentração de escorregamentos mobilizando solo superficial e colúvio no intervalo de declividade entre 15%-30%, enquanto os processos que instabilizam solo saprolítico e saprolito ocorrem nas declividades entre 30%-60% e maior que 60%. No entanto, constatou-se muitos locais onde foram mobilizados solos saprolíticos em declividades inferiores (15-30%).

Com relação à geometria dos escorregamentos, os planares rasos distribuem-se por todos intervalos de declividades, concentrando-se na faixa entre 15-30%. As características das cicatrizes de escorregamentos e a análise das sondagens, onde não são verificados os níveis d'água, apontam para um modelo de ruptura sem elevação de níveis d'água preexistente.

Quanto aos condicionantes climáticos, embora o registro do histórico dos acidentes não tenha dado subsídios suficientes para efetuar a retroanálise dos processos, de forma preliminar constatou-se que os escorregamentos estão relacionados aos volumes acumulados da ordem de 66mm diários e/ou acumulados em dois e três dias de aproximadamente 100mm.

A vegetação foi utilizada como um indicador importante nos levantamentos de campo, pois através da observação da inclinação de troncos de árvores foi possível detectar os processos tipo rastejo.

De modo geral, a atuação antrópica no desencadeamento dos escorregamentos esta ligada às modificações realizadas na geometria dos taludes através de cortes subverticais executados para implantação da rodovia, à construção inadequada de aterros, à falta ou deficiência de drenagem e manutenção superficial.

Em função das características acima discutidas, verifica-se que a rodovia apresenta condicionantes naturais que favorecem a ocorrência de escorregamentos. Seus terrenos quando sofrem às intervenções antrópicas, têm sua dinâmica fortemente acelerada.

O histórico dos escorregamentos ocorridos na SP-55, e em outras rodovias brasileiras demonstra a importância do conhecimento das condições geológicas e geotécnicas de uma região nas fases iniciais do projeto, como forma de prever as conseqüências das decisões que envolvam a transformação do uso do solo. O entendimento da ação antrópica como condicionante dos escorregamentos é um passo importante para intervir nos danos causados pelos processos.

9.3 Identificação e análise de riscos de escorregamentos

A identificação e análise das situações de riscos foram executadas, apoiando-se, no zoneamento realizado inicialmente. A hierarquização das situações de riscos se deu de forma relativa, pela comparação entre as situações de riscos identificadas.

Analizou-se os riscos que envolvem a possibilidade de danos sociais e econômicos para a população do entorno da rodovia e para os usuários da mesma. Os prejuízos econômicos para a rodovia também foram analisados. Dessa forma delimitou-se os setores de risco alto, médio e baixo.

As maiores declividades foram observadas no trecho entre os km 378+000 ao 385+000 que é o trecho serrano. Também é neste trecho que verificam-se as situações mais críticas, onde um maior número de componentes da rodovia estão em situações de risco alto.

Constatou-se também na Carta de Riscos de Escorregamentos setores de risco alto mais localizados, ou seja, afeta alguns locais específicos sendo, portanto, mais fácil de caracterizar as situações de riscos, de realizar medidas de prevenção e correção. Já no trecho serrano, observou-se que o processo está afetando uma grande área, sendo generalizado e mais difícil de prever e corrigir os danos causados.

De modo geral, na rodovia predominam situações de riscos associadas às ocorrências de escorregamentos nos terrenos constituídos pelos produtos de alteração das rochas granitóides, migmatíticas e granulitos que se associam aos migmatitos homogêneos e xistos.

As análises dos acidentes com escorregamentos apontam a região de Pedro de Toledo e da serra como as mais críticas, e é neste trecho que ocorre intenso tráfego de veículos leves e pesados que aumenta nos feriados e em certas horas de pico. Assim, dos trechos analisados, constatou-se que este é o mais provável para ocorrer a interdição da rodovia, congestionamentos e acidentes quando da ocorrência dos escorregamentos.

9.4 Carta de Riscos Associados a Escorregamentos

A Carta de Riscos de Escorregamentos foi elaborada de forma relativa, onde os trechos foram definidos pela comparação entre as diferentes situações de riscos ao longo da rodovia, apresentando os seguintes aspectos principais:

- fornece um diagnóstico das situações de riscos ao longo da rodovia;
- contém uma legenda com os trechos de riscos, suas características principais e recomendações para gestão dos passivos ambientais;
- pode auxiliar os órgãos rodoviários que queiram intervir com medidas estruturais e não estruturais, pois apresenta uma hierarquização dos riscos. A carta na escala 1:10.000 poderá ser utilizada na avaliação da viabilidade técnico-econômica para implantação de obras que visem reduzir os riscos identificados e portanto, recuperação dos passivos ambientais;
- auxilia na possível elaboração e implementação do PPE e PAEE, pois contém a identificação, análise e representação dos riscos associados a escorregamentos.

Com relação à representação cartográfica dos riscos, a escala utilizada enquadra-se numa escala de projeto ou dirigida ao planejamento do uso do solo e normalização de construções, conforme recomendação da ONU, e se mostrou adequada para estudo dos passivos ambientais associados a escorregamentos.

Destaca-se que os resultados apresentados na carta de riscos deixam de expressar a real situação depois de algum tempo, pois a região apresenta uma dinâmica natural acelerada que altera as condições de estabilidade dos taludes com agravamento dos riscos.

Ressalta-se que a carta de riscos de escorregamentos poderá subsidiar o gerenciamento ambiental da rodovia através de sua utilização em conjunto com vários instrumentos de gestão ambiental, e que a mesma foi utilizada com sucesso para hierarquização dos passivos ambientais.

9.5 Metodologia utilizada para elaboração da Carta de Riscos de Escorregamentos

A metodologia de AUGUSTO FILHO (1994), em parte, adotada para elaboração da carta de riscos, é bastante abrangente e atendeu os objetivos fixados proporcionando a obtenção de resultados nas diversas etapas de trabalho.

Uma das principais características desta metodologia é sua aplicabilidade apoiada na proposição de etapas de trabalho e técnicas de investigação adaptáveis aos diferentes objetivos e disponibilidades de recursos.

Dado que, as etapas de investigação são orientadas pela formulação dos modelos fenomenológicos dos escorregamentos, que por sua vez, são elaborados a partir dos condicionantes ambientais de cada área de estudo, sua utilização pode ser estendida para outras regiões do território brasileiro, concordando-se com o Autor.

A fase de análise da Metodologia é direcionada para zoneamento quanto à suscetibilidade e tipologia dos escorregamentos e caracterização do uso e ocupação quanto aos danos sociais e econômicos potenciais. Nesta fase houve a necessidade da caracterização dos danos econômicos para a rodovia e dos danos socioeconômicos para os usuários da mesma. Assim, outros parâmetros diretamente relacionados à rodovia e sua dinâmica foram considerados para análise de riscos.

O zoneamento quanto à tipologia dos escorregamentos permitiu a caracterização de escorregamentos estruturados como processo predominante na área, seguidos por escorregamentos planares rasos. A ficha de campo contendo as informações a serem levantadas em campo é de suma importância, pois torna o trabalho mais rápido e completo evitando passarem despercebidas informações relevantes.

9.6 Passivos Ambientais associados a escorregamentos

Quanto aos Passivos Ambientais associados a escorregamentos constatou-se a seguinte situação:

- a maioria dos pontos considerados como Passivo Ambiental localiza-se dentro da faixa de domínio e está associada aos cortes executados para a implantação da rodovia, aos escorregamentos estruturados, e podem ser enquadrados na 1ª categoria, Grupo I do DER/SP; BID (2001);
- alguns passivos representam antigas áreas de empréstimos utilizadas na construção da rodovia, as quais, aparentemente, não receberam nenhum tratamento visando à reintegração das mesmas à paisagem;
- algumas destas áreas continuam sendo utilizadas por terceiros em obras diversas inseridas na área de influência da rodovia, agravando o cenário da degradação já existente;
- locais novos, explorados por terceiros, também são freqüentes, entretanto, os mesmos podem ser considerados como de pequeno número quando comparados àqueles herdados da implantação;
- problemas de erosão e escorregamentos sobre cortes, aterros e colapso do sistema de drenagem, geralmente, são decorrentes da falta de manutenção da via.

Frente a este quadro, definiu-se as ações de gestão. A primeira ação de gestão discutida corresponde à recuperação dos passivos associados a escorregamentos na rodovia. Esta ação está diretamente associada aos graus de riscos e é aplicável em quatro grupos distintos de acordo com DER (1999): Conservação de rotina, Grupo I (obras de conservação especial), Grupo III (restauração e/ou melhoramentos sem alteração de traçado) e conservação de emergência. A cada grupo de intervenção proposto, geralmente, está associado um grau de risco.

Ressalta-se que a hierarquização dos passivos ambientais a serem recuperados foi muita facilidade através da Carta de Riscos de Escorregamentos. Considerou-se também as características operacionais da rodovia e de seu entorno de acordo com os levantamentos de campo e DNER (1996).

Destaca-se que a SP-55 localiza-se numa região com condicionantes legais e ambientais restritivos expressos pelas áreas legalmente protegidas que apresentam grandes restrições à intervenções. Assim, as obras a serem implantadas na região serrana necessitam de anuência dos órgãos ambientais e poderão carecer de recursos para compensação dos impactos quando intervirem em áreas legalmente protegidas e vegetação de mata atlântica. Nos demais locais as obras poderão ser enquadradas nas disposições da Resolução SMA - 081/98.

As demais ações definidas correspondem à supervisão e monitoramento ambiental dos taludes; de obras de estabilização, drenagem e outras obras civis e gestão através da implementação de PPE e PAEE.

9.7 Plano Preventivo e Plano de Atendimento Emergencial de Escorregamentos

A implantação de um PPE e de um PAEE depende de esforços conjuntos principalmente entre DER de São Paulo, Cubatão, Pedro de Toledo e Prefeituras. Analisando-se a estrutura atual de atendimento a emergências com escorregamentos do DER de Pedro de Toledo, pode-se observar a necessidade de agregar novos órgãos públicos e privados na estrutura organizacional e um envolvimento maior das entidades locais e regionais.

Após o Decreto Lei 96.044 de 18/05/88, que regulamenta o transporte rodoviário de produtos perigosos no Brasil, as empresas de transportes e as indústrias químicas procuraram implantar programas para se adaptarem ao novo regulamento. Assim, as empresas responsáveis pela operação de rodovias no Estado de São Paulo, estão realizando avaliação de riscos e elaborando planos de atendimentos a emergências decorrentes do transporte com produtos perigosos (ARTESP; CONSÓRCIO RODOVIÁRIO, 2003 e ISSÁ, 2003).

Neste contexto, uma empresa ou órgão que já possua um PAE para cargas perigosas terá facilidade para implementação de um PPE e de um PAEE. As informações contidas na Carta de Riscos de Escorregamentos são fundamentais para o planejamento do atendimento às emergências com base no conhecimento dos trechos críticos de acidentes e na localização das áreas vulneráveis.

Compete ao DER realizar um cuidadoso planejamento de ações preventivas, corretivas e emergenciais no âmbito de um Programa de Recuperação de Passivos, para proteger as comunidades locais, os usuários da rodovia e a própria rodovia.

O Programa poderá ser implantado com a estrutura organizacional existente e progressivamente envolver outros representantes. A estratégia de implementação deverá:

- a) contar com um banco de dados de todos os eventos ocorridos para efetuar estudos de retroanálise dos escorregamentos;
- b) manter viaturas especialmente equipadas para atendimento à emergências;
- c) oferecer apoio logístico emergencial para que se possa manter o compromisso de minimizar impacto ambiental e prestar assistência na via;
- d) contar com vários pontos de rádio de comunicação;
- e) oferecer treinamento periódico a todos os participantes dos Planos.

9.8 Sistemática Proposta

A Sistemática Proposta contempla cinco grandes fases, bastante abrangentes e com atividades específicas e inter-relacionadas que possibilitam e facilitam a gestão dos passivos com diferentes objetivos. Assim, a caracterização, classificação, hierarquização e priorização de passivos ambientais, realizado à luz da Sistemática Proposta foram realizadas com sucesso. Em rodovias localizadas em regiões serranas acredita-se que certamente a aplicação da mesma é de fundamental importância, pois além da priorização dos pontos a serem recuperados, priorização esta realizada apoiada nos fundamentos da Análise e Cartografia de Riscos, os produtos obtidos poderão ser utilizados em trabalhos posteriores como, por exemplo, para supervisão ambiental da rodovia.

Os trabalhos desenvolvidos fornecem uma visão global das características da rodovia e onde, realmente estão os pontos de maiores riscos e, portanto, permite estabelecer uma Sistemática para hierarquização e gestão dos passivos ambientais associados a escorregamentos em rodovias.

Verificou-se, portanto, que a Cartografia Geotécnica é uma ferramenta de grande eficiência para gestão de passivos ambientais e que a implementação de PPE e PAEE é inteiramente viável em empreendimentos rodoviários.

Capítulo 10

Conclusões e recomendações

Após análise das metodologias, técnicas e sistemáticas propostas para gestão ambiental de rodovias, formulou-se a Sistemática para Gestão de Passivos Ambientais Associados a Escorregamentos, fundamentada na Cartografia de Riscos, nos PPDC, na abordagem da *UNDRO* (1991) e nos Instrumentos de Gestão Ambiental.

A Sistemática mostrou-se adequada para o cadastramento, classificação e principalmente hierarquização e acompanhamento dos passivos ambientais associados a escorregamentos. O cadastramento dos escorregamentos e sua apresentação em planta mostrou-se muito eficiente para determinar os trechos mais críticos ao longo da rodovia visando efetuar a gestão dos passivos associados a estes processos. Em relação à área de influência do meio físico, observou-se que os escorregamentos que ocorrem ao longo da via apresentam, geralmente, uma área de influência dentro da própria faixa de domínio, no entanto, seus condicionantes estão além desta faixa e são também de caráter regional.

Constatou-se que o ponto principal para estabelecer níveis de segurança ao longo de uma rodovia é através da comparação entre vários locais, tendo em vista a influência dos mesmos no contexto global da via. Assim, os níveis de segurança foram definidos de acordo com os graus de riscos. Após a hierarquização e priorização dos locais a serem recuperados, foram constatados locais que se caracterizam como passivos ambientais, mas não apresentam riscos à rodovia e a terceiros e que, portanto, é possível conviver com os mesmos, entretanto, não perdendo de vista a necessidade de acompanhamento para evitar a gravidade da situação.

Constatou-se ainda, que é difícil realizar trabalhos de hierarquização de passivos ambientais em regiões serranas sem utilizar os fundamentos da análise e cartografia de riscos, visto que, são meios de identificação, análise e representação das características e comportamento do meio físico.

Neste sentido, a Carta de Riscos caracterizou-se como importante ferramenta na hierarquização e priorização dos locais a serem recuperados, na seleção dos locais a serem monitorados e supervisionados e, portanto, no acompanhamento da dinâmica da área.

Verificou-se que só é possível um conhecimento global das condições ambientais da via através da utilização das cartas geotécnicas e que utilizando-se a carta de riscos tem-se maior controle sobre o estado geral dos taludes; pode-se interferir em fases anteriores à ocorrência dos processos às situações que levam a risco alto; permite ter o controle dos condicionantes para deflagração dos processos; realizar previsões de instabilidades e assim, efetuar a ação de gestão mais adequada.

No âmbito de um Sistema de Gestão Ambiental de rodovias, o PPE apresenta como principal importância o fato de propiciar uma forma mais segura de convivência com as situações de riscos enquanto não são implantadas as intervenções estruturais. Sua implementação exige a montagem nos órgãos rodoviários de uma infra-estrutura voltada para o controle de riscos geológicos e geotécnicos, estabelecendo as bases para um Programa de Gestão de Passivos Ambientais Associados a Escorregamentos.

Fazendo uma analogia com as observações de ISSÁ (2003), o PPE e o PAEE devem ser encarados pelos empreendedores como instrumentos de gestão de seus negócios, visto que a ocorrência de um acidente maior certamente acarretará em muitos danos à população, perda de cargas, paralisação da rodovia, conflitos com os usuários e desgaste da imagem do órgão perante a opinião pública, com a conseqüente perda de credibilidade.

Em linhas gerais, pode-se observar que as atividades e a própria sistemática de cartografia geotécnica atende ao conjunto de técnicas previstas na Resolução 001/86 do CONAMA, Artigo 6º.

Como recomendações destaca-se a possibilidade de elaboração de novas sistemáticas e/ou metodologias contemplando outros processos dos diferentes meios, baseadas nos fundamentos propostos que permitem avaliar diretamente as características de certo trecho a ser recuperado; utilização da cartografia geotécnica para realização de outros estudos ambientais de empreendimentos rodoviários e adaptação da Sistemática Proposta para o estudo de passivos ambientais associados a escorregamentos em rodovias que atravessam áreas intensamente urbanizadas.

Sugere-se também o desenvolvimento de pesquisas para avançar no conhecimento sobre o raio de alcance dos escorregamentos, obtendo-se assim, informações que são fundamentais para a avaliação dos danos potenciais em uma certa área.

Recomenda-se que a gestão de passivos ambientais em rodovias envolva os fundamentos da gestão de riscos associados a escorregamentos, contemplando a cartografia de riscos e os planos preventivos de escorregamentos e que os estudos dos passivos ambientais associados a escorregamentos apresentem também um caráter preventivo. Logo estes estudos devem visar ao levantamento de informações para serem articuladas a um Sistema de Gestão Ambiental da Rodovia.

Seria também importante, que o DER desenvolvesse campanhas, onde são colocadas ao longo da rodovia faixas educativas, painéis de mensagens variáveis, “*outdoors*”, além da distribuição de folhetos nas praças de pedágios. Entre os objetivos destes meios educativos está o de reduzir a velocidade nos trechos próximos aos acidentes e/ou suscetíveis à ocorrência dos mesmos. Essas campanhas podem ser realizadas em parceria com outras empresas e devem durar no mínimo o período chuvoso.

Ressalta-se que Painéis de Mensagens Variáveis (PMVS) têm se mostrado meios de informações bastante eficazes em rodovias, pois transmitem informações fornecidas em tempo real pelo CCO (Centro de Controle Operacional) que possui o domínio do que acontece na rodovia por meio do sistema de monitoramento de tráfego. Na ocorrência de algum problema na rodovia, os PMVS possibilitam ao usuário escolher o melhor trajeto, obter informações sobre as condições meteorológicas, obras, acidentes na pista e desvios de tráfego, evitando assim, o trecho com interferência. Estes painéis devem ser implantados em locais estratégicos da rodovia.

Outro aspecto importante é a sinalização do solo, através da implantação de tachas refletivas para realçar a divisão entre as faixas de rolamento e alertar os usuários sobre a redução de velocidade nos locais críticos. Em relação às prefeituras, estas poderiam em parceria com o DER, desenvolverem programas de educação no trânsito.

O desenvolvimento desta pesquisa propiciou uma sistematização de dados sobre os instrumentos de gestão ambiental praticados no meio rodoviário; metodologias utilizadas para gestão de danos causados por escorregamentos; planos preventivos; atendimentos emergenciais e situações de riscos e acidentes associados a escorregamentos.

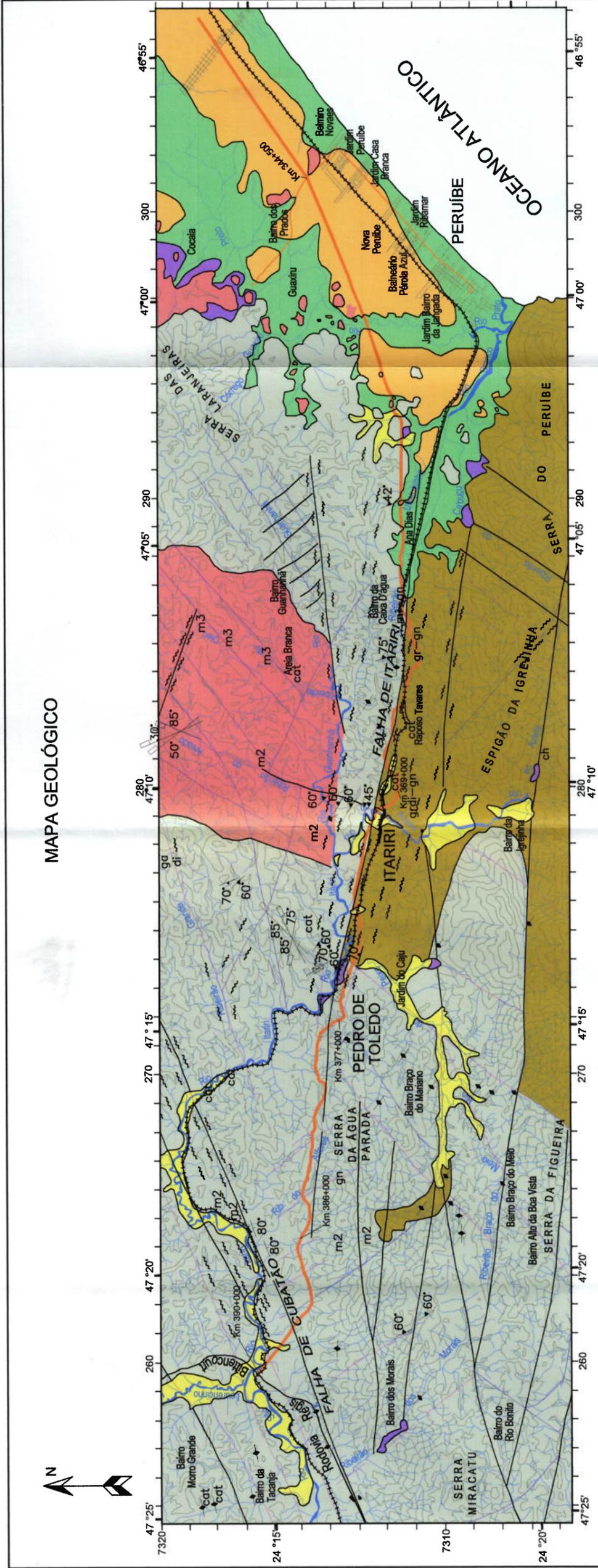
Constatou-se que várias metodologias, sistemáticas e técnicas têm sido apresentadas e discutidas em muitos eventos sobre avaliação de riscos associados a escorregamentos. No entanto, como já constatado por PACHECO *et al.* (1997), a maioria dos trabalhos refere-se à análise de riscos em áreas urbanas ocupadas pela população de baixa renda, principalmente em grandes centros urbanos. Entretanto, os conceitos e fundamentos da Análise, Cartografia de Riscos e dos Planos Preventivos podem ser aplicados aos casos de taludes rodoviários, especialmente para gestão de passivos ambientais associados a escorregamentos.

A análise dos resultados obtidos nas diferentes etapas da pesquisa permite concluir que o trabalho realizado atingiu os objetivos estabelecidos. Finalmente, espera-se que esta Pesquisa possa contribuir para a realização de estudos de passivos ambientais, e ampliar a utilização da Cartografia Geotécnica e do PPE em estudos e projetos rodoviários.

ANEXOS

ANEXO A Mapa Geológico

MAPA GEOLÓGICO



LEGENDA

- QUATERNÁRIO HOLOCENO**
 - 1 - Aluviões em geral
 - 2 - Sedimentos coluviais
 - 3 - Sedimentos arenosos de deposição marinha
 - 4 - Sedimentos arenoso-siltico-argilosos de deposição flúvio-marinha-lacustre indiferenciados
- PALEOZÓICO CAMBRO-ORDOVICIANO**
 - Rochas cataclásticas: milonitos, filonitos e cataclastos
- PRÉ-CAMBRIANO COMPLEXO GNÁISSICO MIGMATÍTICO**
 - 1 - Migmatitos heterogêneos
 - 2 - Migmatitos homogêneos com associação de brechitos e anatexitos
 - 3 - Piroxênio granulitos, granulitos, charmoquitos e rochas granito-gnaissicas a hiperstênio, incluindo anfibolito e serpentinito localmente migmatizado

- Contato geológico definido
- Falha definida
- Falha aproximada / alinhamentos estruturais
- Fratura
- Foliação com mergulho medido ou indicado
- Atitude de fratura com mergulho vertical
- Atitude de fratura

- Curvas de nível principais
- Drenagem
- Estradas pavimentadas
- Estradas sem pavimentação
- SP-55 - Rodovia Padre Manoel da Nóbrega
- Núcleos urbanos
- Ferrovia

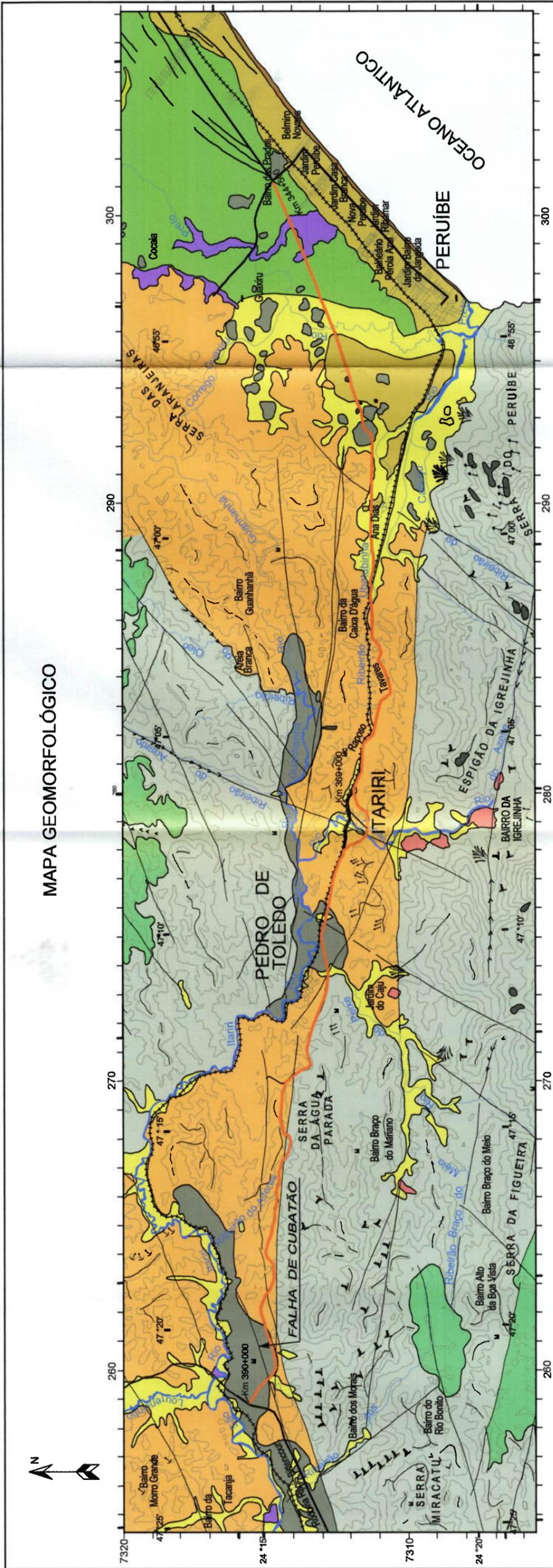
- ### AFLORAMENTOS ISOLADOS
- cat - cataclásio
 - ch - charmoquito
 - gn - gnaíссе
 - gr-gn - granito gnaíссе
 - grd-gn - granodiorito gnaíссе
 - mb - metabasito
 - m3 - migmatito heterogêneo
 - m2 - migmatito homogêneo
 - mi-gn - migmatito gnaíссе



Fonte: Modificado de SUDELPA (1974) e IPT (1981)
Cartas Topográficas 1:50.000 do IBGE (1973)

ANEXO B Mapa Geomorfológico

MAPA GEOMORFOLÓGICO



LEGENDA

1 - PRÉ-CAMBRIANO SUPERIOR FORMAS DO TERRENO Espigões e morros - nível intermediário Altitude entre 100/300 metros Morros e colinas - nível inferior Altitude entre 60/100 metros Vertentes do planalto Superfície de cimeira de 400/650 metros Rocha sã aflorante Linha principal de crista Morro isolado		MORFOLOGIA DAS VERTENTES E DOS VALES Colúvies de pé de encosta Cone de dejeção Vale fortemente inciso FORMAS DE EROÇÃO NAS VERTENTES 1 - AÇÃO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL Erosão por escoamento difuso (erosão laminar) Erosão por escoamento concentrado (ravinaamento) 2 - MOVIMENTOS DE MASSA Estrias de deslizamento ("debris slides") Nicho de deslizamento ("landslides")		2 - CENOZÓICO FORMAS E FORMAÇÕES FLUVIAIS Sedimentos fluviais recentes do baixo terraço Sedimentos fluviais do alto terraço FORMAS E FORMAÇÕES MARINHAS E LITORÂNEAS Sedimentos de praia recentes - baixo estirâncio arenoso Terraços marinhos elevados Planície flúvio-marinha e planície flúvio-lagunar Baixo terraço marinho com cobertura edíca Cristas de cordões arenosos		INDICAÇÕES LITOLÓGICAS M Migmatitos MC Migmatitos cataclásticos ESTRUTURAS TECTÔNICAS Falhas e Fraturas importantes	
MORFOLOGIA DAS VERTENTES E DOS VALES Colúvies de pé de encosta Cone de dejeção Vale fortemente inciso FORMAS DE EROÇÃO NAS VERTENTES 1 - AÇÃO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL Erosão por escoamento difuso (erosão laminar) Erosão por escoamento concentrado (ravinaamento) 2 - MOVIMENTOS DE MASSA Estrias de deslizamento ("debris slides") Nicho de deslizamento ("landslides")		INDICAÇÕES LITOLÓGICAS M Migmatitos MC Migmatitos cataclásticos ESTRUTURAS TECTÔNICAS Falhas e Fraturas importantes		HIDROGRAFIA Drenagem AÇÕES ANTRÓPICAS Ferrovia Estradas Núcleos urbanos SP - 55 - Rodovia Padre Manoel da Nóbrega			
CONVENÇÕES Curvas de nível principais				Escala 1:150.000 0 1 2 3 4 Km			

ANEXO C Ficha Para Levantamento de Passivos Ambientais

ANEXO C FICHA PARA LEVANTAMENTO DE PASSIVOS AMBIENTAIS

RODOVIA: Padre Manoel da Nóbrega

Código: SP – 55

1. Código do passivo ambiental: SP – 55 / CO / 001

2. Localização

Km: 353 + 100

Distância do eixo: 8 m

Altura aproximada: 25 m

Estaca: - / -

Lado (D/E): - / E

Total de eventos: 3

3. Impacto / passivo ambiental

- 3.1 Assoreamento de cursos de água ()
- 3.2 Obstrução de acostamento (X)
- 3.3 Invasão de Área de Preservação Permanente - APP ()
- 3.4 Prejuízos a lindeiros ()
- 3.5 Modificação do relevo (X)
- 3.6 Aumento da carga de sedimentos (X)
- 3.7 Represamento parcial de cursos d'água ()
- 3.8 Inundações ()
- 3.9 Alteração da qualidade das águas superficiais (X)
- 3.10 Bloqueio ou restrição de movimento através da rodovia (X)
- 3.11 Outros: (citar e descrever sucintamente)

4. Processos associados

- 4.1. Erosão laminar diferenciada ()
- 4.2. Erosão linear
 - 4.2.1. Sulco (X)
 - 4.2.2. Ravina (X)
 - 4.2.3. Voçoroca ()
 - 4.2.4. Paralela ao eixo ()
 - 4.2.5. Perpendicular ao eixo (X)
 - 4.2.6. Diagonal ao eixo ()
 - 4.2.7. Associada à obra de drenagem ()
- 4.3. Instabilização
 - 4.3.1. Corrida de massa (*escoamento rápido de solo ou solo/rocha, através de linhas de drenagem*) ()
 - 4.3.2. Rastejos (*deslocamento descendente lento e contínuo de horizontes superficiais de solo em encostas*) ()
 - 4.3.3. Escorregamentos (*deslocamentos rápidos de massa definida de solo ou solo/rocha*) (X)
 - 4.3.4. Movimento de blocos (*desloc. de blocos rochosos com risco de descalçamento ou deslocamento*) (X)
 - 4.3.5. Queda/rolamento de blocos (*desloc. por perda de apoio ou decréscimo da resistência mecânica*) (X)
 - 4.3.6. Empastilhamento (*desagregação de corte por fendilhamento em grande escala da rocha*) ()
 - 4.3.7. Escorregamento estruturado (X)
 - 4.3.8. Outros: (citar e descrever sucintamente)

ANEXO D Carta de Declividade

ANEXO E Carta de Riscos Associados a
Escorregamentos da Rodovia Padre Manoel da
Nóbrega – Trecho Entre Peruíbe e a BR-116

ANEXO F Protocolo da Auditoria Informal
Realizada

ANEXO F - PROTOCOLO DA AUDITORIA INFORMAL REALIZADA

SOBRE A FAIXA DE DOMÍNIO

1) Existem pontos com erosão e/ou escorregamento na faixa de domínio?

Sim, principalmente na região da Serrinha.

2) Existem dados ou registros de escorregamentos ao longo da via?

Sim, sendo que a região mais crítica é a da Serrinha, principalmente no km 379+500, pista esquerda. Em 1987, rompeu a cortina atirantada que tinha sido implantada. Em 1997 e no ano de 2001, rompeu novamente e a rodovia ficou interditada por quatro meses. Trata-se de uma obra provisória que até os dias atuais não foi efetuada a segunda fase.

3) Quais os locais onde foram elaborados projetos de contenção? E quais são os tipos de projetos?

Principalmente na região da Serrinha. Contemplaram cortinas atirantadas, obras de drenagem e retaludamento.

4) Quais locais ocorreram interdição da pista?

No km 379+500.

5) Qual a situação das obras realizadas?

Como já mencionado, a cortina implantada no km 379+500 encontra-se em situação crítica.

6) Quais são as rotas e desvios alternativos? Tem mapas? São observadas erosões e/ou escorregamentos nesses acessos?

O desvio alternativo para o tráfego local é o acesso à Musácea. O tráfego que vem do sul do País é informado pela Polícia para seguir sentido São Paulo pela BR-116. Já o tráfego que vem de São Paulo é informado na curva do "S" (km 292+000).

7) O desvio de tráfego proposto é adequado?

Sim, pois como já mencionado é o mesmo que tem sido utilizado.

8) A Defesa Civil Municipal registra as ocorrências da rodovia? Quando ocorrem interdições da rodovia a Defesa Civil registra?

Praticamente não.

MANUTENÇÃO PREVENTIVA DAS OBRAS DE CONTENÇÃO E DRENAGENS

9) Qual a prioridade da manutenção? Quais são as técnicas?

A manutenção é fundamental. Hoje existe uma equipe contratada para tal finalidade. Acredita-se que a manutenção iniciou-se em 1999.

10) Existe alguma equipe que faz vistoria em campo após ocorrência dos processos?

Atualmente existe a UBA (operação e conserva). Existe uma UBA no trecho estudado e também a equipe do CCO.

11) Em quanto tempo a manutenção é realizada?

A manutenção é feita o ano todo e é dividida em: conserva de rotina e especial. No entanto, os taludes não estão sendo recuperados.

12) Nas áreas onde existe vegetação de preservação permanente, existem orientações específicas para as equipes?

Sim, não desmatar sem comunicar.

13) Quando ocorrem escorregamentos as informações são documentadas? De que modo? Para quem são repassadas?

As informações documentadas são àquelas relacionadas às obras. Caso contrário, as mesmas não são documentadas.

14) Os proprietários com terrenos na faixa de domínio são avisados das atividades de manutenção, ou quando são realizadas obras de contenção?

Não.

15) Quando ocorrem obras de contenção em APP ou quando ocorrem cortes da vegetação a SMA é avisada?

Recentemente sim, e 0,5% fica para compensação, mesmo nos casos das obras emergenciais.

16) Para onde são encaminhados os resíduos sólidos?

Bota-foras municipais.

17) Quais equipamentos são utilizados para a poda?

Técnicas manuais.

18) Para a observação específica de processos erosivos e escorregamentos existe treinamento? As informações são documentadas? De que modo? Para quem são repassadas?

Não.

19) Quando da interdição da via há algum tipo de sinalização informando usuário quanto aos desvios?

Sim, principalmente nos últimos dois anos. Os usuários são informados no cruzamento da BR-116 e no km 292+000 da SP-55.

20) Há verificação da eficiência das drenagens? Quem faz a manutenção? É feita a manutenção da cobertura superficial?

Atualmente há conservação das drenagens, mas não como se deveria, pois a região é muito crítica. Há necessidade de estudos para implantação de Macrodrenagem.

ESTRUTURA E SERVIÇOS DE APOIO

21) Existem estruturas de apoio ao DER quando da ocorrência do processo?

Sim. Para a operação é o CCO que tem a rota de inspeção. A equipe é constituída por: 1 engenheiro de operação, 1 engenheiro de conservação, 2 supervisores, 4 operadores e vários inspetores. Também existe o 0800, no entanto, é em São Paulo.

MANUTENÇÃO CORRETIVA E AÇÕES EMERGENCIAIS

22) Quais são os problemas mais freqüentes?

Em aterros e associados à deficiência do sistema de drenagem.

23) Quem se responsabiliza pela fiscalização das equipes de campo?
Engenheiro João Sabino, responsável pela operação e Engenheiro Pedro Tadeu Jordão responsável pela conserva de rotina e obras.

24) Quais são os procedimentos para realizar obras em APP?
As projetistas contratadas que cuidam destas questões.

25) Quanto tempo pode durar uma interdição na SP 55?
Na gestão do Auditado a maior durou 4 meses, porém há relatos de até 12 meses.

26) Quais são os principais problemas com a população?
Comprometimento dos horários escolares de estudantes; aumento no percurso das cargas vindas de Curitiba para Santos; transtornos decorrentes da pressão exercida pelos produtores de areia da região; transtornos decorrentes de fatores não técnicos.

AMPLIAÇÃO DA RODOVIA

27) Existem controles sobre as áreas de riscos? Quais são os principais locais? Existe uma caracterização desses postos?
Não. Do km 378+000 ao 385+000. Não, apenas quando são realizados projetos.

28) Há um histórico de acidentes e/ou problemas? Qual a forma de organização das informações?
A partir do ano 2000 sim. Quanto à organização, fica a cargo de outro gestor.

29) Existem mapas? E delimitações das UC?
Não.

30) Existem programas para atendimentos de emergências? O DER de Cubatão envolve-se? Quais os procedimentos adotados em campo? Como é o gerenciamento interno?
Não. Sim, o Diretor de Conservação e regional. Os procedimentos adotados em campo compreendem em interdição, sinalização, envolvimento de pessoal competente (CCO e PMR).

31) Caso ocorram processos que venham interditar a via nos finais de semana, quais são os procedimentos?
Os mesmos mencionados anteriormente.

32) Como é a relação com os órgãos ambientais, ONG'S?
Não há conflitos.

33) Existe solicitação de autorização aos órgãos ambientais para efetuar a poda?
Sim, para atender à resolução SMA - 81/98.

34) É de conhecimento da equipe a existência de uma legislação ambiental específica e normas ambientais relativas à operação?
Não, apenas os Engenheiros responsáveis realizaram um curso em 1998.

35) Quais são as épocas do ano que se faz a manutenção?
É feita o ano inteiro.

36) São feitas vistorias de campo para verificar indícios de escorregamentos, tais como: degraus de abatimento, trincas no asfalto, árvores inclinadas etc?
Não.

37) Qual a situação em relação ao sistema de drenagem implantado na via?
Apresenta-se em boa situação.

38) Existem bota-foras?
Sim, também há lixão e outras áreas.

39) Quando da realização das obras essas interferiram em APP? Como são feitas as proteções das APP e das Matas?
Não são feitas.

40) Existem invasões das faixas de domínio?
Não. Plantar na faixa não há possibilidade. Para manter quiosque, tem que ter uma autorização do DER.

41) Existe algum critério para interdição da via?
Sim, os já mencionados anteriormente.

42) Outras rodovias são interditadas?
Não.

43) Como fosse aceito implementar um PPE e um PAEE na SP - 55 qual a estrutura organizacional proposta?
A existente mais um técnico da área de geotécnica.

44) A equipe faz treinamento periódico?
Não. A última foi no ano de 2000.

45) Como é o plantão do DER?
12 em 12 h.

46) Seria possível a participação do corpo de bombeiros no atendimento de emergências? Da CETESB? Polícia Militar Rodoviária? Prefeituras? SABESP? SAE'S? COMDEC? CEDEC? REDEC?
Não há necessidade. Não. Sim, em fase de transição para ver quem deve atuar. Sim. Não. Desconhece o restante.

47) Ao longo da SP 55 existem SAU'S? CCO? Inspeção de tráfego? Serviço de guincho? Serviço de resgate?
Não. Sim. Sim. Sim. Sim.

48) Quem costuma informar quando ocorre interdição da via?
O Centro de Controle Operacional.

49) Existem placas com o telefone do DER? Os atendentes são treinados?
Sim. Foram treinados no primeiro curso apenas.

50) Quem é avisado primeiro a PM ou o DER?
Ambos.

51) Ao chegar no local é feita a sinalização? Patrulhamento?

Sim. Ambos.

52) Quem fornece as máquinas para a remoção dos materiais?

Hoje é a empresa contratada para conserva. Por lei o DER não pode colocar máquinas próprias.

53) Após a ocorrência é feito um relatório?

Sim, após o ano 2000.

54) O fluxograma apresentado é possível de ser adotado pelo DER? Quais são as facilidades e dificuldades na sua adoção?

Sim, treinamento na área de geotecnia.

55) Quanto tempo demanda para a rodovia voltar ao estado normal após a interdição?

Depende do problema, no ano de 2001, como já foi relatado, demorou 4 meses.

56) A estratégia de ação para o desenvolvimento dos trabalhos de recuperação é definida por quem?

Secretaria dos transportes.

57) Quais são os procedimentos adotados para aproximação dos locais onde ocorrem os processos?

Sensibilidade dos profissionais.

58) Há registros de vítimas? Muitas pessoas se aproximam?

Não. Há danos materiais devidos à continuidade do processo e às vezes, muitas pessoas se aproximam.

59) Após ocorrência são feitas vistorias nos local? Qual o destino do material mobilizado?

Sim. Bota – fora municipais.

60) As galerias, drenagens, poços d'água e de contenção são protegidas?

Não.

61) Já houve necessidade de desviar o tráfego?

Sim, nesta gestão no ano de 2001.

63) É possível estabelecer um sistema de comunicação entre DER/CCO/ PMR/PM?

Sim, com a PM já existe um bom sistema de comunicação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABITANTE E.; DIAS R.D.; TRICHES, G. Cartografia geotécnica e a engenharia rodoviária. 1998. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA. 3º. Florianópolis. Anais. Florianópolis. ABGE/UFSC/LAMGEO. 1998. 1 CD-ROM.
- AGÊNCIA REGULADORA DE TRANSPORTES DO ESTADO DE SÃO PAULO – ARTESP; CONSÓRCIO RODOVIÁRIO. 2003. Relatório de ampliação e meio ambiente nº 02 - Tomo III – Meio Ambiente – Avaliação Ambiental do 3º RADA. 2003.
- AGUIAR, R.L. **Análise do mapeamento geotécnico nos processos de gestão ambiental: bases conceituais para aplicação no Distrito Federal.** 1994. São Carlos: Departamento de Geotecnia, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1994/ Apresentado ao Seminário de Pós - Graduação, na Disciplina SGS-833.
- ALMEIDA, L.C.R. et al. Mapeamento para cadastro de pontos de alto risco geológico-geotécnico em vias públicas: o exemplo da avenida Menezes Cortes – RJ. 1998. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA. 3º. Florianópolis. 1998. Anais. Florianópolis. ABGE/UFSC/LAMGEO. 1998. 1 CD-ROM.
- AMARAL, C.P. et al. SIG alternativo aplicado ao gerenciamento de áreas de risco geológico no Rio de Janeiro. 1993. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 7º, Poços de Caldas, 1993. Anais. Minas Gerais, ABGE, 1993. v.2, p. 55-62.
- AMARAL, C.P.; SILVA, F.M. Risco quantitativo a escorregamentos – proposta de índice no Rio de Janeiro. 2001. In: CONFERÊNCIA BRASILEIRA SOBRE ESTABILIDADE DE ENCOSTAS, 3ª, Rio de Janeiro, 2001. Anais. Rio de Janeiro, ABMS, 2001, p. 247-253.
- AMARAL et al. Encosta da rua Mal. Ramon Castilla: Histórico de escorregamentos, análise de riscos e medidas mitigadoras. 2001. In: CONFERÊNCIA BRASILEIRA SOBRE ESTABILIDADE DE ENCOSTAS, 3ª, Rio de Janeiro, 2001. Anais. Rio de Janeiro, ABMS, 2001, p. 239-245.
- AMRHEIN, C.; STRONG, J.E.; MOSHER, P.A. Effect of deicing salts on metal and organic matter mobilization roadside soils. 1992. Environ. Sci. Technol, Easton, v.26, p.703-709.
- ANDERSON, B.; SIMONS, D.B. Soil erosion study of exposed highway construction slopes and roadways. 1983. Transp. Res. 984, p. 40-47.
- ARAÚJO, M. R.; GRIGOLETO, E. G. Proposições de critérios para o Licenciamento Ambiental de empreendimentos rodoviários no Estado de São Paulo. 1999. In: SEMINÁRIO NACIONAL. A VARIÁVEL AMBIENTAL EM OBRAS RODOVIÁRIAS, Foz do Iguaçu, 1999. Anais. Curitiba, PR, FUPEF, 1999. p. 475-476.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. 1996a. NBR ISO 14001 *Sistemas de Gestão Ambiental – Diretrizes gerais sobre princípios, sistemas e técnica de apoio.* 1996. ABNT. Rio de Janeiro, RJ. Outubro. 32p.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. 1996b. NBR ISO 14004 *Sistemas de Gestão Ambiental – Especificação e diretrizes para uso*. 1996. ABNT. Rio de Janeiro, RJ. Outubro. 14p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. 2004. Catálogo Oficial de Normas Técnicas Brasileiras ABNT e Mercosul. Disponível em: <http://www.abntdigital.com.br/aplicacao/pesquisa...> Acesso em: 09/06/04 e 06/07/04.
- AUGUSTO FILHO, O., CERRI L.E.S., AMENOMORI, C.J. Riscos geológicos: aspectos conceituais. 1990. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE RISCO GEOLÓGICO URBANO, 1, São Paulo, 1990. *Anais*. São Paulo: ABGE, 1990. p. 334-341.
- AUGUSTO FILHO, O. Metodologias de identificação, análise e cartografia de riscos geológicos: algumas experiências no Estado de São Paulo. 1993. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 7º, Poços de Caldas, 1993. *Anais*. Minas Gerais, ABGE, 1993. v.3, p. 89-98.
- AUGUSTO FILHO, O. **Cartas de riscos de escorregamentos: uma proposta metodológica e sua aplicação no município de Ilha Bela, SP**. São Paulo, 1994. 163p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- AUGUSTO FILHO, O. **Carta de risco de escorregamentos em ambiente de SIG como subsídio para planos de seguro em áreas urbanas: um ensaio em Caraguatatuba (SP)**. São Paulo, 2001. 196 p. Tese (Doutorado) Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.
- AUGUSTO FILHO, O. et al. Utilização de SIG no gerenciamento de passivo ambiental: um exemplo para empreendimentos rodoviários. 2002. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 10., Ouro Preto, 2002. *Anais*. Minas Gerais, ABGE, 2002. 1 CD-ROM.
- BASE AEROFOTOGRAMETRIA E PROJETOS S/A. Levantamento aerofotogramétrico. 1997. Autorização EMFA nº 105/97. Escala aproximada 1: 25.000. Agosto/1997.
- BELLIA, V.; SANTOS, L.F.T. Gestão ambiental de rodovias e malhas viárias: conceitos e métodos de trabalho. 1998. In: 3º ENCONTRO IBERO-AMERICANO DE UNIDADES AMBIENTAIS DO SETOR DE TRANSPORTES. Disponível em: <http://200.180.3.8/iii encontro/autores/indice.htm>. Acesso em: 27/06/02.
- BELLIA, V. Auditoria Ambiental. 1999. In: SEMINÁRIO NACIONAL. A VARIÁVEL AMBIENTAL EM OBRAS RODOVIÁRIAS, Foz do Iguaçu, 1999. *Anais*. Curitiba, PR, FUPEF, 1999. p. 147-165.
- BITAR, O.Y.; CERRI, L.E.S.; NAKAZAWA, V. Carta de risco geológico e carta geotécnica: uma diferenciação a partir de casos em áreas urbanas no Brasil. 1992. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO SOBRE RISCO GEOLÓGICO URBANO, 2º, Pereira, 1992. *Anais*. Pereira, CARDER/INGEOMINAS, 1992. v.1. p. 35-41.
- BITAR, O.Y. Instrumentos de gestão ambiental aplicáveis ao planejamento, instalação, operação e desativação de empreendimentos. 2001. In: SIMPÓSIO SOBRE GESTÃO AMBIENTAL, 1, São Paulo, 2001. *Anais*. São Paulo, ABGE, 2001. 1 CD-ROM.

- BOA, M.F. Proposta de Licenciamento Ambiental para rodovias no Estado de Minas Gerais. 1998. In: 3^o ENCONTRO IBERO-AMERICANO DE UNIDADES AMBIENTAIS DO SETOR DE TRANSPORTES. Disponível em: <http://200.180.3.8/iiiencontro/autores/indice.htm>. Acesso em: 27/06/02. E-mail: deder@mail.mg.gov.br.
- BOLT et al. *Geological hazards*. 1975. Berlin: Springer – Verlag. 328p.
- BRABB, E.E. Innovative approaches to landslide hazard and risk mapping. 1985. In: INTERNACIONAL CONFERENCE AND FIELD WORKSHOP ON LANDSLIDES, 4, 1985, Japan. *Proceedings*. Japan: Japan Landslide Society. p. 17-22.
- BRAGA, T. et al. Auditoria Ambiental: uma proposta para empreendimentos mineiros. 1996. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas; Minaçu, GO:SAMA, 1996 (Publicação IPT Boletim 69).
- BROLLO, M.J. Relato da sessão técnica “Cartografia Geotécnica e Meio Ambiente”. 2001. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA. 4^o. Brasília. 2001. *Anais*. Brasília. ABGE. 1 CD-ROM.
- BROWN, K.J. River-bed sedimentation caused by off-road vehicles at river fords in the Victorian Highlands. 1994. Austrália. *Water Resour. Bull.* 30:239-50. 1994.
- CANAL DO TEMPO. Previsão do tempo. 2004. Disponível em: www.canaldotempo.com.br. Acesso em: 08/01/2004.
- CARVALHO, C.S. **Metodologia para elaboração de um programa de gerenciamento de riscos geotécnicos em encostas urbanas**. São Paulo, 1995. 80p. Qualificação (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- CARVALHO, C.S. **Gerenciamento de riscos em encostas urbanas: uma proposta baseada na análise de decisão**. São Paulo, 1996. 192p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- CARVALHO, R.M. Proposta para avaliação do desempenho ambiental das concessionárias de rodovias. 1999. In: SEMINÁRIO NACIONAL. A VARIÁVEL AMBIENTAL EM OBRAS RODOVIÁRIAS, Foz do Iguaçu, 1999. *Anais*. Curitiba, PR, FUPEF, 1999. p. 167-181.
- CENTRO DE PREVISÃO DO TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS; INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – CPTEC; INPE. 2004. Previsão do tempo. Disponível em: www.cptec.inpe.br. Acesso em: 08/01/2004.
- CERRI, L.E.S., MACEDO, E.S., AUGUSTO FILHO, O. Risco geológico: uma nova área de atuação da geologia de engenharia no Brasil. 1990a. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 6, Salvador, 1990. *Anais*. São Paulo, ABGE, 1990. v.1. p. 319-25.
- CERRI, L.E.S. et al. Plano Preventivo de Defesa Civil para a minimização das conseqüências de escorregamentos na área dos Bairros-Cota e Morro do Marzagão, município de Cubatão (SP). 1990b. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE RISCO GEOLÓGICO URBANO, 1, 1990, São Paulo. *Anais*. São Paulo: ABGE. p. 381-395.

- CERRI, L.E.S. **Riscos geológicos associados a escorregamentos: uma proposta para prevenção de acidentes.** Rio Claro, 1993. 197p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.
- CERRI, L.E.S. et al. **Cartas e mapas geotécnicos de áreas urbanas: reflexões sobre as escalas de trabalho e proposta de elaboração com o emprego do método do detalhamento progressivo.** 1996. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 8., Rio de Janeiro, 1996. **Anais.** Rio de Janeiro, ABGE, 1996. v.2. p.537-548.
- CERRI, L.E.S.; AMARAL, C.P. **Riscos geológicos.** 1998. In: GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 1998. ABGE, São Paulo, 1998. p. 301-310.
- CLIMA TEMPO. **Previsão do tempo.** 2004. Disponível em: www.climatempo.com.br. Acesso em: 08/01/2004.
- COORDENADORIA ESTADUAL DE DEFESA CIVIL – CEDEC. **Plano Preventivo de Defesa Civil.** São Paulo. 1990. n.p. (Apostila do curso de treinamento de equipes municipais).
- COORDENADORIA ESTADUAL DE DEFESA CIVIL – CEDEC. **Plano Preventivo de Defesa Civil específico para escorregamentos.** São Paulo, 1996. 26p. (Apostila do curso de treinamento de equipes municipais).
- COORDENADORIA ESTADUAL DE DEFESA CIVIL – CEDEC. **Planos de Contingência. Guia Prático de Elaboração.** São Paulo. 2001. np. Disponível em: <http://www.defesacivil.cmil.sp.gov.br/>. Acesso em: 08/01/2004.
- CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE - CONAMA. 1986. **Resolução nº 001/1986.** Dispõe sobre procedimentos relativos a Estudo de Impacto Ambiental. In: LEMA – Legislação de Meio Ambiente Ltda. 2000.
- CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE - CONAMA. 1997. **Resolução nº 237/1997.** Dispõe sobre Licenciamento Ambiental ... revisão dos procedimentos e critérios. In: LEMA – Legislação de Meio Ambiente Ltda. 2000.
- COSTA NUNES, A.J. **Recuperação de estradas atingidas por chuvas muito intensas.** 1982. In: ENGENHARIA GEOTÉCNICA. p 228-49. Grafine Editora Ltda, Rio de Janeiro, 1982.
- CRUDEN, D.M.; VARNES, D.J. **Landslides types and processes.** 1996. In: LANDSLIDES INVESTIGATION AND MITIGATION. 1996. National Academy Press Washington, D.C. 1996. p. 36-75 (Special Report, 247).
- CUNHA, M.A et al. **Manual de ocupação de encostas.** São Paulo, 1991. 216p. (IPT. Publicação 1831).
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA – DAEE. **Mapeamento topográfico. Escala 1:10.000. Vale do Ribeira – Região de Iporanga – Registro – Jacupiranga – Iguape e Cananéia.** 1967. Folhas 0-31, 32 e P-33-b. São Paulo. 1967.

- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA – DAEE. Sistema de Alerta à Inundações de São Paulo. 2004. Disponível em: <http://www.daee.sp.gov.br/index.htm>. Acesso em 27/05/04.
- DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO – DER; INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT. *Taludes de rodovias: orientação para diagnóstico e soluções de seus problemas*. 1991. São Paulo. 1991. (Publicação IPT nº. 1843).
- DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO – DER. 1999. *Instruções Ambientais para Empreendimentos Rodoviários do DER/SP – Conceitos e Abrangências de Gestão Ambiental*. 1999. São Paulo – Secretaria dos Transportes – DER. 135p. vol. I. Abril de 1999.
- DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM – DER/SP; BANCO INTERAMERICANO DE DESENVOLVIMENTO - BID. 2001. *Programa de Recuperação de Rodovias DER/BID – Projeto BR-0295. Relatório de Avaliação Ambiental do Programa*. São Paulo. Abril de 2001. 1 CD-ROM.
- DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM – DER; LABORATÓRIO DE ENGENHARIA E CONSULTORIA S/C LTDA - LENC. 2001a. *Relatório Ambiental Preliminar da Rodovia Padre Manoel da Nóbrega – SP-55 – Trecho Peruíbe à BR-116 – vol. I e II* – São Paulo. 300p.
- DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM – DER; LABORATÓRIO DE ENGENHARIA E CONSULTORIA S/C LTDA - LENC. 2001b. *Plano de Atendimento à Emergências com Cargas Perigosas – SP-332 – Trecho Campinas (km110+200) a Engenheiro Coelho (km163+700)*. 141p. São Paulo.
- DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM – DER; VETEC Engenharia S/C Ltda. 2001. *Levantamento planialtimétrico e cadastral para duplicação, melhoramentos e recapeamento da Rodovia Padre Manoel da Nóbrega – SP-55 – Trecho Peruíbe à BR-116* – São Paulo. Arquivo do DER/SP.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM - DNER. *Manual rodoviário de conservação, monitoramento e controle ambientais*. 1996. Rio de Janeiro. 1996. p. irreg.
- DIAS R.D. Aplicações de cartografia geotécnica. 2001. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA. 4º. Brasília. 2001. *Anais*. Brasília. ABGE. 1 CD-ROM.
- ENGEORPS; PLANEG - CORPO DE ENGENHEIROS CONSULTORES LTDA; PLANEJAMENTO, ENGENHARIA E GEOTECNIA S/C - 1997. *Relatório de atividades n. 4* – São Paulo. 1997. p. irreg.
- FELL, R. Landslide risk assessment. 1996. In: SECOND SYMPOSIUM ON RISK ASSESSMENT IN GEOTECHNICAL & GEO-ENVIROMENTAL ENGINEERING. Geotechnical Society of Edmonton, Canada: Edmonton, Alberta. Proc. Geotechnical Society of Edmonton: 1996. p.1-19.
- FELL, R.; HARTFORD, D. Landslides and risk management. 1997. In WORKSHOP ON LANDSLIDE RISK ASSESSMENT IN PRATIC. 1997. Honolulu, fev.1997.

- FERES, R.; LORANDI, R. Adequabilidade do terreno de fundo de vale do Igarapé Maternidade (Rio Branco – AC) como suporte para obras viárias. 1998. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA. 3^o. 1998. Florianópolis. ABGE/UFSC/LAMGEO. 1998. 1 CD-ROM.
- FINLAY, P.J.; FELL, R. Landslides: risk perception and acceptance. 1997. *Canadian Geotechnical Journal*. vol. 34, nº 2, April.
- FOLHA DE SÃO PAULO. Banco de Dados. Rodovias. Rodovia Padre Manoel da Nóbrega – SP-55. São Paulo. 2004.
- FORMAN, R.T.T.; ALEXANDER, L.E. Roads and their major ecological effects. 1998. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* v. 29, p. 207-31.
- FORMAN, R.T.T. The ecological road-effect zone of Massachusetts (USA) suburbanhighway. 2001. Annual Report. 2001. New York Cooperative Fish And Wildlife Research Unit. Disponível em: [htt://www.ndrc.org/about/default.as...](http://www.ndrc.org/about/default.as...) Acesso em: 16/06/2004.
- FORNASARI, F.N. et al. *Alterações no Meio Físico Decorrentes de Obras de Engenharia*. 1992. São Paulo. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. 165p.
- FORNASARI, F.N. **Alterações nos processos do meio físico por mineração: estudo de casos de instrumentos de gerenciamento ambiental**. 1995. São Paulo. 101p. Dissertação (Mestrado) – Ciência Ambiental, Universidade de São Paulo.
- FRANKLIN, J.A.; DUSSEAUT, M.B. Rock engineering applications. 1991. Editora Mac Graw – Hill Inc. USA, 1991. Cap. 2. 49p.
- FUKUOKA, M. Landslides associated with rainfall. 1980. *Geotechnical Engineering*, Bangkok, 1980. v.2, p.1-29.
- FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS - SEADE. Informações dos Municípios Paulistas. 2000. Disponível em: www.seade.gov.br. Acesso em: 21/12, 22/12, 23/12 e 24/12/00).
- GALVES, M. L. Plano de emergência: cenários prováveis de um evento catastrófico. 1988. In: SEMINÁRIO DE INTEGRAÇÃO TÉCNICA SOBRE POLUIÇÃO E A SERRA DO MAR, 1, 1988, São Paulo. *Anais*. São Paulo: SMA/CETESB, 1988. p. 53-55.
- GALVES, M.L. **Condicionantes geotécnicos do traçado de rodovias: uma proposta metodológica de escolha baseada na análise de decisões com objetivos múltiplos**. 1995. São Paulo. 235p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- GALVES, M.L. Sistema de gerenciamento ambiental de empreendimentos rodoviários de acordo com a ISO 14 000. 1998. In: 3^o ENCONTRO IBERO-AMERICANO DE UNIDADES AMBIENTAIS DO SETOR DE TRANSPORTES. Disponível em: <http://200.180.3.8/iii encontro/autores/indice.htm>. Acesso em: 27/06/02.

- GALVES, M.L.; AVO, A.M. Investigação do passivo ambiental de rodovias por meio de indicadores de impacto. 1999. In: SEMINÁRIO NACIONAL. A VARIÁVEL AMBIENTAL EM OBRAS RODOVIÁRIAS, Foz do Iguaçu, 1999. Anais. Curitiba, PR, FUPEF, 1999. p. 329-333.
- GANDOLFI, N. A cartografia geotécnica no Brasil. 2001. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA. 4º. Brasília. 2001. Anais. Brasília. ABGE. 1 CD-ROM.
- GARIBALDI, C.M. **Cartografia de riscos geológicos associados a escorregamentos no Município de Embu. RMSP.** 1998. São Paulo, 1998. 155p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- GIANNINI, P.C.F. **Sedimentação Quaternária na Planície de Peruíbe - Itanhaém (S.P).** 1987. São Paulo, 116 p. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- GIL, F.V. Las carreteras: Sus efectos sobre las aguas. 1992. In: SIMPÓSIO SOBRE CARRETERAS Y MEDIO AMBIENTE. 1992. Las Palmas de Gran Canaria, Espanha. Anais, p.197-213.
- GILSON et al. Highway runoff studied. 1994. *Water Environ. Technol.* 6:37-38. 1994.
- HANSEN, A. Landslide hazard analyse. 1984. In: BRUNSDEN, D.; PRIOR, D. B. eds. **Slope Instability.** Chichester, John Wiley, 1984. p. 523-602
- HORNER, R.R.; MAR, B.W. Guide for assessing water quality impacts of highway operations and maintenance. 1983. *Transp. Res.* 948:31-39.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. 1973. Ministério do Planejamento e Coordenação Geral – Superintendência de Cartografia – Departamento de Cartografia – Carta do Brasil – Escala 1:50.000. Folhas de Pedro de Toledo, Pedro Barros, Rio São Lourençinho e Miracatu. 1973.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. 2000. Base de Informações Municipais (BIM). Censo Demográfico. 2000. Disponível em: www.ibge.gov.br/hom/estatistica/economia/perfilmunic/2001/default.srtm. Acesso em: 23/10/2003.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO - IGC. 1990. Plano Cartográfico do Estado de São Paulo. Escala 1:10.000. Folha de Peruíbe III. São Paulo. 1990.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. 1981a. Mapa Geológico do Estado de São Paulo. São Paulo, 1981. Escala 1:500.000.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. 1981b. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. São Paulo. 1981. Escala 1:500.000.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. 1989. Diretrizes para o estabelecimento de Plano Preventivo de Defesa Civil – escorregamentos/Serra do Mar. São Paulo. 1989. (IPT. Relatório, 27.492).

- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. 1994. Carta Geotécnica do Estado de São Paulo. 1994. Escala 1:500.000. (Publicação IPT 2089). São Paulo.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO. Environmental management systems: general guidelines on principles, systems and supporting techniques. 1994, Genebra, 69 p. (Committee draft ISO/CD 14000), (ISO/TC 207/SC1N48).
- ISSÁ, A.R. **Função do estudo de análise de riscos para o Licenciamento Ambiental no Estado de São Paulo**. SP. São Paulo, 2003. 116p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- JUCHEM, P.A. Diretrizes para Auditorias Ambientais em rodovias. 1998. In: 3^o ENCONTRO IBERO-AMERICANO DE UNIDADES AMBIENTAIS DO SETOR DE TRANSPORTES. Disponível em: <http://200.180.3.8/iiienccontro/autores/indice.htm>. Acesso em: 27/06/02. E-mail: juchem@aol.com.br.
- KESSELRING, A E.B.; KESSELRING, R.C.S. Medidas de controle e recuperação ambiental para áreas de ocorrência exploradas e disposição de bota-fora. 1999. In: SEMINÁRIO NACIONAL. A VARIÁVEL AMBIENTAL EM OBRAS RODOVIÁRIAS, Foz do Iguaçu, 1999. Anais. Curitiba, PR, FUPEF, 1999. p. 347-356.
- LABORATÓRIO DE ENGENHARIA E CONSULTORIA LTDA. Proposta técnica referente ao Edital nº 030/2000 - CO. São Paulo, Junho de 2000.
- LUCAREVSCHI, C.I. **Aplicação do sensoriamento remoto no monitoramento de áreas de influência das rodovias para a determinação da probabilidade de risco geotécnico**. São Paulo. 1993. 150p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica Universidade de São Paulo.
- LUZ, P.A.C.; PIMENTA, J.A.M. Gerenciamento geotécnico de taludes e fundações. 1998. In: SIMPÓSIO DE OBRAS RODOVIÁRIAS. 1^o, São Paulo, 1998. Anais. São Paulo. ABGE, 1998. p. 15-28.
- MACEDO, E.S. Zoneamento e cadastramento de risco a escorregamento em bairro do município de Guaratinguetá, Estado de São Paulo. Brasil. 1992. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO SOBRE RISCO GEOLÓGICO URBANO, 2, Pereira, 1992. Anais. Pereira, CARDER/ INGEOMINAS, 1992, v.2, p.199-206.
- MACEDO, E.S. et al. Análise e zoneamento de risco a movimento de massa em encostas ocupadas afetadas pela construção de depósitos subterrâneos de GLP em São Sebastião/SP. 1993. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 7., Poços de Caldas, 1993. Anais. São Paulo, ABGE, 1993. v.2, p.185-90.
- MACEDO, e; SANTORO, J. Avaliação dos resultados do Plano de Defesa Civil para escorregamentos no Litoral Paulista. 2002. CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 10., Ouro Preto, 2002. Anais. Minas Gerais, ABGE, 2002. p. 1-12. 1 CD-ROM.

- MARQUES, M.A.M. et al. O Licenciamento Ambiental de empreendimentos rodoviários na Secretaria do Meio Ambiente - São Paulo. 1998. In: SIMPÓSIO DE OBRAS RODOVIÁRIAS. 1º, São Paulo, 1998. Anais. São Paulo. ABGE, 1998. p. 193-202.
- MARTINEZ, O.C. **Importância dos aspectos geológicos-geotécnicos em obras implantadas na Serra do Mar: uma metodologia de manutenção preventiva.** 1999. São Paulo, 1999. 197p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica Universidade de São Paulo.
- MONTERO, J.; CORTÉS, R. Clasificación regional de amenaza de deslizamientos. 1989. In: SIMPÓSIO SURAMERICANO DE DESLIZAMIENTO, 1, 1989, Paipa. Anais. Papaia-Colombia. v.2, p. 727-752.
- MONTGOMERY, D. Road surface drainage, channel initiation, and slope instability. 1994. *Water Resource. Res.* 30:192-193.
- NAKAMURA, H. Landslide prevention law and law concerning prevention of failure of steep slopes in Japan. 1990. *Landslide News*, Tokyo, July/1990. p. 28-30.
- PACHECO, M.P., et al. Avaliação e monitoramento inteligente de taludes em rodovias. 1997. In: PAN-AM. SYMPOSIO LANDSLIDES, 2º COBRAE, RJ, 1997. Anais. RJ. ABGE, 1997. p. 527-535.
- PEJON, J.O. Aspectos metodológicos da cartografia geotécnica. 2001. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA. 4º. Brasília. 2001. Anais. Brasília. ABGE. 1 CD-ROM.
- PLANO MUNICIPAL DE DEFESA CIVIL DE ITANHAÉM – PPDC. 2003. Disponível em: <http://www.defesacivil.sp.gov.br/montcomdec.htm>. Acesso em: 27/05/2004.
- PIVETTI, J.L., et al. Nova tecnologia de manutenção e infra-estrutura rodo-ferroviária. 1982. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES, 7, Recife, 1982. Anais. Recife.
- POLIDO, W.A. et al. Seguro ambiental: redução de riscos ou licença para poluir? 1993. *Revista Politécnica*, São Paulo. 1993. n. 208, p. 74-77, jan/abr.
- PREUSSLER, E.S. Desenvolvimento e implementação de sistemas de gerência rodoviária. 1998. In: SIMPÓSIO DE OBRAS RODOVIÁRIAS. 1º, São Paulo, 1998. Anais. São Paulo. ABGE, 1998. p. 3-14.
- REIS, M.J.L. Gerenciamento ambiental – Um novo desafio para a sua competitividade. ISO 14000. 1995. Rio de Janeiro, Qualitymark Editora. 200p.
- REIS, N.G. Memória do transporte rodoviário – desenvolvimento das atividades rodoviárias de São Paulo. 1996. São Paulo. Editora CPA Consultoria de Projetos e Artes Ltda. 149p.
- RIEDEL, P.S. et al. A influência das estruturas geológicas em instabilidades de taludes em saprolitos: uma abordagem regional. 1995. *Revista Brasileira de Geotecnia – Solos e Rochas*, São Paulo, v.18, nº3, p. 139-147, dez. 1995.

- RIVERO-DE-AGUILAR, C.; BATEMAN, J.M. Tratamiento de escorrentia em carreteras procedente de águas pluviales. 1992. In: SIMPÓSIO SOBRE CARRETERAS Y MEDIO AMBIENTE. 1992. Las Palmas de Gran Canaria, Espanha. *Anais*, p. 597-608.
- ROCHA, L.A.; ROCHA, A.L.M. Considerações preliminares sobre levantamentos de passivo ambiental em rodovias. 1999. In: SEMINÁRIO NACIONAL. A VARIÁVEL AMBIENTAL EM OBRAS RODOVIÁRIAS, Foz do Iguaçu, 1999. *Anais*. Paraná, p. 417-426.
- RODRIGUES, B.B. **Elaboração de cartas de riscos decorrentes de movimentos gravitacionais de massa**. São Carlos, Departamento de Geotecnia, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1997/ Apresentado ao Seminário de Pós - Graduação, na Disciplina SGS-833.
- ROMANINI, P.U. Avaliação de Desempenho Ambiental. São Paulo. Secretaria dos Transportes do Estado de São Paulo. 1999. 6p. (Segunda versão).
- ROMANINI, P.U. **Rodovias e Meio Ambiente: Principais impactos ambientais, incorporação da variável ambiental em projetos rodoviários e Sistema de Gestão Ambiental**. São Paulo, 2000. vol. I, 127p. Tese (Doutorado) Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo.
- SADOWSKI G.R. et al. Condicionantes geológicas do escorregamento do km 42 da Via Anchieta, pista sul. 2001. In: CONFERÊNCIA BRASILEIRA SOBRE ESTABILIDADE DE ENCOSTAS - COBRAE. 2001. Rio de Janeiro. p. 115-123.
- SÁNCHEZ, L.E. Diagnóstico e Auditoria Ambiental: subsídios para o planejamento e o gerenciamento ambiental. 1990. In: SEMINÁRIO BRASIL-CANADÁ DE MINERAÇÃO E MEIO AMBIENTE. Brasília, 1990. *Anais*. Brasília, DNPM, 1991. p. 231-239.
- SÁNCHEZ, L.E. Os papéis da Avaliação de Impacto Ambiental. 1993. In: AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL: SITUAÇÃO ATUAL E PERSPECTIVAS FUTURAS. São Paulo, 1991. *Anais*. São Paulo, EPUSP, 1993. p. 15-33.
- SÁNCHEZ, L.E. Gerenciamento ambiental e a indústria de mineração. 1994. *Revista de Administração*, São Paulo v. 29, n.1, p. 67-75, janeiro/março. 1994.
- SÁNCHEZ, L.E. Avaliação de Impacto Ambiental. 2001. Notas de aula. PECE, Programa de Educação Continuada em Engenharia, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. pg. mult. São Paulo.
- SÁNCHEZ, L.E. O Processo de Avaliação de Impacto Ambiental. Etapa de acompanhamento. 2004. Notas de aula. PECE, Programa de Educação Continuada em Engenharia, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Pg. Mult. São Paulo. 2004.
- SANTORO, J.; MACEDO, E.S. O Plano Preventivo de Defesa Civil – PPDC. 2001. Curso de treinamento de equipes municipais. Disponível em: [www. Daaee.sp.gov.Br/index.htm](http://www.Daee.sp.gov.Br/index.htm). Acesso em: 02/02/2004.
- SÃO PAULO (ESTADO). Decreto nº 42.565, de 01 de Dezembro de 1997. Prevenção de Calamidades Públicas. Disponível em: [www. lmesp.com.br](http://www.lmesp.com.br). Acesso em: 27/10/03.

- SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE DE SÃO PAULO - SMA. Manual de orientação. Roteiro de EIA/RIMA para empreendimentos minerário e Plano de Recuperação de Áreas Degradadas. 1991. Série Manuais. 12p. São Paulo.
- SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE DE SÃO PAULO - SMA. 1994. Resolução SMA nº 42/1994. Dispõe sobre os procedimentos para a análise de Estudos de Impacto Ambiental no Estado de São Paulo. In: LEMA – Legislação de Meio Ambiente Ltda. 2000.
- SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE DE SÃO PAULO - SMA. 1997. Gestão das Águas: 6 anos de Percurso. São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras. 1997.
- SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE DE SÃO PAULO - SMA. 1998. Resolução SMA nº 81/1998. Dispõe sobre o Licenciamento Ambiental de intervenções destinadas à conservação e melhorias de rodovias e sobre o atendimento de emergências decorrentes do transporte de produtos perigosos em rodovias. In: LEMA – Legislação de Meio Ambiente Ltda. 2000.
- SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE DE SÃO PAULO - SMA. 1999. Curso de Reciclagem e Capacitação em Licenciamento Ambiental - Parte II, Licenciamento e Recuperação Ambientais – Procedimentos e Diretrizes, São Paulo: 1999. DEPRN, SMA.
- SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE DE SÃO PAULO - SMA. 2000. Atlas das Unidades de Conservação Ambiental do Estado de São Paulo – SP. 2000.
- SILVA, V.C.R. **Gerenciamento de riscos de escorregamentos: discussão sobre a implementação de um Plano Preventivo de Defesa Civil no município de São Paulo.** São Paulo, 1997. 194p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica Universidade de São Paulo.
- SILVA, V.C.R. **Planejamento do Sistema de Gestão Ambiental de linhas de transmissão aéreas localizadas em área serrana com unidade de conservação.** São Paulo, 2002. 285p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica Universidade de São Paulo.
- SOUZA, N.C.D.C. **Mapeamento geotécnico regional da folha de Aguai com base na compartimentação por formas de relevo e perfis típicos de alteração.** São Carlos, 1992. 207p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DO LITORAL PAULISTA - SUDELPA. 1974a. Mapa Geológico. Escala 1:50.000. 1974a. São Paulo - CPRM.
- SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DO LITORAL PAULISTA - SUDELPA. 1974b. Mapa Geomorfológico. Escala 1:50.000. 1974b. São Paulo - CPRM.
- TATIZANA, C. et al. **Análise de correlação entre chuvas e escorregamentos - Serra do Mar, município de Cubatão.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 5., São Paulo, 1987. Anais. São Paulo, ABGE, 1987. v.2, p.225-36.

- THEMAG ENGENHARIA. Proposta Técnica referente ao Edital nº 030/2000 - CO. Junho/2000. vol. I.
- UNITED NATIONS DISASTERS RELIEF CO-ORDINATOR – UNDRO. 1978. Disaster prevention and mitigation: a compendium of current knowledge. 1978. v.5: Land use aspect. 69p.
- UNITED NATIONS DISASTERS RELIEF CO-ORDINATOR - UNDRO. 1991. UNDRO's approach to disaster mitigation. UNDRO News, Geneva, Jan. - Feb. p. 20.
- VARNES, D.J. Landslides types and processes. In: LANDSLIDES and engineering practice. Washington: National Academy of Sciences, 1958. p. 20-47.
- VARNES, D.J. Slope movement types and processes. 1978. In: LANDSLIDES analysis and control. Washington: National Academy of Sciences, 1978. p. 11-33.
- VEDOVELLO, R. Aplicação da cartografia geotécnica em gestão ambiental: tendências e oportunidades. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA. 4º. Brasília. 2001. Anais. Brasília. ABGE. 1 CD-ROM.
- VICENTINI, V.L.P. Metodologia para avaliação ambiental de programas de restauração e/ou melhoramento de rodovias. 1999. São Paulo, 1999. 210p. Dissertação (Mestrado) - Ciência Ambiental, Universidade de São Paulo.
- WAY, J.M. Roadside verges and conservation in Britain: Review. Biol. Conserv. 1977. 12:65-74.
- WEMPLE, B.C.; JONES, J.A.; SWANSON, F.J. Landscape position influences road impacts in a forested ecosystem in the Pacific Northwest USA. 1998. In: 83rd ANNUAL MEETING OF ECOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA. 1998. Baltimore, Maryland. USA: p.227.
- WOLLE, C.M. Análise dos escorregamentos translacionais numa região da Serra do Mar no contexto de uma classificação de mecanismos de instabilização de encostas. São Paulo, 1988. 347p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica Universidade de São Paulo.
- WOLLE, C.M. et al. O escorregamento do km 42 da Via Anchieta: histórico das ocorrências e provável mecanismo de estabilização. 2001. In: 3º CONFERÊNCIA BRASILEIRA SOBRE ESTABILIDADE DE ENCOSTAS - COBRAE, Rio de Janeiro, 2001. Anais. Rio de Janeiro. ABMS, 2001. p. 33-44.
- ZEITLIN, M.P. Política de concessões. 1998. In: SIMPÓSIO DE OBRAS RODOVIÁRIAS. 1º, São Paulo, 1998. Anais. São Paulo. ABNT, 1998. p. 71-76.
- ZUQUETTE, L.V. Mapeamento geotécnico: estado da arte. 1985. São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1985/ apresentado ao seminário de Pós - Graduação, na disciplina SGS-833.
- ZUQUETTE, L.V. Análise crítica da cartografia geotécnica e proposta metodológica para condições brasileiras. São Carlos, 1987. 673p. 3v. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

- ZUQUETTE, L.V., GANDOLFI, N. Mapeamento geotécnico: uma proposta metodológica. 1990a. *Geociências*, v.9, p. 55-66. 1990.
- ZUQUETTE, L.V., GANDOLFI, N. Geotechnical mapping: a basic document to urban planning. 1990b. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF THE INTERNATIONAL ASSOCIATION OF ENGINEERING GEOLOGY, 6, 1990, Amsterdam. Proceedings. Amsterdam, IAEG, 1990. v.1, p. 273-278.
- ZUQUETE, L.V., GANDOLFI, N., PEJON, O.J. O mapeamento geotécnico na previsão e prevenção de riscos geológicos em áreas urbanas. 1990. IN: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE RISCO GEOLÓGICO URBANO, 1, São Paulo, 1990. *Anais*. São Paulo, ABGE, 1990. p. 305-315.
- ZUQUETTE, L.V. et al. Carta de risco da região de Ribeirão Preto (SP), escala 1:50.000. 1991. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 2, São Paulo, 1991. *Anais*. São Paulo, Atas, 1991, p. 361-365.
- ZUQUETTE, L.V. et al. Sistemática para elaboração de cartas de riscos para fins de planejamento regional. 1992. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO SOBRE RISCO GEOLÓGICO URBANO, 2, Pereira, 1992. *Anais*. Pereira, CARDER/INGEOMINAS, 1992. v.1, p. 525-541.
- ZUQUETTE, L.V. **Importância do mapeamento geotécnico no uso e ocupação do meio físico: fundamento e guia para elaboração.** 1993. São Carlos, 1993. 2v. 368p. Tese (Livre - docência) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- ZUQUETTE, L.V.; NAKAZAWA, V.A. Cartas de geologia de engenharia. 1998. *GEOLOGIA DE ENGENHARIA*, 1998. ABGE, São Paulo, 1998. p. 283-300.