

# SISTEMÁTICA PARA GESTÃO DE PASSIVOS AMBIENTAIS ASSOCIADOS A ESCORREGAMENTOS EM RODOVIAS

Systematics for the management of environmental liabilities related  
to landslides in highways

Célia Maria Garibaldi\*

Lindolfo Soares\*\*

Oswaldo Augusto Filho\*\*\*

**RESUMO** – As rodovias desempenham papel fundamental nos programas de desenvolvimento de um país, e no Brasil em particular. Entretanto, a forma como foram implantadas e operadas geraram muitos impactos negativos ao meio ambiente, que constituem passivos ambientais rodoviários. Neste contexto, discute-se neste trabalho a sistemática desenvolvida para a caracterização, classificação, hierarquização e acompanhamento de passivos ambientais associados a escorregamentos, e sua aplicação na Rodovia Padre Manoel da Nóbrega. A sistemática foi desenvolvida apoiando-se nos fundamentos da cartografia geotécnica e da gestão ambiental de rodovias o que possibilitou propor diferentes ações para gestão dos passivos ambientais, e poderá trazer significativa contribuição ao gerenciamento ambiental de empreendimentos lineares.

**ABSTRACT** – The highways perform a fundamental role in the development programs in a country, particularly in Brazil. However, the way how they were implemented and operated caused many negative impacts to the environment that consist of environmental liabilities. In this context, it was discussed in this paper the systematics developed for the characterization, classification, hierarchization and follow up of environmental liabilities associated to landslides, and its application to Padre Manoel da Nóbrega Highway. The systematics was developed according to the fundamentals of geotechnical cartography and of environmental management of roads which made it possible to propose different actions for management of environmental liabilities and may bring a significant contribution to environmental management of transportation infrastructures.

**PALAVRAS CHAVE** – Rodovias, escorregamentos, passivos ambientais.

## 1 – INTRODUÇÃO

As rodovias são empreendimentos de grande importância para a sociedade. Entretanto, muitos impactos ambientais negativos são verificados associados à implantação e operação destes empreendimentos. Os impactos negativos constituem passivos com que os órgãos rodoviários se defrontam, cujas implicações ultrapassam os aspectos técnicos 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 e Avo 1999; Vicentini, 1999; Romanini, 2000; Garibaldi *et al.* 2006, Costa, 2010).

---

\* Doutora, Empresa Emage. São Paulo, SP, Brasil. E-mail: celia.garibaldi@yahoo.com.br

\*\* Doutor, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, SP, Brasil. E-mail: lindolfo@usp.br

\*\*\* Professor, Escola de Engenharia de São Carlos, USP. São Carlos, SP, Brasil. E-mail: oafilho@sc.usp.br

Segundo Bellia e Santos (1998), Garibaldi (2004) e Garibaldi *et al.* (2006), com a prioridade dada nos últimos anos à conservação e recuperação de malhas viárias existentes, observou-se que elas acumulam muitos passivos ambientais, inclusive, rodovias construídas mais recentemente já sob as condições estabelecidas nos Estudos de Impactos Ambientais (EIA) e nos Projetos de Controle Ambiental (PCA).

De acordo com os autores referidos, o passivo ambiental é derivado da qualidade de construção, da deficiência de conservação rodoviária, da ação intempérica e de sinergias entre a rodovia 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 de suas margens, tanto em função da maior facilidade de deslocamento, como das oportunidades de negócios.

Áreas de apoio também configuram importantes e freqüentes focos de efeitos adversos após a conclusão das obras. O tratamento ambiental inadequado ou a inexistência dos mesmos deixa as áreas à disposição da atuação dos processos naturais e conseqüentemente ao acúmulo de passivos ambientais (Rocha e Rocha, 1999; Garibaldi *et al.*, 2006).

Vários trabalhos realizados no Estado de São Paulo, bem como em outros estados brasileiros (Rocha e Rocha, 1999; Vicentini, 1999; Romanini, 2000; DER/SP e BID, 2001; Garibaldi *et al.*, 2006; Ridente, 2008) mostraram que grande parte dos passivos ambientais está relacionada aos movimentos gravitacionais de massa, 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.

Verifica-se que muitas técnicas, sistemáticas e metodologias têm sido propostas e utilizadas para tentar gerenciar os problemas que ocorrem associados às rodovias, seja na faixa de domínio ou no entorno da mesma. Observa-se que quando esses empreendimentos atravessam terrenos de geologia e geomorfologia mais complexos torna-se mais difícil o gerenciamento ambiental dos mesmos 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 de danos causados por escorregamentos em rodovias. Desde os anos setenta verifica-se o desenvolvimento de estudos na busca de metodologias que visem à manutenção planejada aplicada à conservação e recuperação de rodovias. No entanto, nos dias atuais as preocupações são mais amplas, e a própria política ambiental impõe que outros condicionantes sejam considerados no gerenciamento ambiental de rodovias.

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, apresenta-se neste trabalho a sistemática desenvolvida para a caracterização, classificação, hierarquização e acompanhamento de passivos ambientais associados a escorregamentos e sua aplicação na Rodovia Padre Manoel da Nóbrega.

Tal abordagem está apoiada nos fundamentos da cartografia geotécnica, em particular do mapeamento de riscos de escorregamentos e da prevenção de acidentes decorrentes destes processos, sendo possível utilizá-la no âmbito de um Sistema de Gestão Ambiental. Assim, acredita-se que este trabalho poderá trazer significativa contribuição à gestão ambiental de rodovias e de outros empreendimentos lineares.

## **2 – ÁREA DE ESTUDO**

### **2.1 – Localização**

A Rodovia SP-55, Padre Manoel da Nóbrega, entre os km 344+500 e 390+000 foi a área definida para aplicação da Sistemática Proposta. Situa-se na região sudeste do Estado de São Paulo. Contempla 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 1).

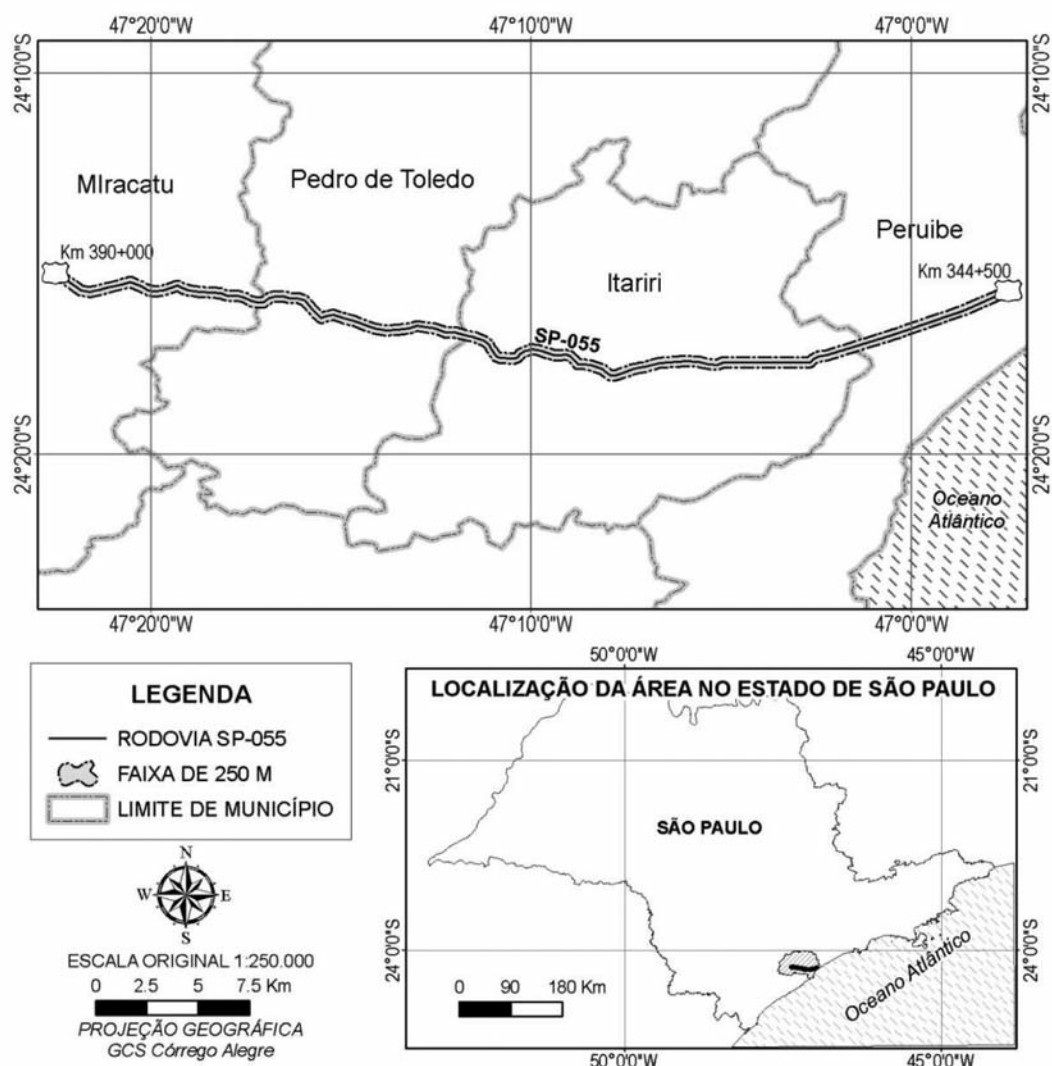


Fig. 1 – Localização do trecho estudado da Rodovia SP-055 (Garibaldi, 2004).

## 2.2 – Características da rodovia

A rodovia estudada foi implantada durante as décadas de 60 e 70. Possui 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, tráfego em sentidos opostos, acostamento asfaltado em um pequeno segmento, e em terra no restante. Ao longo de seu traçado existem acessos a vários municípios, distritos, estradas de terra, além de pequenas propriedades rurais. A faixa de domínio é de 50 metros.

## 2.3 – Características geológico-ambientais do trecho estudado

Nas proximidades da rodovia ocorrem várias Unidades de Conservação Ambiental, como o Parque Estadual da Serra do Mar, Aldeias Indígenas, Estações Ecológicas entre outras. Nota-se uma

grande extensão recoberta por vegetação secundária de Mata Atlântica, em diversos estágios sucessionais e variados gradientes característicos de regiões litorâneas. Verificam-se aglomerados urbanos (intercalados com áreas recobertas por vegetação arbórea e rural), áreas de mineração, aterro sanitário, comércio (na maioria dos casos com instalações precárias), postos de gasolina e oficinas mecânicas.

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.

De modo geral, a rodovia corta os solos coluvionares, de alteração, saprolito, migmatitos homogêneos e heterogêneos, granulitos, micaxistos, rochas de zonas de cisalhamento e os depósitos cenozóicos. Apresenta-se a seguir os principais aspectos geológico/geotécnicos observados nos afloramentos que margeiam a rodovia, e que influenciam na estabilidade dos taludes:

- *migmatitos*: ocorrem entre o km 358+800 e o km 390+000, 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, de espessura variável (1,0 a 3,0 metros) com raízes. Abaixo ocorre o solo residual constituído por silte arenoso de cor marrom avermelhada a rosada; à 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 cortes observam-se grandes concentrações cauliniticas, 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 variam de bandadas a xistosas, e também estão 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 matações e blocos expostos em superfície ou imersos no solo de alteração ao longo de todo perfil. Os matações e blocos de rocha apresentam dimensões variadas, sendo verificados matações com diâmetro até 3,5 metros. Quando são submetidos a algum tipo de intervenção sem critérios técnicos, são verificados rolamentos destes matações;

- *micaxistos*: estão associados aos migmatitos, sendo freqüentes entre os km 360+000 e km 375+000. 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 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 e gnaisses finos intemperizados são freqüentes nos micaxistos;
- *granitóides*: são observados nas proximidades do Distrito de Raposo Tavares e da BR-116 (km 390+000). 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. O perfil de alteração caracteriza-se por solo superficial argilo-arenoso, e pelo solo de alteração de rocha silto-arenoso, marrom arroxeado. Nos granitos desenvolvem-se, principalmente, processos tipo rolamento de matações. 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. 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 ocorrem entre Ana Dias e Pedro de Toledo. Apresentam um manto de alteração silto arenoso e muitos locais com cicatrizes de escorregamentos estruturados;
- *depósitos cenozóicos*: têm expressão relativamente grande desde o município de Peruíbe (km 344+500) até Ana Dias (km 358+500), onde predominam os solos da Planície Costeira, aluviões, depósitos em terraços e rampas de colúvio associados aos morros isolados de migmatitos homogêneos e heterogêneos.

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.

- *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 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.

### 3 – MÉTODO

#### 3.1 – Fundamentação

De longa data verifica-se na malha rodoviária brasileira os problemas associados aos movimentos gravitacionais de massa que acabam gerando muitos impactos negativos ao meio ambiente. O tratamento e a manutenção das áreas degradadas têm constado das exigências feitas pelas instituições de financiamento internacionais para concessão de empréstimos, sendo as áreas degradadas tratadas como passivos ambientais (Romanini, 2000; Garibaldi, 2004). Nos últimos anos, vários estudos têm sido realizados para a resolução/recuperação de passivos ambientais acumulados pelos órgãos rodoviários na construção, operação e conservação da rede rodoviária, e os mesmos vêm sendo utilizados para subsidiar o gerenciamento ambiental de rodovias.

A identificação e caracterização de passivos ambientais têm ocorrido, por meio de registro de eventos observados em vistoriais de campo. Geralmente, são utilizadas fichas de registro para a homogeneização das informações. Na classificação os passivos são ordenados em categorias e grupos considerando-se a origem e localização.

São verificados poucos trabalhos tratando da hierarquização e acompanhamento de passivos ambientais. Nas metodologias analisadas constatou-se algumas lacunas relacionadas, principalmente, à previsão de processos, abordagem de condicionantes do meio físico e hierarquização de áreas a serem recuperadas. Atualmente, de forma incipiente, o meio rodoviário vem utilizando as cartas geotécnicas como ferramenta no entendimento dos condicionantes do meio físico e na gestão ambiental de rodovias. Nota-se, entretanto, que a maioria dos estudos geotécnicos em rodovias ainda é realizada com metodologias que tratam a questão de forma pontual.

Quanto às medidas de controle, várias técnicas, sistemáticas e metodologias têm sido propostas e utilizadas para tentar gerenciar os problemas que ocorrem associados às rodovias. Constatou-se 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.

Constata-se a necessidade de 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 Planos Preventivos e de Planos de Atendimentos Emergenciais, fundamentais para a gestão dos passivos ambientais associados a estes processos. Com base nestes pressupostos, a sistemática apresentada neste trabalho está apoiada nos fundamentos da avaliação e cartografia de riscos de escorregamentos e dos Planos Preventivos, direcionados para gestão ambiental de rodovias.

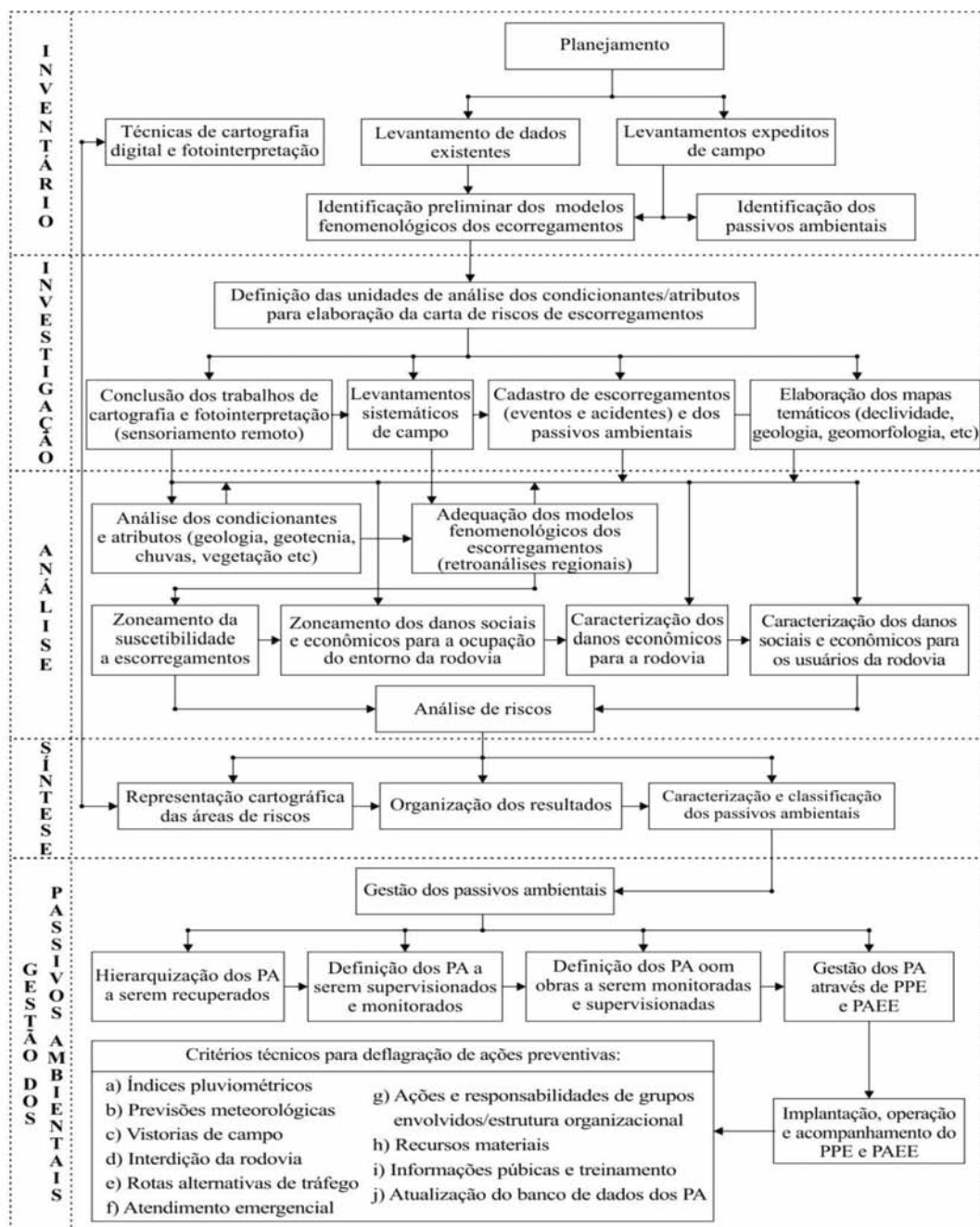
Após extensa revisão bibliográfica, adotou-se a metodologia de Augusto Filho (1994) para elaboração da carta de riscos. Uma das principais características desta metodologia é sua aplicabilidade apoiada na proposição de etapas de trabalho e técnicas de investigação adaptáveis aos diferentes objetivos e disponibilidades de recursos. 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. A fase de análise é direcionada para zoneamento quanto à suscetibilidade e tipologia dos escorregamentos e caracterização do uso e ocupação quanto aos danos sociais e econômicos potenciais.

### **3.2 – Sistemática proposta e principais etapas de trabalho**

A sistemática proposta baseia-se em modelos qualitativos de avaliação de riscos, através da análise da potencialidade de ocorrência de processos, comparação de atributos relevantes e hierarquização das situações dos passivos em função do grau de risco de escorregamento associado. Contempla as situações onde os processos já estão instalados, ou seja, taludes com escorregamentos e também aqueles com potencial de apresentarem escorregamentos, em função da suscetibilidade (condições potenciais de ocorrência dos processos). Na Figura 2 são apresentadas as principais etapas do trabalho, as quais são discutidas a seguir:

- a) **INVENTÁRIO:** envolveu a preparação, levantamento e tratamento de dados já existentes, com quatro grupos de atividades:
  - aa) *planejamento:* nesta etapa foram definidas as escalas de trabalho, materiais necessários, cronograma e as fontes a serem pesquisadas;
  - ab) *levantamento de dados existentes:* contemplou a obtenção de relatórios, materiais cartográficos, fotografias aéreas, dados pluviométricos e outros documentos que tratassem das características fisiográficas da área estudada;
  - ac) *levantamentos expeditos de campo:* trabalhos preliminares de campo, para complementar o quadro inicial das principais características da área estudada;
  - ad) *identificação preliminar dos modelos fenomenológicos dos escorregamentos e dos passivos ambientais:* identificação preliminar das características e condicionantes dos escorregamentos, e natureza dos passivos ambientais.





PA = passivos ambientais; PPE = plano preventivo de escorregamentos; PAEE = plano de atendimento emergencial de escorregamentos. Fonte: Garibaldi (2004) complementado de Augusto Filho (1994).

**Fig. 2** – Sistemática proposta para gestão dos passivos ambientais.

- b) **INVESTIGAÇÃO:** envolveu atividades de investigação sistemática, sendo responsável por grande parte dos dados previstos para classificação dos escorregamentos. Compreendeu quatro grandes grupos de atividades:

- ba) definição das unidades de análise e dos condicionantes/atributos:* envolveu a definição mais precisa dos limites físicos da área estudada (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 foi orientada pelos modelos fenomenológicos dos escorregamentos identificados na etapa anterior;
- bb) trabalho de cartografia e foteointerpretação:* envolveu a elaboração de mapas temáticos com os compartimentos geológico-geotécnicos, declividades e escorregamentos;
- 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.);
- bd) levantamentos sistemáticos de campo:* compreendeu trabalhos de complementação e verificação dos mapas temáticos e banco de dados elaborados nas etapas anteriores.
- c) **ANÁLISE:** envolveu tratamento e análise dos dados levantados nos trabalhos de investigação. Compreendeu dois grupos de atividades:
- ca) adequação dos modelos fenomenológicos dos escorregamentos:* reavaliação dos modelos fenomenológicos, com base em Augusto Filho (1994), através do cruzamento e análise de dados levantados na fase de investigação;
- cb) classificação dos escorregamentos:* efetuou-se a classificação dos escorregamentos nomeando os grupos de processos de acordo com Cruden e 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;
- cc) zoneamento da suscetibilidade a escorregamentos:* compreendeu a delimitação das diferentes zonas quanto ao grau de suscetibilidade a escorregamentos. Foram caracterizados 8 sub-trechos através da sobreposição dos mapas geológicos, geomorfológicos e principalmente da carta de declividade;
- cd) zoneamento dos danos sociais e econômicos para a ocupação do entorno da rodovia:* 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. Os estudos foram executados na faixa de domínio, e na área de influência direta, numa faixa entre 250m a 500m para cada lado a partir do eixo da rodovia. Com vista a facilitar o entendimento desses usos, foram definidos três segmentos (A, B e C) através da correlação entre as diferentes formas, predominantes, de uso e ocupação do solo, que se materializa nas diferenciações socioeconômicas da região;
- ce) caracterização dos danos econômicos para a rodovia:* para esta caracterização, foi avaliada a suscetibilidade dos materiais e os danos aos componentes da mesma quando da ocorrência dos escorregamentos. 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). Assim, foram estabelecidos os critérios para diferenciar a magnitude quanto aos danos econômicos para rodovia;
- cf) caracterização dos danos sociais e econômicos para os usuários da rodovia:* os principais danos sociais e econômicos para os usuários da rodovia, em princípio, foram definidos em função das interdições, congestionamentos e acidentes associados aos materiais depositados na “zona livre” da rodovia;
- cg) análise de riscos:* 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 e Farah, 1991; Cerri, 1993; Augusto Filho, 1994; Silva, 1997; Garibaldi, 2004). As diferentes classes de riscos foram agrupadas em risco alto, médio e baixo.

- d) **SÍNTESE:** compreendeu a representação cartográfica das áreas de riscos, caracterização e classificação dos passivos ambientais e a definição das ações de gestão dos mesmos:

*da) 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 geológico-geotécnicas e as recomendações para gestão dos passivos ambientais associados a escorregamentos. Foi definida uma faixa de 250 metros de cada lado, a partir do eixo da rodovia, para representação cartográfica das áreas de riscos.

*db) caracterização e classificação dos passivos ambientais:* os passivos ambientais foram caracterizados e classificados considerando as proposições do DER/SP e BID (2001), agregando mais um grupo dentro da segunda categoria (ocorrências geradas por terceiros dentro da faixa de domínio).

- e) **GESTÃO DOS PASSIVOS AMBIENTAIS:** a gestão dos passivos ambientais associados a escorregamentos passou pela análise dos processos que põem em risco o corpo estradal, a segurança do usuário e da ocupação do entorno da rodovia. Correspondeu a uma avaliação da gravidade do passivo ambiental para estabelecer prioridades. 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) e na Carta de Riscos de Escorregamentos:

*ea) 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. Assim, foi possível propor diferentes ações de gestão e intervenções. Destaca-se que, na definição das ações de gestão e das intervenções, foi considerada a forma como a questão de recuperação dos passivos ambientais tem sido tratada no âmbito dos Programas de Recuperação de Rodovias do Estado de São Paulo;

*eb) passivos ambientais a serem supervisionados e monitorados:* foram definidos em função dos diferentes graus de riscos identificados;

*ec) passivos ambientais com obras de estabilização e drenagem implantadas que deverão ser supervisionados e monitorados:* foram definidos em função do nível de desempenho das obras, suscetibilidade aos processos e graus de riscos associados;

*ed) passivos ambientais com outras obras civis que deverão ser recuperados e supervisionados:* a presença de postes e linha de transmissão localizados em taludes, que apresentavam 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 os taludes entrem em ruptura e estas estruturas atinjam as pistas;

- ef) *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 e Farah, 1991; Silva, 1997; Garibaldi, 2004), que puderam ser classificados como risco generalizado; a grande suscetibilidade dos materiais; declividades superiores a 60% aliada ao modelo de infra-estrutura e manutenção;
- eg) *atualização do banco de dados dos passivos ambientais*: definiu-se que a frequência de atualização do banco de dados deverá estar diretamente relacionada com o período chuvoso.

## **4 – RESULTADOS**

### **4.1 – Aspectos geológico-geotécnicos**

No Quadro 1 apresenta-se uma síntese dos principais aspectos observados nos afloramentos que margeiam a rodovia, e que influenciam na estabilidade dos taludes. Foi realizada uma divisão em 8 sub-trechos, em função das características geológico-geotécnicas. Pode-se constatar que ocorre uma diversidade considerável de tipos litológicos, compreendendo os solos coluvionares, de alteração, saprolito, rochas da Faixa de Dobramento Ribeira (migmatitos homogêneos e heterogêneos), granulitos, micaxistos, milonitos, cataclasitos, filonitos e os depósitos cenozóicos. Em função das características climáticas da região, aspectos estruturais, propriedades geotécnicas e ainda por sustentarem declividades bastante acentuadas, as rochas e seus produtos de alteração apresentam geralmente feições de instabilidade, sendo bastante propensos a ocorrências de escorregamentos.

### **4.2 – Principais processos verificados**

Efetuiu-se uma avaliação dos modelos fenomenológicos e a identificação espacial dos mesmos com base nos trabalhos do DER e IPT (1991), Augusto Filho (1994) e Cruden e Varnes (1996). Ao longo de todo o trecho foram verificadas as situações dos taludes visando buscar subsídios para classificação dos escorregamentos e elaboração da Carta de Riscos de Escorregamentos.

Os principais processos foram diferenciados de acordo com os materiais onde se desenvolvem, características do relevo e atuação antrópica. Foram cadastrados: rolamentos de matacões, escorregamentos e processos erosivos. Entre os escorregamentos identificou-se diferentes causas e agentes deflagradores, muitos deles relacionados à implantação e a falta de manutenção da rodovia. No Quadro 2 apresenta-se uma síntese dos mesmos.

### **4.3 – Avaliação da suscetibilidade a escorregamentos**

Como já mencionado anteriormente, foram delimitadas diferentes zonas quanto ao grau de suscetibilidade a escorregamentos. Caracterizou-se 8 sub-trechos através da sobreposição dos mapas geológicos, geomorfológicos e principalmente da carta de declividade. Estes foram denominados de sub-trechos ST1, ST2, ST3, ST4, ST5, ST6, ST7 e ST8 (Quadro 3).

Constata-se que 4 sub-trechos apresentam graus de suscetibilidade a escorregamentos altos e 4 apresentam graus de suscetibilidade, predominantes, baixos. Graus de suscetibilidade médios, predominantes, não foram constatados.

**Quadro 1** – Síntese dos principais aspectos geológico-geotécnicos por sub-trechos.

SUB-TRECHOS	CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS
ST1 - km 344+500 ao km 352+100	<ul style="list-style-type: none"> <li>– solos arenosos com nível d'água muito raso da Planície Costeira;</li> <li>– baixos valores de SPT (<i>Standard Penetration Test</i>);</li> <li>– terraços marinhos associados aos morros isolados de migmatitos homogêneos com associação de embrechitos e anateixitos e migmatitos heterogêneos isolados do Pré-Cambriano;</li> <li>– aluviões e sedimentos coluvionares.</li> </ul>
ST2 - km 352+100 ao km 354+750	<ul style="list-style-type: none"> <li>– solos arenosos e areno-siltico-argilosos com nível d'água muito raso da Planície Costeira e baixos valores de SPT.</li> </ul>
ST3 - km 354+750 ao km 359+000	<ul style="list-style-type: none"> <li>– terraços marinhos associados aos morros isolados de migmatitos heterogêneos do Pré-Cambriano. Constatam-se rochas cataclásticas do Paleozóico (subordinadamente).</li> </ul>
ST4 - km 359+000 ao km 361+750	<ul style="list-style-type: none"> <li>– associação de afloramentos constituídos por rocha, saprolito, solo de alteração, juntamente com blocos de rocha e matacões de dimensões variadas. Os produtos de alteração apresentam alta erodibilidade, estruturas reliquias e resistência ao cisalhamento mediana;</li> <li>– migmatitos heterogêneos do Pré-Cambriano, piroxênio granulitos, granulitos, charnoquitos e rochas granito-gnaissicas a hiperstênio, incluindo anfíbolito e serpentinito localmente migmatizado;</li> <li>– migmatitos/gnaiss isolados.</li> </ul>
ST5 - km 361+750 ao km 367+000	<ul style="list-style-type: none"> <li>– migmatitos heterogêneos e piroxênios granulitos, granulitos, charnoquitos e rochas granito-gnaissicas a hiperstênios, incluindo anfíbolitos e serpentinitos localmente migmatizado;</li> <li>– cataclasitos Paleozóicos isolados;</li> <li>– erosão em ravina.</li> </ul>
ST6 - km 367+000 ao km 376+250	<ul style="list-style-type: none"> <li>– associação de afloramentos constituídos por rocha, saprolito, solo de alteração, juntamente com blocos de rocha e matacões de dimensões variadas. Os produtos de alteração apresentam alta erodibilidade, estruturas reliquias e resistência ao cisalhamento mediana;</li> <li>– migmatitos heterogêneos do Pré-Cambriano isolados;</li> <li>– piroxênio granulitos, granulitos, charnoquitos e rochas granito-gnaissicas a hiperstênio, incluindo anfíbolito e serpentinito localmente migmatizado;</li> <li>– cataclasitos Paleozóicos e granodioritos gnaiss isolados;</li> <li>– aluviões, em geral isolados;</li> <li>– erosão em ravina.</li> </ul>
ST7 - km 376+250 ao km 384+000	<ul style="list-style-type: none"> <li>– associação de afloramentos constituídos por rocha, saprolito, solo de alteração, juntamente com blocos de rocha e matacões de dimensões variadas. Os produtos de alteração apresentam alta erodibilidade, estruturas reliquias e resistência ao cisalhamento mediana;</li> <li>– migmatitos heterogêneos do Pré-Cambriano;</li> <li>– cataclasitos Paleozóicos;</li> <li>– erosão por escoamento difuso (laminar).</li> </ul>
ST8 - km 384+000 ao km 390+000	

#### 4.4 – Zoneamento dos danos sociais e econômicos para a ocupação do entorno da rodovia

Verificou-se no entorno da rodovia três usos predominantes e distintos: área urbana de Peruíbe, atividades agropastoris, sítios e chácaras de recreio. No Quadro 4 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 a magnitude quanto aos danos sociais e econômicos decorrentes de escorregamentos para a ocupação localizada no entorno da rodovia é baixa.

**Quadro 2** – Síntese dos principais processos verificados na área de estudo.

PROCESSOS/CAUSAS	OBSERVAÇÕES
1) Rolamento de matacões	Ocorrem caracteristicamente nos morrotes e morros altos no domínio dos migmatitos e nas áreas de rochas graníticas. A movimentação dos matacões está associada a três mecanismos: 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.
2) Escorregamentos em cortes devido à inclinação acentuada, estruturas geológicas e à saturação	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. As alterações geométricas modificam o estado de tensão 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.
3) Escorregamentos devido a problemas com o sistema de drenagem e proteção superficial	Ocorrem devidos aos danos às canaletas, escadas hidráulicas, dimensionamentos incorretos e deficiência no sistema de proteção superficial, que levam às infiltrações nos taludes e na própria plataforma, ocasionando saturação e erosão que evoluem para escorregamentos.
4) Escorregamentos 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 das obras. Ocorrência como esta foi verificada em taludes de encontro de pontes do trecho estudado.
5) Escorregamentos/ Recalques em aterros	Estes processos interferem substancialmente nas pistas da rodovia. Verificam-se abatimentos que são importantes indícios de escorregamentos. As causas mais comuns são a baixa capacidade de suporte na fundação, compactação inadequada, deficiência no sistema de drenagem e rompimento de bueiros e/ou galerias.
6) Processos erosivos	Estes processos originaram-se devido à execução de cortes que expuseram superfícies mais frágeis dos solos, à falta de proteção superficial e inexistência de sistemas de drenagem nos taludes de cortes e aterros.

**Quadro 3** – Sub-trechos e os graus de suscetibilidade à ocorrência de escorregamentos.

SUB-TRECHOS	GRAUS DE SUSCETIBILIDADE
ST1 - km 344+500 ao km 352+100	BAIXO e Médio
ST2 - km 352+100 ao km 354+750	Baixo a ALTO
ST3 - km 354+750 ao km 359+000	Baixo a ALTO
ST4 - km 359+000 ao km 361+750	Baixo a ALTO
ST5 - km 361+750 ao km 367+000	BAIXO
ST6 - km 367+000 ao km 376+250	BAIXO a Alto
ST7 - km 376+250 ao km 384+000	Baixo a ALTO
ST8 - km 384+000 ao km 390+000	BAIXO e Médio
<i>Nota: Em letra maiúscula estão os graus de suscetibilidade predominantes</i>	

**Quadro 4** – 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 escoregamentos.

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 muito 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		
	350+000 ao 352+000	População de baixa renda		
SEGMENTO B				
URBANA	352+500	Subestação de transmissão de energia	Na área de influência direta da rodovia, cobertura vegetal está muito impactada. Notam-se esparsos remanescentes de restinga/ /encosta ou encosta, em estágio inicial de regeneração	BAIXA
	356+000	Acesso ao Distrito de Ana Dias		
URBANA/ RURAL	358+000 ao 363+000	APA de Cananéia-Iguape-Peruíbe	Substituição das formações florestais de planície litorânea por vegetação de encosta, predomínio de vegetação de transição restinga/encosta e monocultura de banana.	
	359+600	Pesqueiro Três Irmãos		
RURAL	360+000	Conjunto de sítios próximos à rodovia		
URBANA	363+000	Acesso ao bairro Raposo Tavares		
	366+200	Acesso à área urbana de Itariri		
RURAL	371+000	Polícia militar e balança		
URBANA	372+500	Acesso à área urbana de Pedro de Toledo		
RURAL	373+000	Polícia Florestal		
URBANA	373+350 ao 375+400	Área urbana de Pedro de Toledo		
SEGMENTO C				
RURAL - agropastoril	376+500 ao 389+084	Intercalações de propriedades rurais (ocupação rarefeita)	– extensos pastos – cultura de subsistência – mata de encosta (vegetação secundária em estágio avançado de regeneração)	BAIXA

#### 4.5 – Caracterização dos danos econômicos para a rodovia

Para esta caracterização foi avaliada a suscetibilidade dos materiais e os danos aos componentes da rodovia quando da ocorrência de escorregamentos. Para todos os componentes da mesma foram verificados qualitativamente os possíveis montantes envolvidos para recuperação, considerando os grupos de intervenções propostos pelo DER/SP (1999). Assim, foram estabelecidos os critérios para diferenciar a magnitude quanto aos danos econômicos para rodovia (Quadro 5).

Verifica-se nos Quadros 5 e 6 que um dano será considerado alto se a suscetibilidade a escorregamento for alta, e o local exigir obras de conservação de emergência e obras do grupo III para a sua recuperação. Um dano médio será aquele onde a suscetibilidade é alta a média e para recuperação do local serão implantadas obras do grupo III e grupo I. O dano baixo está relacionado a uma suscetibilidade baixa e as intervenções serão obras do grupo I e conservação de rotina.

No Quadro 6 são apresentados exemplos de danos econômicos para a rodovia quando da ocorrência de escorregamentos. 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.

#### 4.6 – 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 definidas anteriormente), 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 – Rodovia Régis Bittencourt, ou seja, a Rodovia Padre Manoel da Nóbrega, 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 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.

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 7 apresentam-se exemplos de possíveis danos decorrentes da interdição da rodovia. Os trechos com maiores possibilidades de ocorrerem as interdições devido aos escorregamentos localizam-se entre os km 360+000 ao 361+800 e 378+000 ao 385+000.

- *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 apresentam-se exemplos de possíveis danos decorrentes dos congestionamentos da rodovia.

Como pode-se constatar no Quadro 8, 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. Através dos estudos realizados, constatou-se que entre os grupos de ruídos os ocasionais estão diretamente relacionados com os congestionamentos, seguidos pelos ruídos de funcionamento das máquinas.



**Quadro 5** – 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

Notas:

- *Conservação de rotina*: compreende os serviços de poda; 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 se restringirem à faixa de domínio;
- *Conservação de emergência*: compreende os serviços de caráter 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 linceira à rodovia.
- *Grupo I = obras de conservação especial*: às 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;
- *Grupo III = Restauração e/ou melhoramentos sem alteração de traçado*: incluem-se neste grupo, 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.

As emanações 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 (NOx), os óxidos de Enxofre (SOx), e os materiais particulados (MP). 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 (Garibaldi, 2004) 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 – Volume Diário Médio, inclinação do talude (corte e aterro) e a velocidade da via.

No caso da rodovia em estudo, 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.

Os prováveis danos decorrentes da presença de materiais localizados na zona livre estão relacionados à perda de visibilidade dos motoristas levando a riscos de acidentes com vítimas potenciais e aumento dos riscos de choques dos veículos com os obstáculos (blocos e matacões), também com potenciais vítimas; 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 presentes na zona livre, localizam-se no km 353+100, entre os km 360+000 ao 361+800 e 378+000 ao 385+000.

**Quadro 6** – Exemplos de danos econômicos para a rodovia.

<b>Localização (km)</b>	<b>Componentes da rodovia a serem afetados</b>	<b>Danos</b>	<b>Intervenções</b>
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.			

**Quadro 7** – Exemplos de danos decorrentes da interdição da rodovia.

<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Alteração nas relações socioeconômicas, culturais e turísticas causada pela dificuldade de acessos e perda dos mesmos;</li> <li>2) Deslocamento compulsório da população pela necessidade da busca de variantes;</li> <li>3) Perdas comerciais e de negócios (perda de clientes, redução de receitas de pequenas empresas, desemprego, etc.) causadas pela dificuldade de acessos;</li> <li>4) Pressão sobre os recursos naturais e infra-estrutura social e econômica da região para onde a população se deslocará (área hospedeira);</li> <li>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;</li> <li>6) Alteração dos sistemas locais de transporte como parada de ônibus, táxis, etc.;</li> <li>7) Alteração do sistema viário local, tanto urbano, como rural, devido à ruptura ou dificuldade de acessos e cruzamentos;</li> <li>8) Prejuízos às atividades econômicas vinculadas ao tráfego da via;</li> <li>9) Redução dos laços comunitários e culturais;</li> <li>10) Perda de qualidade de vida (aumento do nível de “stress”);</li> <li>11) Ruptura ou redução de acessos às atividades escolares;</li> <li>12) Alteração da paisagem com a inserção de uma nova paisagem esteticamente desagradável;</li> <li>13) Alterações nas propriedades ambientais devido à criação de acessos irregulares;</li> <li>14) Aumento no tempo e custos de viagens.</li> </ol>
---

#### Quadro 8 – 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 selvagens, 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.

#### 4.7 – Análise dos níveis de riscos

As diferentes classes de riscos foram agrupadas em risco alto, médio e baixo:

– *risco alto*: para os taludes localizados a montante da rodovia seria uma situação de alta suscetibilidade para ocorrerem escorregamentos, tendo como consequência o comprometimento 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. Para os taludes localizados a jusante da rodovia teria como consequência a ruptura dos acostamentos e das pistas, a interdição da via, congestionamentos e perigo para os usuários.

Entre o 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 (Figura 3). 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 consequências não chegam a gerar grandes desconfortos aos administradores da rodovia e aos usuários. Seriam trechos próximos da área de alta suscetibilidade que passariam para risco alto, quando da ocorrência dos processos. Poderia citar como exemplos de consequências, o material mobilizado comprometendo o acostamento, borda da pista e canaletas de drenagens. Entre os km 352 e 353, 360 e 361, 367 e 368, 377 e 383 verifica-se o maior número de situações de risco médio;

– *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 ocorrendo escorregamentos nos setores vizinhos, eles serão pouco afetados e as consequências são insignificantes. Entre os km 361 e 363, 372 e 373, 374 e 375, 383 e 384 e 388 e 390 foi identificado o maior número de situações de risco baixo.

Quanto ao raio de alcance, considerou-se que o material movimentado atinge uma distância correspondente a uma altura e meia do talude, conforme Fukuoka (1980). Assim, trechos localiza-

dos 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.

#### 4.8 – Cartografia dos níveis de riscos

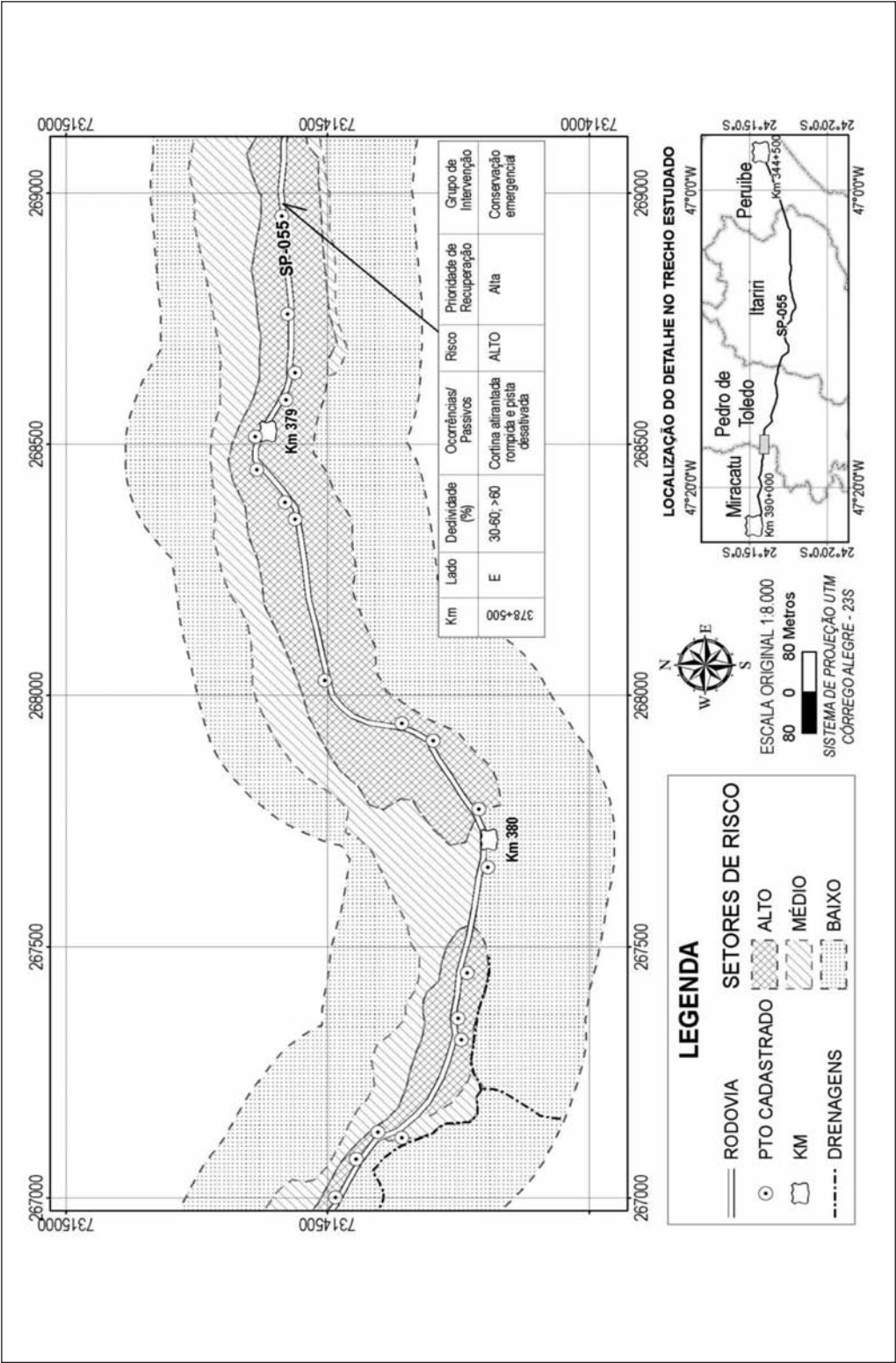
Elaborou-se a Carta de Riscos de Escorregamentos na escala 1:10 000. Utilizando-se a mesma, realizou-se uma organização dos dados compreendendo: estimativa do número de áreas e situação das mesmas, localização por folha e separação entre risco pontual e setorizado. A separação entre risco pontual e setorizado 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. A Figura 3 apresenta extrato ilustrativo de um trecho da mesma. No Quadro 9 apresenta-se uma síntese dos resultados obtidos.

**Quadro 9** – Síntese dos resultados obtidos através da Carta de Riscos de Escorregamentos.

No total de áreas de riscos cadastradas	Graus de riscos			Declividades predominantes			Tipologia dos processos
	Alto	Médio	Baixo	Alta	Média	Baixa	
124	36	34	60	30-60 > 60%	15-30%	0-15%	Principalmente escorregamentos estruturados em solo de alteração de rocha

No Quadro 9 e na Carta de Riscos (Figura 3) pode-se constatar a seguinte situação:

- 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;
- entre o km 378+000 e 385+000, que é o trecho serrano, verificam-se as situações mais críticas, onde um maior número de componentes da rodovia estão em situações de risco alto;
- constatou-se na Carta de Riscos de Escorregamentos, setores de risco alto 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 os escorregamentos estão afetando uma grande área, sendo generalizado e mais difícil de prever e corrigir os danos causados pelos mesmos;
- 36 áreas estão em situação de risco alto; a maioria corresponde a escorregamentos estruturados nos cortes e 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%;
- 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%;
- quanto à tipologia dos movimentos gravitacionais de massa, são verificados e esperados os escorregamentos planares rasos, estruturados, rolamento, quedas de blocos e escorregamentos em aterros.



**Fig. 3** – Extrato ilustrativo da carta de risco de escorregamentos da SP-055 no trecho entre os km 378 e 381 (Garibaldi, 2004).

As análises dos acidentes com escorregamentos (Garibaldi, 2004) apontam a região de Pedro de Toledo e da serra como as mais críticas. Assim, entre os trechos analisados, constatou-se que este é o mais provável para ocorrer à interdição da rodovia, congestionamentos e acidentes quando da ocorrência dos escorregamentos.

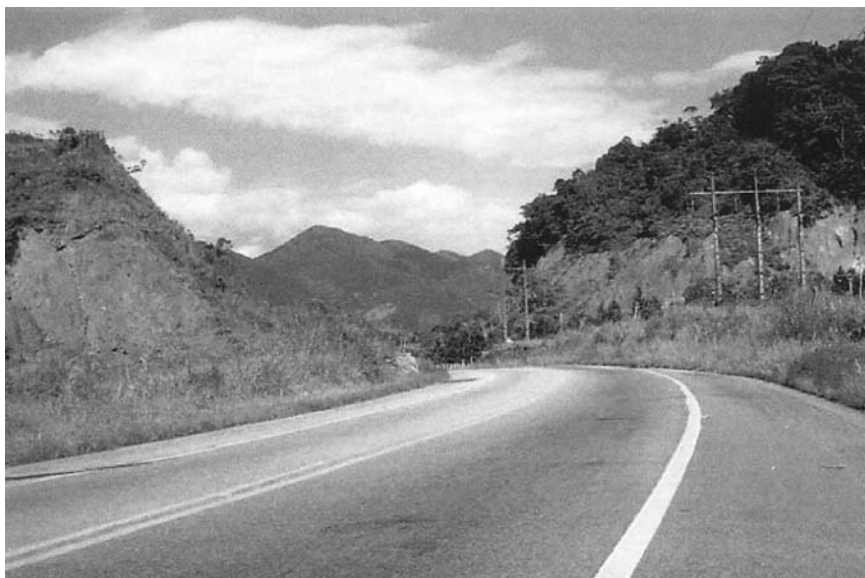
#### **4.9 – Caracterização e classificação dos passivos ambientais associados a escorregamentos**

A caracterização e classificação dos passivos ambientais foi muito facilitada através da Carta de Riscos de escorregamentos, 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 geológico-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 estudado, outros trabalhos e Autores (Vicentini, 1999; Romanini, 2000; DER/SP e BID, 2001; ARTESP, 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 (DER/SP, 1999). Desta análise pode-se verificar a deficiência no sistema de manutenção da rodovia;
- 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;
- os passivos ambientais foram classificados de acordo com DER/SP e BID (2001), agregando mais um grupo dentro da segunda categoria. Constatou-se que a maioria dos passivos ambientais faz parte da Primeira Categoria e do Grupo I, e corresponde a ocorrências internas à faixa de domínio decorrentes da construção e operação da rodovia. Estes 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 (Figura 4);
- dentro da segunda categoria, 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.

Na Figura 5 verifica-se a distribuição dos passivos ambientais ao longo da rodovia e os riscos de escorregamentos associados aos mesmos. Nota-se que o maior número de ocorrências críticas está entre o km 353 e 354; 359 e 361, 378 e 382.





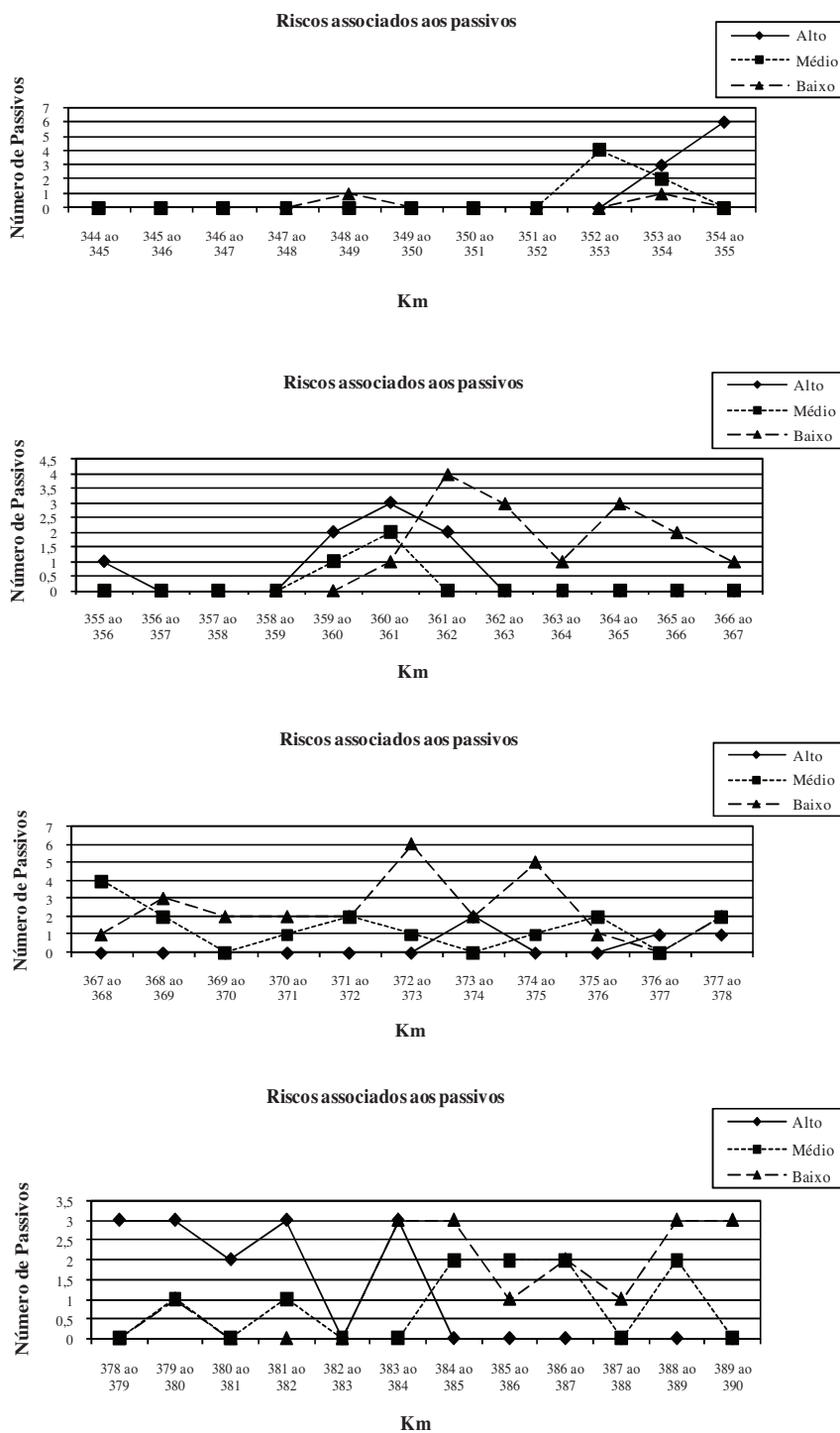
**Fig. 4** – Exemplo de passivo ambiental localizado na faixa de domínio pertencente à 1.<sup>a</sup> Categoria e Grupo I do DER/SP; BID (2001), km 353+100 ao 353+400.

#### **4.10 – Medidas propostas para gestão dos passivos ambientais**

A gestão dos passivos ambientais passa pela análise dos processos que põem em risco o corpo estradal, a segurança do usuário, e a ocupação do entorno da rodovia. Corresponde a uma avaliação da gravidade do passivo ambiental para estabelecer prioridades. Dessa forma, realizou-se a separação dos mesmos em quatro grupos, orientando-se na Carta de Riscos de Escorregamentos:

- 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 localizadas 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.

Independentemente da ação de gestão a ser adotada, todos os pontos deverão ser supervisionados no âmbito de um Plano Preventivo de Escorregamentos (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.



**Fig. 5 – Distribuição dos passivos ambientais e os riscos de escorregamentos associados aos mesmos, ao longo da rodovia.**

#### 4.10.1 – Hierarquização dos passivos ambientais a serem recuperados

A hierarquia e prioridade de recuperação de cada área são função do grau de risco associado à mesma, conforme discutido anteriormente. Assim, foi possível propor diferentes ações de gestão e intervenções, que são apresentadas no Quadro 10.

**Quadro 10** – Proposta de gestão para os passivos ambientais associados a escorregamentos.

Nº total de pontos cadastrados	Nº de pontos/risco	Graus 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	
Nota: Grupo I = Conservação especial; Grupo III = Restauração e/ou melhoramentos sem alteração de traçado.				

No Quadro 10 verifica-se o número total de pontos cadastrados, número de casos críticos, gravidade das ocorrências (segundo graus de riscos geológicos) e as ações de gestão. As características dos passivos ambientais e as soluções propostas nos respectivos grupos do DER/SP (1999) poderão ser classificadas em diferentes 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.

#### 4.10.2 – Passivos ambientais a serem supervisionados e monitorados

Os diferentes graus de riscos identificados, os passivos definidos, bem como os grupos de intervenções propostos, poderão ser alterados a depender das características das chuvas, ações antrópicas e ações do DER. Assim, 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.

Desta forma, 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). Mesmo áreas já contempladas com obras deverão ser supervisionadas,

pois tem sido freqüente o insucesso de inúmeras obras de estabilização por deficiência nos projetos, execução e falta de manutenção. Constatou-se que, áreas que foram contempladas com a realização de obras conseguiram minimizar os riscos existentes e colaboraram para segurança da rodovia e dos usuários. No entanto, diversos fatores contribuíram para que tais obras permanecessem em situação de risco (Figura 6).

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. Os locais mais críticos que deverão ser supervisionados e monitorados estão entre os km 378+000 e 385+000.

Durante o cadastramento dos passivos ambientais constatou-se, também, a existência de linhas de alta tensão, postes e obras de sinalização que já foram e poderão ser danificadas com a evolução dos processos. Assim, a presença destas estruturas 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. Esta ação visa evitar falhas no sistema que podem levar às interrupções nas transmissões e comprometimento da rodovia, caso os taludes entrem em ruptura e estas estruturas atinjam as pistas. Os locais mais críticos estão entre os km 353+400 e 354+850 e km 378+000 e 385+000.



**Fig. 6** – Cortina atirantada provisória em situação precária, km 379+500 – lado esquerdo.

#### ***4.10.3 – 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, 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.

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- Plano Preventivo de Escorregamentos e um PAEE - Plano de Atendimento Emergencial de Escorregamentos. Os critérios técnicos para elaboração, implantação e operação destes Planos são discutidos em Garibaldi (2004) e Garibaldi et al. (2006).

Com base nos trabalhos dos referidos autores, constata-se que a operação do PPE e do PAEE deve ter sintonia com o período chuvoso, pois é quando verifica-se a maior possibilidade de ocorrência de escorregamentos. Outro aspecto a ser considerado é a avaliação de totais mensais de chuvas em relação à média histórica (Cerri, 1993; Garibaldi, 2004; Garibaldi *et al.*, 2006).

Logo, avaliando-se as características climáticas da região, constatou-se que a operação dos Planos deve ocorrer, inicialmente, entre os meses de setembro e abril de cada ano; que a precipitação diária de 66mm e valores acumulados de 03 dias da ordem de 100mm representam índices críticos. As massas de ar de grande distribuição espacial e longa duração, e as advecções marítimas apresentam maior possibilidade de deflagrarem escorregamentos na Rodovia estudada. Entretanto, devido a condicionantes estruturais dos materiais mapeados, chuvas intensas de curta duração também são críticas.

## 5 – DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Para realização deste trabalho efetuou-se a identificação, análise e a hierarquização das situações de riscos associados a escorregamentos, de forma relativa, pela comparação entre as situações de riscos identificadas.

Analisaram-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. Após, cartografou-se os setores de risco alto, médio e baixo, possibilitando-se propor as diferentes ações de gestão dos passivos ambientais.

A primeira ação de gestão 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: Conservação de Rotina, Grupo I (obras de conservação especial), Grupo III (restauração e/ou melhoramentos sem alteração de traçado) e Conservação de emergência.

Após, efetuou-se a hierarquização dos passivos ambientais a serem recuperados, utilizando-se a Carta de Riscos de Escorregamentos, as características operacionais da rodovia e de seu entorno. 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 um Plano Preventivo e um Plano de Atendimento Emergencial de Escorregamentos. Frente aos resultados obtidos nas diversas fases do trabalho, verificou-se que:

- os escorregamentos estruturados em taludes de corte foram os principais processos identificados;
- existe um grande número de áreas de riscos associados a escorregamentos, diferentes processos que levam aos acidentes, diversidade de relevo, geologia e precipitações pluviométricas elevadas e, ainda, a falta de manutenção;
- das 124 áreas cadastradas, 36 estão em situação de risco alto e necessitam de recuperação imediata; as situações mais críticas estão entre os km 378 e 385. Nota-se que é este o trecho o mais provável para ocorrer a interdição da rodovia, congestionamentos e acidentes;
- a caracterização dos danos econômicos para a rodovia mostrou que a suscetibilidade dos processos condiciona a natureza dos danos e os tipos de intervenções e que os principais componentes da rodovia a serem danificados pelos processos são: os acostamentos, sinalização, obras de arte especiais e drenagem;

- foram caracterizados muitos danos sociais e econômicos para os usuários da rodovia, quando da ocorrência de escorregamentos, que representam significativos impactos ambientais negativos;
- a hierarquia, prioridade de recuperação de cada área, tipo de intervenções e demais ações de gestão são condicionadas pelos graus de riscos de escorregamentos relacionados às áreas;
- a maioria dos locais 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 pode ser enquadrada na 1.<sup>a</sup> 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;
- a escala (1:10 000) definida para apresentação da carta de riscos de escorregamentos deu subsídios para hierarquização dos passivos ambientais e prevenção de novas ocorrências. A mesma caracteriza-se como uma escala de detalhe e a carta de riscos poderá ser aplicada para projetos, e dirigida ao planejamento do uso do solo, ou seja, gestão ambiental da rodovia.

## 6 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Frente aos resultados obtidos neste trabalho conclui-se que as Cartas de Riscos caracterizam-se como importantes ferramentas na gestão ambiental de rodovias e de outros empreendimentos lineares. São um instrumento fundamental na hierarquização, priorização dos locais a serem recuperados, na seleção dos locais a serem monitorados e supervisionados e, portanto, no acompanhamento da dinâmica da área. Possibilitam o controle sobre o estado geral dos taludes; permitem interferir em fases anteriores à ocorrência dos processos que levam a risco alto; realizar previsões de instabilidades e efetuar a ação de gestão mais adequada. Dessa forma, é possível recomendar que a gestão de passivos ambientais em rodovias envolva os seguintes aspectos:

- 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;
- a definição dos níveis de segurança dos taludes de acordo com os graus de riscos geológico-geotécnicos;
- a freqüência de atualização do banco de dados deve estar relacionada com o período chuvoso. Assim, uma vez por ano deve-se realizar a atualização de todo levantamento efetuado. A supervisão ambiental deve ser realizada rotineiramente em conjunto com as atividades de conservação, estabelecendo uma manutenção sistematizada e a constante atualização do banco de dados.

Finalmente, conclui-se que a Sistemática mostrou-se adequada frente aos objetivos estabelecidos e trará importante contribuição à gestão ambiental de rodovias e de outros empreendimentos lineares.



## 7 – AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos seguintes amigos: Engenheiro Rubens Augusto Shiguirara; Engenheiro Alexandre Zuppolini; Engenheiro Everson Guilherme Grigoletto; Dr. José Francisco Gerra da Silva do DER/SP; Dr. Eduardo Silva, na época Diretor de Engenharia do DER/SP; ao Geólogo Gustavo Ciotto e às Engenheiras Márcia Regina Mora e Débora Regina Dias.

## 8 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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 3.º RADA*. Artesp. São Paulo, 205p.
- Augusto Filho, O. (1994). *Cartas de riscos de escorregamentos: uma proposta metodológica e sua aplicação no município de Ilha Bela, SP*. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo. Dissertação (Mestrado), 163p.
- Bellia, V.; Santos, L.F.T. (1998). *Gestão ambiental de rodovias e malhas viárias: conceitos e métodos de trabalho*. 3º 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.
- Bolt, B.A.; Horn, W.L.; Macdonald, G.A.; Scott, R.F. (1975). *Geological Hazards*. Berlin: Springer-Verlag, 328p.
- Cerri, L.E.S. (1993). *Riscos geológicos associados a escorregamentos: uma proposta para prevenção de acidentes*. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro. Tese (Doutorado), 197 p.
- Costa, R.M. (2010). *O papel da supervisão ambiental e proposta de avaliação de desempenho ambiental em obras rodoviárias*. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo. Dissertação (Mestrado), 351 p.
- Cruden, D.M.; Varnes, D.J. (1996). *Landslides types and processes*. Landslides Investigation and Mitigation. National Academy Press Washington, D.C. (Special Report, 247), pp. 36-75.
- Cunha, M.A.; Farah, F. (1991). *Manual de ocupação de encostas*. IPT. Publicação 1831. São Paulo, 216p.
- Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo – DER; Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT (1991). *Taludes de rodovias: orientação para diagnóstico e soluções de seus problemas*. Publicação IPT no. 1843. São Paulo.
- 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. vol. I, abril de 1999, 135p.
- 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, 1, CD-ROM.
- Fukuoka, M. (1980). *Landslides associated with rainfall*. Geotechnical Engineering, Bangkok, v.2, pp. 1-29.

- Galves, M.L.; Avo, A.M. (1999). *Investigação do passivo ambiental de rodovias por meio de indicadores de impacto*. Seminário Nacional. A Variável Ambiental em Obras Rodoviárias, Foz do Iguaçu. Anais. Curitiba, PR, FUPEF, pp. 329-333.
- Garibaldi, C.M. (2004). *Gestão de Passivos Ambientais Associados a Escorregamentos em Rodovias: Contribuições ao Cenário Metodológico*. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo. Tese (Doutorado), 287p.
- Garibaldi, C.M.; Soares, L.; Dias, D.R. (2006). *Diretrizes para el licenciamento y control ambiental de áreas de apoyo de obras de conservación carreteras del estado de São Paulo - Brasil*. Congreso Internacional de Transporte y Desarrollo Urbano. Asociación de Ingeniería de Transportes de Costa Rica. Costa Rica, p. irreg.
- Ridente, J.L.J. (2008). *Análise da utilização de cartas geotécnicas em diferentes escalas para a gestão ambiental de rodovia em operação*. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro. Tese (Doutorado), 182p.
- Rocha, L.A.; Rocha, A.L.M. (1999). *Considerações preliminares sobre levantamentos de passivo ambiental em rodovias*. Seminário Nacional. A Variável Ambiental em Obras Rodoviárias. Anais. Paraná, pp. 417-426.
- Romanini, P.U. (2000). *Rodovias e Meio Ambiente: Principais impactos ambientais, incorporação da variável ambiental em projetos rodoviários e Sistema de Gestão Ambiental*. São Paulo. vol. I, Tese (Doutorado) Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, 127p.
- Silva, V.C.R. (1997). *Gerenciamento de riscos de escorregamentos: discussão sobre a implementação de um Plano Preventivo de Defesa Civil no município de São Paulo*. Escola Politécnica Universidade de São Paulo. São Paulo. Dissertação (Mestrado), 194p.
- Vicentini, V.L.P. (1999). *Metodologia para avaliação ambiental de programas de restauração e/ou melhoramento de rodovias*. Ciência Ambiental, Universidade de São Paulo. São Paulo. Dissertação (Mestrado), 210p.