



NORMA DA ASSOCIAÇÃO
BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE
ENGENHARIA E AMBIENTAL

NÚMERO DE REFERÊNCIA:
DIRETRIZ NORMATIVA
ABGE 400/2024
1ª Edição, 2024

RODOVIAS EM OPERAÇÃO - IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE TERRAPLENOS E OS RISCOS DE MOVIMENTOS DE MASSA

MINUTA EM DEBATE

Diretriz Normativa ABGE 400
1ª Edição, 2024

ABGE — AJUDANDO AS EMPRESAS A TRABALHAREM MELHOR



Copyright 2024. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental – ABGE
Todos os direitos reservados a ABGE.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Kertzman, F.F..

Diretriz normativa ABGE 400/2024 : rodovias em
operação : identificação e avaliação de riscos de
movimentos de massa / A. E. S. Abreu, F. F.
Kertzman. -- 1. ed. -- São Paulo : ABGE, 2024.

Vários colaboradores.

Bibliografia.

ISBN 978-65-88460-39-9

1. Geotecnia 2. Investigação geológica 3. Normas
técnicas 4. Rodovias - Projetos e construção

I. Kertzman, F. F. II. Título.

24-225926

CDD-624.15

-624.151

Índices para catálogo sistemático:

1. Geotecnia ambiental : Tecnologia 624.15
2. Geologia de engenharia 624.151

Aline Grazielle Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129

Sugestão de referência bibliográfica:

Abreu, A. E. S.; Kertzman, F. F. 2024. Diretriz Normativa ABGE 400/2024: Rodovias em operação - Identificação e avaliação de riscos de movimentos de massa. Vários colaboradores. 1ª Edição. São Paulo: ABGE, 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL – ABGE

Av. Prof. Almeida Prado, 532, Prédio 59. Cidade Universitária, São Paulo, SP CEP 05508-901

www.abge.org.br – abge@abge.org.br

Fones: (11) 3767.4361 (11) 9.8687.6560

A ABGE e todos os colaboradores, revisores, coordenadores, autores e editor participantes dessa Norma ou de artigos e livros utilizados como referência bibliográfica, não possuem responsabilidade de qualquer natureza por eventuais danos ou perdas pessoais ou de bens originados do uso da presente publicação. Aqueles que usam essa publicação são responsáveis por tomar suas próprias decisões quando aplicarem as informações aqui fornecidas e as cotejarem e harmonizarem com outras. Críticas e contribuições devem ser encaminhadas à Secretaria Executiva da ABGE: abge@abge.org.br

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO 4

1 INTRODUÇÃO 6

2 FINALIDADE..... 6

3 CONCEITOS E DEFINIÇÕES..... 7

4 LEVANTAMENTO DE DADOS PREEXISTENTES 9

5 AVALIAÇÃO E VALIDAÇÃO DOS DADOS PREEXISTENTES 14

6 BASES CARTOGRÁFICAS E DE INFORMAÇÕES GEOMORFOLÓGICAS, HIDROLÓGICAS, HIDROGEOLÓGICAS E GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS..... 15

7 LEVANTAMENTO DE CAMPO..... 18

8 CLASSIFICAÇÃO DE ACIDENTES E IMPACTOS E A AVALIAÇÃO DOS RISCOS..... 21

9 MEDIDAS A SEREM TOMADAS 24

10 PADRONIZAÇÃO E DIGITALIZAÇÃO DE INFORMAÇÕES 27

11 PRODUTOS E ENTREGÁVEIS..... 28

12 PRINCIPAIS PARTICIPANTES 29

13 REFERÊNCIAS E LEITURAS RECOMENDADAS 29

14 REFERÊNCIAS NORMATIVAS E DIRETIVAS..... 32

ANEXOS 1 A 5: Ilustrações e informações complementares..... 34

ANEXO 1: Fotos ilustrativas..... 34

ANEXO 2: Proposta de ficha de campo dessa DN 400/2024 36

ANEXO 3 - Modelo de ficha de campo da literatura 39

ANEXO 4: Sistema de monitoramento e alerta na Rodovia dos Tamoios ... 40

ANEXO 5: Breve diagnóstico geotécnico sobre movimentos de massa que atingiram rodovias na Serra Gaucha, RS, abril de 2024 41

APRESENTAÇÃO

Essa Diretriz Normativa (DN) destina-se aos diversos protagonistas envolvidos em rodovias em operação, como são os casos de órgãos de governo rodoviários; concessionárias; agências regulatórias; investidores; construtoras; empresas executoras de serviços geológico-geotécnicos de campo e laboratório; projetistas; consultores e encarregados de fiscalização e de conservação e manutenção de rodovias.

Os assuntos aqui tratados foram objeto de discussão no 4º RODO, Simpósio de Rodovias, realizado pela ABGE em São Paulo em setembro de 2023.

Essa diretriz normativa visa preencher algumas das lacunas normativas e diretivas apontadas durante o evento, fundamentando-se na literatura especializada sobre o tema, nas melhores práticas de identificação e avaliação de riscos empregadas no Brasil e na experiência acumulada pelos especialistas envolvidos na ABGE.

A Diretriz Normativa ABGE 400/2024 tem por foco a **Identificação e avaliação de terraplenos e de riscos de movimentos de massa em rodovias em operação**. Trata-se, sem dúvida, de um trabalho geotécnico muito importante, em decorrência das necessidades técnicas, operacionais e de segurança nas obras lineares de infraestrutura do país, em especial as rodovias.

Os procedimentos de identificação e avaliação estabelecidos nesta DN desempenham um papel crucial na definição dos perigos e riscos previsíveis, a partir de metodologias amplamente difundidas e disponíveis no meio técnico. Dessa forma, favorece-se uma gestão das rodovias – tanto públicas quanto concedidas – fundamentada em dados e evidências, o que, por sua vez, contribui para a redução de conflitos contratuais e na oferta de uma infraestrutura segura e de qualidade para a sociedade.

As Normas e Diretrizes Normativas ABGE possuem formatos próprios, mas semelhantes às publicadas por entidades civis e associações técnicas e profissionais, nacionais ou estrangeiras, como ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), ASTM (American Society for Testing and Materials), API (American Petroleum Institute), ISO (International Organization for Standardization), ASCE (American Society of Civil Engineering), CDA (Canadian

Dam Association), IAEG (International Association for Engineering Geology and the Environment), Eurocodes (European Codes), dentre outras. Essas entidades publicam Normas (Standards), Diretrizes (Guidelines), Boletins (Bulletins), Regras (Codes) e outros documentos assemelhados, com a finalidade de ajudar empresas e profissionais a trabalharem melhor.

As normas e as publicações técnicas editadas pelas entidades acima citadas, assim como a presente DN ABGE, são de aceitação voluntária. A sua aplicação somente passará a ter caráter vinculante no plano legal/normativo, caso seja reconhecida e de alguma forma chancelada/acolhida pelo poder público (por exemplo, se a adoção de alguma NORMA OU DIRETRIZ NORMATIVA ABGE for exigida ou referida por algum dispositivo legal); e, no plano privado, caso seja mencionada em um contrato como norma a ser observada pelas partes no cumprimento de suas obrigações (Passini & Alvares Sociedade de Advogados, 2021).

Sugerimos que os usuários das informações desta publicação a cotejem e a harmonizem com outras sobre o mesmo tema, assim possibilitando maior consistência nos termos de referências e contratos e maior eficácia, segurança e economicidade nos estudos, projetos e obras.

Agradecimentos aos autores, aos sócios, às empresas patrocinadoras da ABGE e a todos que apoiaram e colaboraram com a presente publicação.

Editor da DN 400/2024

Presidente da ABGE – Gestão 2025-2026

1 INTRODUÇÃO

As consequências dos **movimentos de massa** desencadeados por fenômenos climáticos – em especial os eventos extremos de chuvas intensas – podem atingir elevada magnitude, comprometendo a segurança dos usuários e o tráfego nas rodovias. Têm potencial, também, de vir a afetar áreas adjacentes à rodovia, gerando consequências adversas para as populações circunvizinhas onde, desta forma, torna-se essencial compreender tanto os **riscos** naturais quanto os provenientes de natureza antrópica (intervenções humanas), com o objetivo de mitigá-los, garantindo assim a segurança e a sustentabilidade das rodovias.

Para tal, há a necessidade de implantação de um ferramental de **gestão de riscos de movimentos de massa**, desenvolvido com base nas especificidades do segmento rodoviário, que vise prevenir as ocorrências, bem como minimizar suas consequências adversas tanto ao homem como ao meio ambiente.

2 FINALIDADE

A presente Diretriz Normativa (DN) tem como objetivo estabelecer os procedimentos a serem adotados para a identificação e avaliação de riscos de movimentos de massas em rodovias em operação. Suas diretrizes contemplam:

- a) Identificação e mapeamento dos **perigos** e dos **impactos** de movimentos de massa;
- b) Avaliação dos **riscos**, a partir da classificação dos perigos e dos impactos identificados;
- c) Orientações sobre medidas a serem tomadas para definição de ações para **prevenção e mitigação de riscos** e para formulação de um **Plano de Gestão de Riscos a Movimentos de Massa**.

Ao indicar os procedimentos tecnicamente adequados na avaliação dos riscos relacionados ao movimentos de massa, a presente DN se configura como um instrumento de apoio aos entes governamentais, responsáveis pelas concessões e fiscalizações dos serviços públicos, que podem utilizar as

informações contidas nessa Diretriz para avanços em seus marcos legais e contratuais, o que, sem dúvida, contribuirá para o equilíbrio orçamentário, melhor performance técnica e socioambiental do empreendimento e, consequentemente, para a redução de contendas judiciais.

3 CONCEITOS E DEFINIÇÕES

Após os termos “Movimento de Massa” e “Risco”, focos da presente DN, seguem outros de importância ao tema, em ordem alfabética.

Ação de mitigação de riscos: ações e/ou estratégias adotadas após identificar riscos e ameaças, visando reduzir e/ou minimizar os impactos de acidentes.

Ação de prevenção de riscos: ações e/ou estratégias adotadas antes da ocorrência de riscos e perigos, visando evitar ou reduzir os impactos de acidentes;

Acidente: fenômeno com características, dimensões e localização geográfica registradas no tempo, que causa danos pessoais, materiais, financeiros e/ou sociais;

Ameaça: Fenômeno ou processo do meio físico cuja dinâmica pode gerar consequências negativas (perdas e danos) em relação aos elementos expostos (pessoas, edificações, infraestrutura, bens materiais, serviços, recursos naturais) (CPRM, 2018).

Bases cartográficas: conjunto de dados de referência, estruturados em bases de dados digitais (SIG – Sistema de Informações Geográficas), permitindo uma visão integrada em 2D do território em estudo.

Carta geológico-geotécnica: documento cartográfico ao longo de certos trechos ou de toda a rodovia, de amplitude regional ou local (em função da escala de apresentação) que retrata, dentre outros, as características geomorfológicas (tipos de processos da dinâmica superficial e declividade dos terrenos) e hidrogeológicas (nível d’água e seu comportamento subterrâneo), a distribuição dos tipos de rochas e de solos e os diferentes comportamentos dos terrenos de interesse para finalidades variadas, visando atender a projetos e obras de engenharia e de uso e ocupação do solo, de maneira preventiva ou corretiva. Utiliza-se de todo ferramental de apoio, como **bases cartográficas**,

imagens aéreas e de radares (InSar), documentação fotográfica e aeronave remotamente pilotada (veículo não tripulado – VNT, ou *drone*). Para a presente Diretriz Normativa adota-se, como finalidade da carta, a suscetibilidade à ocorrência de movimentos de massa, critério terminológico adotado pela ABGE (Canil et al., 2018), utilizável para estudos tanto antes (prevenção), como após os acidentes terem ocorridos (mitigação). A abrangência da carta pode se estender às microbacias hidrológicas cruzadas pela rodovia, em função de possíveis impactos causados por chuvas intensas, que podem gerar movimentos de massa, principalmente corrida de detritos¹.

Evento: fenômeno com características, dimensões e localização geográfica registradas no tempo, sem causar danos econômicos e/ou sociais (BRASIL, 2007).

Impacto: consequência ou efeito gerado pelo movimento de massa.

Investigação geológico-geotécnico: inspeção de campo ao longo da rodovia e seus entornos, de diferentes finalidades e níveis de aprofundamento técnico, desde expedito até nível de detalhe, normalmente feito com apoio de veículo não tripulado. Visa, como a **carta geológico-geotécnica**, obter e registrar em mapas, imagens (fotos/vídeos) e relatórios, informações sobre a geomorfologia, geologia, hidrogeologia, condições geotécnicas dos solos e das rochas e também sobre os acidentes ocorridos ou potencialmente prováveis de ocorrer, ao longo de um trecho ou de toda a rodovia. Exige, assim como na produção de **carta geológico-geotécnica**, a supervisão ou responsabilidade a cargo de profissional(s) especialista(s). Os levantamentos visam suprir a

¹ Sobre suscetibilidade a ocorrência de corrida de detritos (*debris flow*), e sua aplicação na Rodovia dos Tamoios/ Contorno, consultar Cunha et al. (2022).

² A finalidade, metodologia de execução e a apresentação de resultados de um levantamento ou da elaboração de carta geológico-geotécnica devem estar bem definidas nas Especificações dos serviços, considerando que por “carta” deve ser entendido um estudo metodológico de susceptibilidade a movimentos de massa o mais completo possível; e por “levantamento” um estudo parcial, de finalidade específica, com conteúdo e profundidade variável, conforme estabelecido em Especificações. Nada impede que a denominação do trabalho de um levantamento abrangente e aprofundado receba a denominação de carta, mas com as devidas ressalvas necessárias.

ausência de carta geológico-geotécnica, ensejada por diversos motivos, dentre os quais o custo e o prazo mais altos que os levantamentos².

Meio Físico: Caracterizado como os processos que ocorrem no ambiente levando em consideração todos os elementos abióticos (Fornasari Filho et al, 1992)

Movimento de massa: movimentos dos solos e das rochas sob o efeito da gravidade, geralmente associados a elevados índices pluviométricos que atingem encostas e taludes de cortes e aterros. Os mais comuns movimentos são do tipo queda de blocos de rocha, escorregamento (ou deslizamento) e corrida de detritos (*debris flow*). Critérios de identificação dos tipos de movimentos de massa podem ser consultados em Augusto Filho et. al. (2018). Informações sobre relevo e dinâmica superficial, bases geomorfológicas importantes para compreensão dos movimentos de massa, podem ser consultadas em Fornazari Filho e Faria (2018).

Área Lindeira: Todo terreno com limite junto a Faixa de Domínio em operada, possuindo ou não acesso direto à rodovia.

Operador: Instituição privada ou entidade pública destinada a administrar uma rodovia;

Perigo: condição ou fenômeno com potencial para causar uma consequência desagradável dentro de um certo período (CPRM/SGB, 2018).

Risco: no caso de rodovias em operação, corresponde a possibilidade de ocorrência de um **acidente** promovido por movimento de massa, impactando com magnitude variada as obras e o seu entorno (comunidades, áreas de preservação, infraestruturas privadas e públicas etc.);

Usuários da Rodovia: Qualquer pessoa que utiliza uma rodovia para a sua locomoção, seja conduzindo um veículo ou viajando como passageiro.

4 LEVANTAMENTO DE DADOS PREEXISTENTES

O levantamento de dados preexistentes – que inclui compilação de informações bibliográficas sobre o local, sobre projetos e experiências anteriores e sobre inspeções de campo e planos preventivos e corretivos, quando houver – deve ser feito sob responsabilidade de profissional(s) experiente(s), cujo nome(s) e registro(s) profissional(s) deve(m) constar nos relatórios e documentos consolidados.

As atividades relacionadas à identificação e ao mapeamento de riscos relacionados a movimentos de massa devem ser iniciadas com o levantamento de dados, visando a consolidação de um Cadastro, contendo:

- 1) informações sobre o sistema viário (item 4.1);
- 2) informações do meio físico (inclui dados hidrológicos (item 4.2);
- 3) Informações sobre eventos e acidentes (item 4.3);
- 4) Informações sobre obras e ações (item 4.4).

A Figura 1 contém as etapas dos trabalhos e os produtos a serem obtidos com a aplicação da presente Diretriz Normativa.

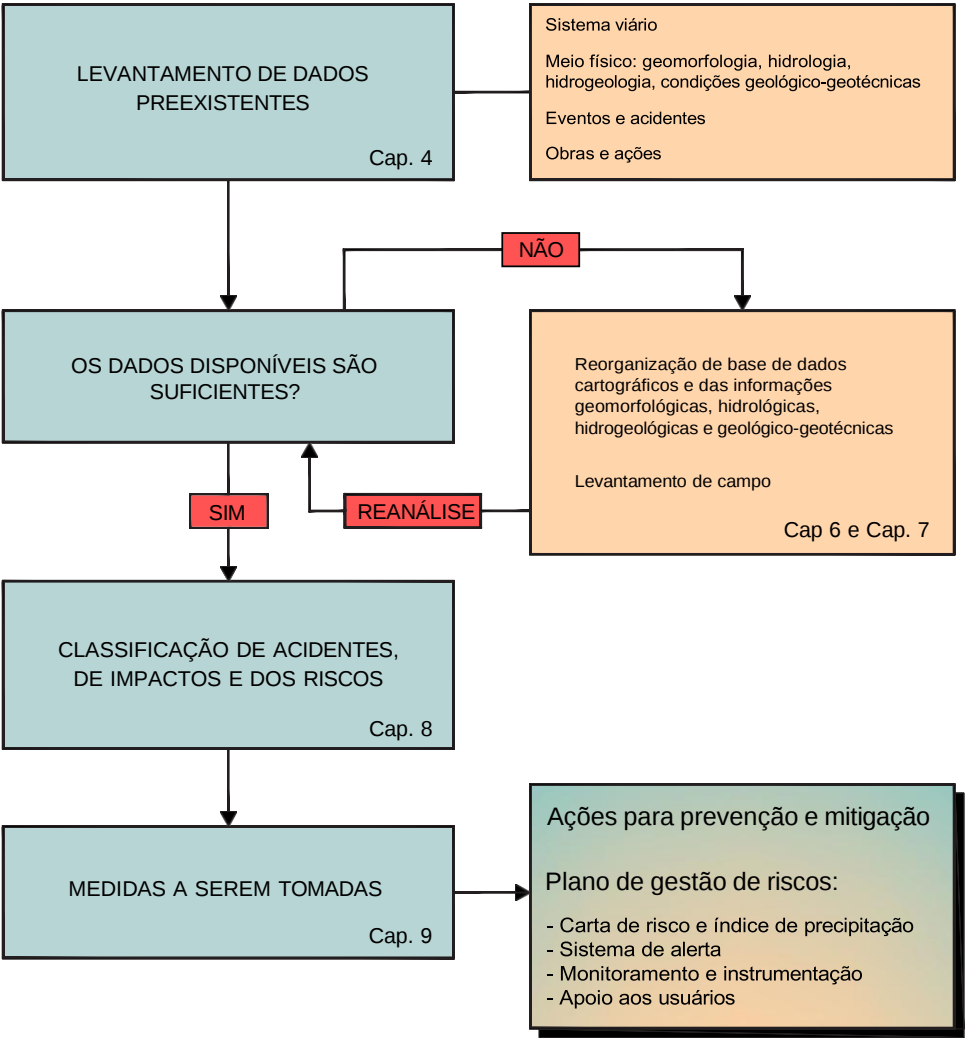


Figura 1 – Etapas de trabalhos e os produtos a serem obtidos.

Esses procedimentos de análise e de validação de dados, considerando a quantidade e qualidade das informações, visam a elaboração de um Plano de Gestão de Riscos de Movimentos de Massa eficaz, capaz de atender às necessidades da via em operação.

4.1 Informações sobre o sistema viário

Devem ser pesquisadas e reunidas todas as informações existentes e de interesse sobre o sistema viário, cujos resultados devem ser apresentados de maneira sucinta em relatório e em um desenho retigráfico, com a descrição de trecho ou do total da rodovia contendo:

- Identificação, extensão, quilômetro de início e fim e número de faixas;
- Túneis e obras de arte, como pontes e viadutos
- Municípios, áreas urbanizadas e áreas de preservação interceptados;
- Praças de pedágio, pátios de estacionamento, locais de apoio ao tráfego, balanças, rotas de fuga e pontos de cobrança eletrônica do tipo *free flow*;
- Travessia de cursos d'água;
- Plotagem no desenho retigráfico, de forma resumida, das seguintes informações: demarcação das principais unidades do meio físico (item 4.2), indicação do local de eventos e acidentes relevantes e que irão requerer maior atenção (item 4.3) e principais obras (item 4.4);
- Outras informações de interesse.

4.2 Informações do meio físico

Reunir as informações disponíveis, geomorfológicas, hidrológicas, hidrogeológicas e geológico-geotécnicas, incluindo aquelas utilizadas para subsidiar projetos e obras de estabilizações de movimentos de massa durante a implantação da rodovia, ou posteriores, visando³:

- Separação preliminar das principais unidades geomorfológicas e geológico-geotécnicas que impactam, com maior ou menor intensidade, os movimentos de massas, tais como: planície aluvionar, dunas, planalto suave, cuestas, relevo montanhoso, de serra etc., que devem ser identificadas e devidamente conceituadas (Fornazari Filho & Faria, 2018);
- Reunir, se houver, os dados de pluviosidade, em especial de trechos e regiões serranas sujeitas a altos índices de precipitação, bem como de possíveis procedimentos de alertas de desencadeamento de movimentos de massas que possam estar sendo utilizados;
- Plotagem de dados relevantes do meio físico no desenho retográfico citado no item 4.1;
- Identificar áreas alagadas perenes e unidades de conservação;
- Identificar áreas que possam desencadear movimentos de massa que venham a impactar ambos os lados da via (“à montante e à jusante”) e fora da faixa de domínio;
- Identificar erosões e escorregamentos existentes em áreas lindeiras à rodovia, que podem representar risco de deflagração de processos de movimentos de massa;
- Em rodovias que atravessam relevos serranos deve ser dada especial atenção aos vales encaixados, com possibilidade de desenvolvimento de movimentos de massa do tipo corridas de detritos (*debris flow*).
- Elaboração de relatório preliminar sucinto, sobre os condicionantes do meio físico e possíveis mecanismos desencadeadores de movimentos de massa.

4.3 Informações sobre eventos e acidentes ocorridos

Reunir os dados de localização e identificação dos tipos de eventos e acidentes relativos a movimentos de massa ocorridos ao longo da rodovia, bem

³ O levantamento deve analisar a disponibilidade de informações existentes em plataforma SIG – Sistema de Informações Geográficas.

como cicatrizes ou indícios de escorregamentos, de corrida de detritos, queda de blocos e demais processos.

Dentre outros, os seguintes dados devem ser considerados:

- Data de ocorrência, localização, o tipo de evento e/ou acidente e suas dimensões;
- Dados de precipitação pluviométrica, referentes aos dias anteriores e ao dia do evento/acidente, bem como suas consequências;

As informações obtidas podem fazer parte do desenho retigráfico citado anteriormente no item 4.1, ou serem apresentadas através de relatório sucinto.

4.4 Informações sobre obras e ações

Cadastrar as obras existentes ou em execução, analisar e sintetizar os planos de monitoramento e de ações de intervenção, quando também existentes. Os dados obtidos deverão ser analisados conjuntamente com os itens anteriores, consolidados em relatório sucinto e devidamente representados no desenho retigráfico anteriormente referido.

5 AVALIAÇÃO E VALIDAÇÃO DOS DADOS PREEXISTENTES

Cabe a Operadora (Concessionária/Unidade Gestora) responsabilizar-se por realizar, com base na presente DN, a avaliação da documentação de dados preexistentes (item 4), podendo contar com apoio de profissional(s) competente(s), cuja identificação(s) e número(s) de registro no órgão de fiscalização (CREA) constarão no relatório de avaliação.

No caso de a avaliação concluir que a rodovia não possui ou possui poucas informações preexistentes, ou mesmo dados não validados sobre o tema, conforme disposto no item 4, essa DN preconiza:

- Complementar o cadastro sobre o sistema viário (item 4.1);
- Realizar a organização de “Base cartográfica e de informações geomorfológicas, hidrológicas, hidrogeológicas e geológico-geotécnicas” e de “Levantamentos de campo”, complementares, vi-

sando atingir nível compatível aos métodos e técnicas disponibilizadas na itemização 6 e 7 desta DN.

Caso contrário, havendo informações e dados suficientes e validados, em nível compatível aos métodos e técnicas elencadas nos tópicos 6 e 7, passa-se aos itens 8 e 9 desta DN.

6 BASES CARTOGRÁFICAS E DE INFORMAÇÕES GEOMORFOLÓGICAS, HIDROLÓGICAS, HIDROGEOLÓGICAS E GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS

A produção de bases cartográficas como o levantamento de informações geomorfológicas, hidrológicas, hidrogeológicas e geológico-geotécnicas, visa executar ou complementar trabalhos onde os dados preexistentes foram considerados insuficientes (itens 4 e 5).

Para atender às finalidades dessa presente DN, as bases cartográficas devem ser em escala 1:10.000 ou em escala de maior detalhe e devem abranger toda a área de influência direta da rodovia, que deverá ser de pelo menos 100 metros (na horizontal) para as laterais da rodovia, medida (projetada) a partir dos bordos da pista. Devem ser incluídas, no caso de regiões montanhosas, as bacias hidrográficas interceptadas e que possam ser fontes de corrida de detritos.

As bases cartográficas podem corresponder a levantamentos topográficos, a ortofotos ou a imagens de alta resolução. Preferencialmente, se possível, a associações destes vários produtos.

Deve ser elaborada a carta de declividades, separadas em faixas de interesse:

- declividade baixa (0-10 %/ 0°- 6°);
- declividade média (11 – 30%/6°-17°);
- declividade alta (acima de 30 %/ 17°).

Deve ser elaborada a carta geológico-geotécnica da rodovia (de suscetibilidade a movimentos de massa) ou do trecho de rodovia em análise, escala 1:10.000 ou de maior detalhe. Opcionalmente, pode se executar o levantamento geológico-geotécnico, conforme conceito resumidamente descrito no item 3.

Os trechos em serra e de declividade alta (acima de 30%/17^º), considerados os mais suscetíveis aos movimentos de massa, devem ser destacados e priorizados, devendo a cartografia (ou o levantamento geológico-geotécnico) ser feito em escala 1: 5.000 ou de maior detalhe.

As bases cartográficas e os levantamentos geomorfológicos, hidrológicos, hidrogeológicos e geológico-geotécnicos devem ser atualizadas a cada cinco anos, sendo que em trechos de serra e de morros, a periodicidade de atualização deve ser de pelo menos três anos.

4.5 Dados Hidrológicos

Os dados hidrológicos devem conter aspectos climáticos e pluviométricos de interesse e compilação de dados históricos de precipitação, com base em estações existentes ao longo da rodovia ou próximos.

O objetivo de obtenção e análise de dados históricos de precipitação, ou de construir banco de dados para isso (a partir de novos pluviômetros instalados) é o de estabelecer, para trechos da rodovia, os alertas de probabilidade de ocorrência de níveis de riscos de movimentos de massa em função da intensidade da precipitação (mm/h) e da precipitação acumulada em período de dias anteriores aos movimentos de massa.

A Figura 2 ilustra trabalho pioneiro desenvolvido para a Serra do Mar, em Cubatão, SP, em 1987. Outros trabalhos de referência foram apresentados por Guidicini & Iwasa (1976) e Oliveira & Augusto Filho (2005). As análises e correlações entre precipitação e movimentos de massa tem evoluído constantemente e o assunto caminha para a utilização de algoritmos de aprendizado de máquina para a tomada de decisão.

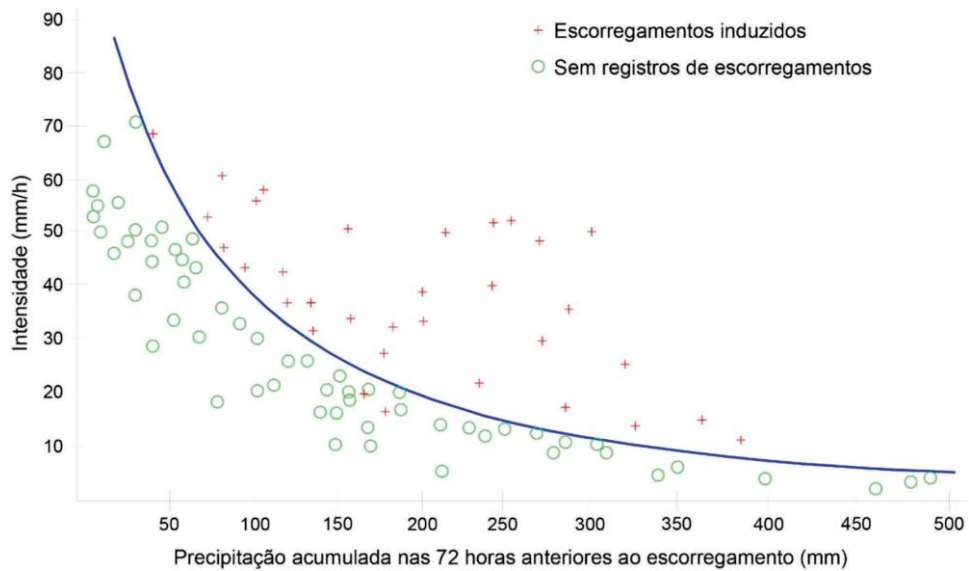


Figura 2 – Correlação entre chuva e escorregamentos induzidos. Serra do Mar, Cubatão, SP.
Fonte: Tatizana et al., 1987, *apud* Cunha et al., 2022.

A Defesa Civil, de âmbito federal, estadual e dos municípios interceptados pela rodovia, deve ser contatada, para disponibilizar, caso existentes, os dados e as informações sobre seus níveis de alerta a inundações e escorregamentos.

As informações devem ser consolidadas em ambiente SIG – Sistema Geográfico de Informações, utilizando os procedimentos e programas digitais atualizados e disponíveis no mercado.

Nos casos de acidentes catastróficos, como os ocorridos entre os meses de abril e maio de 2024 no Estado do Rio Grande do Sul, onde deslizamentos, em grande quantidade e magnitude interromperam o tráfego de inúmeras rodovias, torna-se necessário considerar metodologias alternativas, que visem atendimento emergencial, com base em levantamentos de campo expeditos (ABMS; ABGE, 2024).

Após o atendimento emergencial devem ser consideradas as cláusulas dispostas nessa DN, visando estabelecer um Plano de Gestão de Movimento de Massas de trechos ou total de rodovias, que possibilitem atuação preventiva.

7 LEVANTAMENTO DE CAMPO

Os levantamentos de campo visam executar ou complementar trabalhos onde os dados preexistentes foram considerados insuficientes (itens 4 e 5), ou onde os últimos dados disponíveis são mais antigos do que o tempo de validade determinado no item 6 (3 anos para trecho de serra e 5 anos para o geral).

O levantamento de campo, consiste no cadastro inicial de todos os terraplenos (taludes de corte e de aterro, naturais ou não) e dos passivos ambientais relacionados a movimentos de massa.

Deve ser atualizado através de um monitoramento visual periódico, dos taludes de corte e de aterro, das obras de contenção existentes, dos sistemas de drenagem construídos e das travessias de cursos d'água.

Deve ser atualizado o cadastro referente aos bens e/ou pessoas em risco, ou seja, que podem ser atingidos em caso de acidentes. Esse cadastro deve contemplar a localização e a inspeção do estado de conservação/proteção, conforme discriminado a seguir:

- Oleodutos; gasodutos; torres; áreas de preservação ambiental ou de especial interesse histórico e cultural;
- Áreas urbanizadas ou em processo de urbanização, situadas nas áreas lindeiras à rodovia, externas à faixa de domínio, e que podem eventualmente ser afetadas em caso de acidentes.

O cadastro de campo deve ser registrado em fichas, com identificação do local e com fotografias ilustrativas. As seguintes informações devem constar nas fichas, além das acima mencionadas:

- Data, localização geográfica em SIRGAS 2000;
- Identificação das características e das dimensões, com croqui ilustrativo, dos condicionantes⁴ geológico-geotécnicos,

⁴ Por condicionantes geológico-geotécnicos devem ser entendidos os compartimentos, unidades ou feições geológicas, hidrogeológicas e estruturais que interferem diretamente na obra de engenharia, no caso em pauta no processo fenomenológico de desencadeamento de movimentos de massa. (Pastore, 2009).

hidrogeológicos e estruturais de interesse que possam fazer parte do terrapleno ou que com eles se relacionem, não só dentro da faixa de 200 m medida da borda da pista, mas também aqueles que possam corresponder a bacias hidrográficas de rios interceptados pela rodovia, face a possíveis impactos de corrida de detritos (*debris flow*⁵)**

A ficha deve ser simples e objetiva, padronizada para cada rodovia, com campos devidamente planejados previamente, para ser preenchida no levantamento de campo, e em formato digital, possibilitando assim seu registro em banco de dados (ver item 10 dessa DN).

Os ANEXOS 1 a 5 apresentam ilustrações e informações complementares. O conteúdo do ANEXO 1 é um exemplo do cadastro de passivos ambientais. O ANEXO 2 apresenta a ficha de campo proposta por esta DN, modificada a partir daquela utilizada pela ANTT. O anexo 3 apresenta um modelo de ficha. Uma listagem mais completa do conteúdo de uma ficha é apresentada a seguir, destacando a importância de se considerar a faixa de domínio e os entornos, no mínimo 100m a partir da borda da pista.

Dados gerais:

- **Identificação:** nome da rodovia, localização (km inicial e final), latitude e longitude e data.
- **Dados geométricos do local:** extensão, distância da margem da pista, altura e inclinação.
- **Intervenções antrópicas:** urbanização, infraestruturas públicas e privadas do local.

Meio físico:

⁵ Para avaliar a suscetibilidade de ocorrência de corrida de detritos sugere-se a utilização da metodologia de Kanji et al. (2023), que contempla conjunto de fatores relacionados a condições pluviométricas, morfologia dos terrenos, condições geológicas e formas de uso e ocupação da área Cunha et al. (2023). Ou outra metodologia devidamente reconhecida no meio técnico e indicada nas Especificações de serviços.

- **Documentação fotográfica/imagens de vídeo:** legenda/locução com indicação do processo de instabilização em curso ou esperado (queda de blocos, escorregamento, corrida de detritos, erosões, principalmente) e das obras e ações de intervenção, caso existentes.
- **Geomorfologia:** relevo de planície, morretes, morros, serra e outros tipos.
- **Hidrogeologia:** nível d'água aflorante, surgência de água pelo talude, observações sobre as condições de saturação do terreno.
- **Condições geológico-geotécnicas:** perfil de intemperismo, tipos de solos e de rocha, presença de matacões, estruturas preservadas em solos residuais, estruturas e descontinuidades em rocha, croquis ilustrativos.

Obras e ações:

- **Tipos de obras de contenção:** serviços expeditos de limpeza de material solto e de retaludamento, ancoragem com chumbadores, uso de tirantes, muro de arrimo, concreto projetado, solo grampeado, cortina atirantada, gabiões, tela metálica, drenagem superficial e sub-horizontal e outros. Anotar as dimensões das obras (extensão, altura).
- **As drenagens de superfície** (canaletas, escada hidráulica etc.) e de subsuperfície (drenos sub-horizontais profundos) devem ser cuidadosamente inspecionados, pois tem sido constatados casos de movimentos de massa originados pela falta de manutenção adequada desses sistemas.
- **Ações de apoio aos usuários:** sinalização, desvio.

Diagnóstico (análise geral, com base nos dados anteriores):

- Análise e classificação dos riscos. Breve descrição do processo de movimento de massa e dos impactos na rodovia (na faixa e fora da faixa de domínio). Indicações de locais onde são necessárias investigações mais detalhadas.

Indicações de Locais:

- Por exemplo para taludes em rocha, onde podem ser necessários levantamentos estruturais e geomecânicos

É fortemente recomendável o uso de aeronave remotamente pilotada (drone), para vencer as dificuldades de acesso e dar segurança e rapidez à obtenção de dados, sendo suas informações (fotos e vídeos) analisados em conjunto com os levantamentos de campo.

8 CLASSIFICAÇÃO DE ACIDENTES E IMPACTOS E A AVALIAÇÃO DOS RISCOS

Com base nos dados coletados nas etapas anteriores deverá ser estimada a possibilidade de ocorrência de acidentes, de impactos e dos riscos ao longo de trechos ou locais pontuais da rodovia, devidamente georreferenciados em ambiente SIG, escala 1:10.000 ou maiores, em função das necessidades de projeto e das condições do meio físico.

O mapeamento em áreas serranas, de notórios acontecimentos históricos de movimentos de massa, deve ser feito necessariamente em escala 1:5.000. A documentação cartográfica deve abranger a rodovia e as áreas lindeiras, de influência aos movimentos de massa, conforme citado anteriormente nessa DN.

A identificação de **possibilidades de ocorrência de acidentes e a avaliação de impactos e dos riscos são de natureza subjetiva**. Leva em consideração os modelos fenomenológicos dos processos e os dados quantitativos e qualitativos obtidos, utilizando-se do conhecimento técnico e experiências anteriores dos profissionais envolvidos nesta etapa, devidamente corroboradas por referências bibliográficas. O relato dos trabalhos será, portanto, de responsabilidade de profissional(s), com currículo(s) adequado(s), devidamente registra- do(s) no órgão de fiscalização profissional (CREA).

8.1 Possibilidades de ocorrência de acidentes

As possibilidades de ocorrência de **acidentes** relacionados a movimentos de massa são estabelecidas segundo uma escala progressiva de três níveis: baixo, médio e alto, conforme abaixo:

- **Baixo:** acidente que pode ocorrer apenas em circunstâncias de

chuvas intensas.

- **Médio:** acidente que pode ocorrer em circunstâncias de chuvas corriqueiras.
- **Alto:** acidente que está na iminência de ocorrer, podendo decorrer inclusive na ausência de chuvas.

Essa avaliação permite uma análise ampla sobre as possibilidades de ocorrência dos movimentos de massa na rodovia, orienta as fases seguintes e deve ser continuamente consultada e revisada.

8.2 Impactos e consequências dos movimentos de massa

Com base nos dados obtidos, os impactos dos movimentos de massa serão classificados e mapeados segundo quatro condições (Tabela 1):

- Dano à rodovia;
- Expectativa de tempo de interrupção;
- Pessoas e bens afetados.

Deve-se avaliar, conforme comentado nessa DN, as consequências ou os impactos da ocorrência de movimentos de massa, tanto para a rodovia, quanto para as áreas lindeiras, externas à faixa de domínio, que podem eventualmente ser afetadas em caso de acidentes.

Nos casos em que diferentes impactos possam ocorrer, deve-se sempre adotar o grau mais elevado. Por exemplo, se for esperado impacto relacionado aos danos à rodovia de grau médio e impacto relacionado aos bens afetados de grau alto, a classificação dos impactos deve ser “alto”.

Tabela 1 – Matriz de avaliação de impactos de ocorrência de movimentos de massa e consequências

Impacto	Consequências			
	Dano à rodovia	Expectativa de tempo de interrupção da via	Pessoas afetadas	Bens afetados (podem ser atingidos)
Alto	Plataforma parcialmente ou totalmente danificada.	Semanas	Áreas urbanas	Oleodutos, Gasodutos, Apas ou Interesse Histórico, Cultural, Patrimonial e Serviços Essenciais, Podem ser Atingidos
Médio	Plataforma não danificada, mas totalmente coberta por material escorregado de montante, interrompendo tráfego nos dois sentidos.	Até 7 dias	Área com baixa densidade de ocupação	Não há bens afetados
Baixo	Plataforma não danificada, parcialmente coberta por material escorregado de montante, interrompendo um sentido de tráfego ou parte de uma faixa ou acostamento.	Até 24 horas	Área não edificada	Não há bens afetados

8.3 Avaliação dos riscos

Os riscos devem ser avaliados e devidamente caracterizados de acordo com quatro níveis, em função do cruzamento da possibilidade (probabilidade) de ocorrência de um acidente e dos impactos que este acidente pode trazer para a rodovia e áreas lindeiras. Os quatro níveis são: pequeno, moderado, alto e

crítico.

Este cruzamento está explicitado na matriz de avaliação de risco apresentada a seguir na Tabela 2, cujos níveis estarão devidamente mapeados na **Carta de Riscos**, separados e identificados por legenda adequada e de fácil entendimento.

A legenda da Carta deve conter, tanto quanto possível, um resumo da caracterização dos locais de risco. A **Carta de Riscos** deve abranger tanto a rodovia, quanto as áreas lindeiras afetadas ou que possam a vir a ser afetadas pelos movimentos de massa.

As fichas e/ou tabelas de descrição de cada local ou conjunto de locais de risco e a **Carta de Riscos** devem conter uma síntese dos dados relevantes obtidos nas fases anteriores, de fácil entendimento aos mais diversos protagonistas envolvidos: investidor/dono da obra/operador/concessionário, entes públicos de fiscalização de concessão, projetista, consultor, empresas privadas impactadas, prefeituras e mesmo para o público leigo.

Tabela 2 – Matriz de avaliação dos riscos decorrentes de movimentos de massa.

Impacto	Probabilidade de ocorrência do processo do meio físico		
	Baixa	Média	Alta
Baixo	Pequeno	Moderado	Moderado
Médio	Moderado	Moderado	Alto
Alto	Moderado	Alto	Crítico

A ficha de campo proposta nessa DN (ANEXO 2) já incorpora a avaliação dos riscos.

9 MEDIDAS A SEREM TOMADAS

9.1 Definição de ações para a prevenção e mitigação dos riscos

A partir da **Carta de Riscos**, citada no item anterior, um relatório executivo deve prover o Operador (Investidor/Dono da obra) de recomendações que irão nortear a priorização de investimentos para prevenção e mitigação dos riscos de movimentos de massa. O relatório deve ser elaborado por profissional (s) com experiência comprovada no tema, cujo nome e registro no órgão de fiscalização profissional (CREA) constará no relatório.

Para os trechos de risco classificados como alto e crítico deverão ser propostas medidas visando prevenir a ocorrência de acidentes e realizadas obras de contenção e melhorias urgentes (em até 1 ano)⁶.

Devem ser elaborados projetos e executadas obras objetivando a segurança da via, dos usuários e dos lindeiros. Tais intervenções podem inclusive resultar em mudanças localizadas de traçado ou mudança de solução de transposição de vales, talvegues e de tratamentos de encostas e cortes. Caso seja comprovado que a rodovia causou ou potencializou movimentos de massa em áreas lindeiras, tais intervenções podem ser necessárias fora da faixa de domínio.

Para os trechos de risco classificados como moderado e pequeno deverão ser propostas medidas visando prevenir a ocorrência de acidentes e realizadas obras de contenção e melhorias no médio prazo (três a cinco anos) e no longo prazo (até cinco anos), respectivamente.

9.2 Plano de gestão de riscos a movimentos de massa

Para toda a rodovia ou para trecho da rodovia que foi objeto dos trabalhos, o Operador (Investidor/Dono da obra) deve dispor de um Plano de Gestão de Riscos a Movimentos de Massa, que pode ser específico, ou fazer parte de um plano mais amplo, de gestão da operação da rodovia.

9.2.1 *Base de um Plano: carta de riscos e precipitação pluviométrica*

Um Plano de Gestão específico, ou integrado a um plano mais amplo, que leve em conta Riscos a Movimentos de Massa, deverá considerar a Carta de Riscos e o monitoramento do principal agente deflagrador dos movimentos de massa: as chuvas.

Assim, o empreendimento deverá contar com uma rede de monitoramento meteorológico, com equipamentos próprios ou com dados provenientes

⁶ Tipos de obras comumente adotadas: retaludamento, chumbadores, tirantes, solo grampeado inclinado ou vertical, cortina atirantada inclinada ou vertical, sistema de drenagem superficial e profunda, muro de arrimo.

de terceiros (caso estes sejam suficientes), para realizar principalmente análises de previsões de precipitação, contando também com as análises do clima e de riscos geo-hidrológicos fornecidos pelo CEMADEN – Centro de Monitoramento de Alerta de Desastres Naturais.

Em regiões de serra, com histórico de movimentos de massa relevantes ou em trechos da rodovia onde os riscos estão classificados como altos ou críticos, o acesso a dados de índices pluviométricos deve ser em tempo real, com uso de pluviômetros próprios, ligados em tempo real (*on line*) a uma central de monitoramento.

9.2.2 Sistema de alerta

A operação da rodovia deverá contemplar um sistema de monitoramento e alerta, a ser regularmente atualizado, baseado em estudo de correlação entre precipitação e movimentos de massas, considerando os dados pré-existentes e definindo limites de chuvas acumuladas que deflagram processos de movimento de massa. Com base nesse estudo, é possível definir níveis de alerta com as respectivas ações, que podem levar ao fechamento eventual da rodovia.

O ANEXO 4 contém. A título de exemplo, breve relato sobre o sistema de alerta implantado na Rodovia dos Tamoios – Trecho Serra (SP 99), que liga São José dos Campos a Caraguatatuba, SP.

9.2.3 Monitoramento e instrumentação

O monitoramento da situação das encostas naturais e taludes de corte e aterro deve ser feito por vistorias de campo e instrumentação.

Nos casos classificados como de risco pequeno e moderado a frequência mínima de vistorias deverá ser de **uma vistoria por ano**. Nos casos classificados como risco alto recomendam-se pelo menos **duas vistorias anuais**, sendo minimamente uma antes e uma outra após a estação chuvosa. Nos casos classificados como críticos recomendam-se **vistorias constantes**, após chuvas intensas.

Nos trechos em que forem mapeados riscos alto e moderado devem ser identificados os locais que precisam de prioridade no monitoramento e deve

ser instalada instrumentação *in situ*, de preferência com monitoramento online para acompanhamento do comportamento dos processos de movimentação de taludes e encostas (Augusto Filho et. al, 2018 e Rodrigues & Lopes, 2018).

Nesses casos, baseado nos dados da instrumentação e vistorias de campo, pode ser desenvolvido um sistema de alerta local, para vigorar em trechos da rodovia, a ser integrado ao sistema de alerta citado em 9.2.2.

9.2.4 Apoio aos Usuários

Para cada rodovia deve ser estabelecido pelo órgão responsável pela operação da via um Plano de Apoio aos Usuários, com participação de outros entes (Polícia Rodoviária, SAMU/Rede Hospitalar etc.) contendo rotas alternativas (em casos de fechamento de rodovia), sinalizações, postos de atendimento, comunicações visuais e outros dispositivos necessários.

10 PADRONIZAÇÃO E DIGITALIZAÇÃO DE INFORMAÇÕES

As Diretrizes Normativas ABGE preconizam a necessidade de planejamento prévio de trabalhos de natureza geológico-geotécnica visando a utilização de tecnologias informatizadas, que permitam a padronização, digitalização e compartilhamento de dados, segundo linguagem comum, a qualquer tempo, entre os diversos envolvidos, principalmente do Operador (Concessionária ou Operador), Projetista, Executor e Consultor. Isso adquire importância ainda maior ao longo do tempo ao assegurar:

- a) rapidez e eficiência, mesmo que os entes envolvidos sejam alterados durante o período de vida da rodovia, desde os estudos iniciais, projeto, construção, operação e ampliações, como duplicação de pistas e novas obras de arte;
- b) construção de banco de dados.

As informações preexistentes e aquelas complementares, a serem obtidas nos estudos e trabalhos preconizados nessa Diretriz Normativa (DN), principalmente as que se referem as informações de inspeções e levantamento

de campo, devem ser feitas com base em tabelas ou planilhas devidamente planejadas (ANEXO 2).

O mercado oferece várias possibilidades de *softwares*, que permitem preenchimento eletrônico de planilhas em campo, o que permite a transferência de dados e possibilita a integração da cadeia produtiva de todas as entidades envolvidas nos levantamentos tratados na presente DN. As informações digitais podem ser disponibilizadas em meio eletrônico e transmitidas pela internet com extrema agilidade, possibilitando a aplicação nos estudos e projetos praticamente em tempo real.

Atualmente, todos os procedimentos de investigações geológico-geotécnicas, de superfície e de subsuperfície – incluindo a obtenção de informações hidrológicas, resultados de ensaios e dados de instrumentação de auscultação dos terrenos e das obras – passam por processo de informatização, desde a fase de planejamento das investigações, de execução dos serviços e até a de interpretação e apresentação dos resultados. E, mais ainda, pela busca de um padrão digital único que permita integração de critérios e dos atores envolvidos e de estabelecimento de níveis de confiabilidade das investigações e dos modelos geológico-geotécnicos em 2D e 3D (DE MIO, 2024 e www.padraoags.com.br).

11 PRODUTOS E ENTREGÁVEIS

Como apresentado, a presente DN indica a entrega de diversos produtos e seus respectivos dados. Desta forma, orienta-se que as entregas dos dados devam seguir, minimamente, o apresentado a seguir:

- Arquivos vetoriais digitais em formato *Shapefile*;
- Sistema de coordenadas SIRGAS 2000;
- Fichas de campo em formato PDF e planilha editável com os dados levantados.
-

12 PRINCIPAIS PARTICIPANTES

Editores:

Autores: Fernando Facciolla Kertzman e Ana Elisa Silva de Abreu

Colaboradores/Revisores da Minuta 1: Eduardo Soares de Macedo, Fábio Augusto Gomes Vieira Reis, Fabio Soares Magalhães, Felipe Kawabata Memrava, **Colaboradores/Revisores da Minuta 2,** Flávio Almeida da Silva, João Jeronimo Monticelli, Marcos Saito de Paula, Mateus Hcritos Leptokarydis, Pedro Machado Simões.

Colaboradores/Revisores da Minuta 2: Ana Elisa Silva Abreu, Antonio Manoel dos Santos Oliveira, Cleber de Freitas Floriano, Eraldo Loporini Pastore, Eugênio Pabst Vieira da Cunha, Fernando Facciolla Kertzman, Delfino Luiz Gouveia Gambetti, Giuliano De Mio, João Paulo Monticelli, Márcio Angelieri Cunha, Maurício Malanconi, Raphael Hernandes Corrêa-Silva.

Colaboradores/Revisores da Minuta Final: Fernando Facciolla Kertzman, Luis Felipe Silva, Danilo Goes Macedo, Marcos Saito, Carla Chaves

13 REFERÊNCIAS E LEITURAS RECOMENDADAS

ABNT – NBR 5629:2018. Tirantes ancorados no terreno. Projeto e execução. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ABNT – NBR 16920-2 . Muros e taludes em solos reforçados. Parte 2 – Solo grampeado. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ABMS; ABGE: Workshop sobre evento climático do RS – Uma visão geológica- co-geotécnica a partir do voluntariado. Vários palestrantes. Vídeo disponível no Canal ABMS (evento ocorrido em 11.07.2024). Acesso em 17.08.2024.

AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERING. Geotechnical baseline reports for constructions. Suggested Guidelines. Reston (VA/USA): ASCE, 2007.

AUGUSTO FILHO, O.; VIRGILI, J.C.; DILÁSCIO, M.V. Estabilização de taludes. In: Oliveira, A.M.S.; Monticeli, J.J. (eds.) Geologia de Engenharia e Ambiental. Volume 2 – Métodos e Técnicas. São Paulo: ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2018. P.399-420.

BRASIL. Ministério das Cidades. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Mapeamento de risco em encostas e margem de rios. Brasília: Ministério das Cidades; IPT, 2007. 176p. Disponível em: <<http://planodiretor.mprs.mp.br/arquivos/mapeamento.pdf>>. Acesso em: 24 jul. 2017.

CANIL, K.; FREITAS, C.G.L.; SOBREIRA, F.G.; COLLARES, E.G. Cartografia geotécnica e geoambiental. In: Oliveira, A.M.S.; Monticeli, J.J. (eds.) Geologia de Engenharia e Ambiental. Volume 2 – Métodos e Técnicas. São Paulo: ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2018. P.421-437.

CARVALHO, C. S.; GALVÃO, T. Prevenção de riscos de deslizamento em encostas: Guia para elaboração de políticas municipais. Brasília: Ministérios das Cidades/Cities Alliance, 2006.

CERRI, L. E. S.; BRITO, S. N. A. Imprevistos geológicos e perícias. In: Oliveira, A.M.S.; Monticeli, J.J. (eds.) Geologia de Engenharia e Ambiental. Volume 3 – Aplicações. São Paulo: ABGE- Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2018. P.346-355.

CPRM/SGB – Serviço Geológico do Brasil. Manual de Mapeamento de Perigo e Risco a Movimentos Gravitacionais de Massa – Projeto de Fortalecimento da Estratégia Nacional de Gestão Integrada de Desastres Naturais – Projeto GIDES. (livro eletrônico): CPRM – Coordenação: Jorge Pimentel e Thiago Dutra dos Santos. – Rio de Janeiro: CPRM/SGB – Serviço Geológico do Brasil, 2018; Versão 1. 213 páginas. ISBN (978-85-7499-448-2)

CUNHA, M. A.; PAULA, M. S. de; IYOMASA, W. S.; GRAMANI, M. F.; MASSAD. *Debris flow* na Serra do Mar. São Paulo: Oficina de Textos. 2022. 192 p.

DE MIO, G. Diretriz Normativa ABGE 300/2024: Bim Geotécnico: Níveis de confiabilidade de investigações geológico-geotécnicas. Vários colaboradores. 1ª Edição. São Paulo: ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2024. 28 p.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION – EUROCODE 7. Geotechnical Design, 1997.

FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION – FHWA-NHI-007. Soil Nail Walls- Reference Manual, 2015.

FORNASARI FILHO, N.; FARIA, M.S.C. Relevô e dinâmica superficial. *In*: Oliveira, A.M.S.; Monticeli, J.J. (eds.) Geologia de Engenharia e Ambiental. Volume 2 – Métodos e Técnicas. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2018. P.204-228.

GUIDICINI, G.; NIEBLE, C. M. Estabilidade de taludes naturais e de escavação. São Paulo: Oficina de textos, 1984.

GUIDICINI, G.; YWASA, O. Y. Ensaio de correlação entre pluviosidade e escorregamento em meio tropical úmido. Publicação IPT 1080. São Paulo, 1976, 48 p.

MACEDO, E. S.D.; BRESSANI, L. A. Diretrizes para o zoneamento da susceptibilidade, perigo e risco de deslizamentos para o planejamento e uso do solo . São Paulo: ABGE, 2013.

OLIVEIRA, A. M. S.; AUGUSTO FILHO, O. Análise de movimento de massa com base em observação do evento do ano 2000 de Campos do Jordão (Estado de São Paulo, Brasil). Revista Latino Americana de Geotecnia (Solos e Rochas). Volume 28, nº 1. ABMS/ABGE, 2005.

PASSINI & ALVARES – Sociedade de Advogados. Parecer – Natureza das “Normas” a serem emitidas pela ABGE. Relatório de consultoria jurídica. São Paulo: ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2021. Disponível em www.abge.org.br/normas. Acesso em 22.07.2024.13 p.

PASTORE, E. L. Risco geológico em obras civis. Revista Engenharia, nº 592, P.110.São Paulo: Instituto de Engenharia, 2009.

PASTORE, E. L. , CELESTINO, T. B., SANTOS, A.R. Transposição viária de Regiões Serranas Tropicais Através de Túneis Longos. *In*: 3 SIMPOSIO BRASILEIRO DE ESCAVAÇÕES SUBTERRÂNEAS, 1994, Brasília. Anais. São Paulo: ABMS, 1994 v.1 P.81-96.

RODRIGUES, R.; LOPES, J. A. U. Rodovias e Ferrovias. *In*: Oliveira, A.M.S.;

Monticeli, J.J. (eds.) Geologia de Engenharia e Ambiental. Volume 3- Aplicações. São Paulo: ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2018. P.88-107.

SANTOS, A. R. dos. A grande barreira da Serra do Mar: da trilha dos tupi-niquins à Rodovia dos Imigrantes. 3ª Edição. São Paulo: ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2024.

TOMINAGA, L. K. Diagnóstico de metodologias de análise de risco a escorregamentos: aplicação a um ensaio em Ubatuba, SP. São Paulo: USP-Universidade de São Paulo, 2007.

VAZ, L. F.; GURGUEIRA, M.D. Solos em Geologia de Engenharia. In: Oliveira, A.M.S.; Monticeli, J.J. (eds.) Geologia de Engenharia e Ambiental. Volume 2 – Métodos e Técnicas. São Paulo: ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2018. P.40-52.

VAZ, L. F.; ABREU, A.E. de. Tratamento de Maciços Naturais. In: Oliveira, A.M.S.; Monticeli, J.J. (eds.) Geologia de Engenharia e Ambiental. Volume 2 – Métodos e Técnicas. São Paulo: ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2018. P.378-397.

USGS. Landslide types and processes. Disponível em <https://pubs.usgs.gov/fs/2004/3072/> Acesso em 17/06/2024.

14

15 REFERÊNCIAS NORMATIVAS E DIRETIVAS

Cabe ao usuário da presente publicação cotejar a mesma com outras normas (diretrizes, guias, manuais, boletins técnicos, instruções e artigos técnicos, em geral), nacionais e estrangeiras, visando harmonização e melhor aplicação prática em rodovias em operação. As informações dessa Diretriz Normativa não devem ser utilizadas sem primeiro obter aconselhamento competente com relação a sua adequação para qualquer tipo de aplicação. No presente caso, recomenda-se considerar, dentre outras, as seguintes publicações:

ABNT – NORMA BRASILEIRA-Estabilidade de encostas – ABNT NBR 11682:2009, Segunda edição 21.08.2009

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES – ANTT. Manual De Fiscalização De Rodovias Federais Concedidas. Manual de Procedimentos. 1ª Edição – Brasília: Brasília: ANTT, 2016. 108p. Disponível em: https://www.gov.br/antt/pt-br/assuntos/rodovias/fiscalizacao-da-infraestrutura-rodoviaria/manual-de-fiscalizacao/manual_fiscalizacao_rodovias_federais_concedidas.pdf. Acesso em 03 de jun. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES – ANTT. Relatório Padrão de Terraplenos e Estruturas de Contenção. Disponível em <https://www.gov.br/antt/pt-br/assuntos/rodovias/relatorios/relatorios-de-monitoracao-padrao/arquivos/terraplenos-e-estruturas-de-contencao>. Acesso em 03 de jun. 2024.

AUGUSTO FILHO, O.; VIRGILI, J.C.; DILÁSCIO, M.V. Estabilização de taludes. In: Oliveira, A.M.S.; Monticeli, J.J. (eds.) Geologia de Engenharia e Ambiental. Volume 2 – Métodos e Técnicas. São Paulo: ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2018. P.399-420.

BRASIL – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. DNIT. Manual Para Atividades Ambientais Rodoviárias. Rio de Janeiro. 2006. 437p. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/730_manual_atividades_ambientais_rodoviarias.pdf. Acesso em 03 de jun. 2024.

BRASIL – Ministério das Cidades – Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios. São Paulo. 2007.

DER – Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo e IPT – Instituto de Pesquisa Tecnológicas, – Manual de Geotecnia: Taludes de Rodovias Orientação para Diagnóstico e Soluções de Seus Problemas, São Paulo -1991. Disponível em: <https://www.der.sp.gov.br/WebSite/Documentos/Geotecnia.aspx>. Acesso em 03 de jun. 2024.

ANEXOS 1 A 5: Ilustrações e informações complementares

ANEXO 1: Fotos ilustrativas



Foto 1a



Foto 1b

Fotos 1a e 1b – Queda de blocos de rocha (granito) e obra de contenção em serra. Processo: local sujeito à exumação de matacões, com queda de blocos atingindo meia pista, evento sem relação com pluviosidade alta. Impacto: interrupção de meia pista por período longo, de vários meses. Obras: limpeza e proteção em 10 x 300 m de encosta, com uso de concreto projetado com tela metálica e drenagem superficial e sub-horizontal profunda. Custo: R\$ 6,5 milhões (2016), para 10 x 300 m de extensão de encosta. Rodovia Mário Covas (Rio-Santos), Ubatuba, SP (Rio-Santos). Legenda e foto (2016): João Jeronimo Monticelli



Foto 2 – Obra de contenção de encosta em região de serra. Processo: escorregamento decorrente de chuvas intensas (verão 2021), em encosta em solos residuais e com presença de blocos de rochas gnáissicas (alterada mole e alterada dura). Impacto: paralização de um dia nas duas pistas da rodovia e por um ano em uma das pistas. Obras: limpeza, retaludamento, ancoragem dos blocos com chumbadores e cortina atirantada, serviços ainda em andamento (2024). Rodovia Mario Covas, km 7 (Rio – Santos), Ubatuba, SP, em junho de 2024. Legenda e foto (2024): João Jeronimo Monticelli.



Foto 3 – Escorregamento de encosta em área de morros. Processo: deslizamento em cunha decorrente de chuvas intensas (verão 2021), em encosta em solo de alteração de filito. Impacto: paralização de um dia nas duas pistas da rodovia. Obras: construção de pista para contorno, retirada do material depositado na pista. Não há obras de proteção (contenção) da encosta. (julho/2014). Rodovia Osvaldo Cruz, km 65, São Luís do Paraitinga, SP. Legenda e foto (2024): João Jeronimo Monticelli

ANEXO 2: Proposta de ficha de campo dessa DN 400/2024

FICHA DE CAMPO - PASSIVOS, TERRAPLENOS, ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO E DE DRENAGEM FL01					
DADOS GERAIS					
IDENTIFICAÇÃO		LOCALIZAÇÃO (km)		RODOVIA	
TIPO				DATA INSP.	
CADASTRAMENTO					
KM INICIAL		SENTIDO		LATITUDE	
KM FINAL				LONGITUDE	
DADOS GEOMÉTRICOS DO TERRAPLENO					
EXTENSÃO (m)		ALTURA (m)		INCLINAÇÃO (°)	
DIST. ACOSTAMENTO					
CARACTERÍSTICAS GERAIS					
TIPO DE TERRAPLENO			TIPO DE RELEVO		
VEGETAÇÃO			DENSIDADE DA VEGETAÇÃO		
DADOS DA ESTRUTURA DE CONTENÇÃO			ASPECTOS GEOLÓGICOS		
TIPO DE CONTENÇÃO			PERFIL DE ALTERAÇÃO		
EXTENSÃO (m)					
ALTURA (m)			ESTRUTURAS GEOLÓGICAS		
ANCORAGENS			BLOCOS DE ROCHA		
ELEMENTOS DE CONCRETO/AÇO			MATERIAIS ANTRÓPICOS		
DRENAGEM					
DRENAGEM SUPERFICIAL			CONDIÇÃO		
DRENAGEM SUBTERRÂNEA		TIPO		CONDIÇÃO	
CONDIÇÕES GERAIS DE SATURAÇÃO					
TIPOS DE INSTABILIZAÇÃO					
TIPO DE OCORRÊNCIA					
DIAGNÓSTICO					
CAUSAS PROVÁVEIS					
HÁ PERIGOS INICIADOS FORA DA FAIXA DE DOMÍNIO?					
CONSEQUÊNCIAS ESPERADAS					
NA FAIXA DE DOMÍNIO DA RODOVIA					
FORA DA FAIXA DE DOMÍNIO DA RODOVIA					
OBSERVAÇÕES GERAIS					

Figura 1 – Folha 01, 02 e 03: Ficha de campo – Passivos, terraplenos, estruturas de contenção e de drenagem (continua...)

FICHA DE CAMPO - PASSIVOS, TERRAPLENOS, ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO E DE DRENAGEM FL02

RELATÓRIO FOTOGRÁFICO	
FOTO ANTERIOR	FOTO 02
FOTO 03	FOTO 04
CROQUI ATUAL	

Figura 1 – Folha 01, 02 e 03: Ficha de campo – Passivos, terraplenos, estruturas de contenção e de drenagem (continua...)

FICHA DE CAMPO - PASSIVOS, TERRAPLENOS, ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO E DE DRENAGEM FL03			
MATRIZES DE AVALIAÇÃO			
CLASSIFICAÇÃO DOS PERIGOS			
PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DO PROCESSO DO MEIO FÍSICO	BAIXO	MÉDIO	ALTO
	☐	☐	☐
CLASSIFICAÇÃO DOS IMPACTOS			
IMPACTO	BAIXO	MÉDIO	ALTO
DANO À RODOVIA	PLATAFORMA NÃO DANIFICADA, PARCIALMENTE COBERTA POR MATERIAL ESCORREGADO DE MONTANTE, INTERROMPENDO UM SENTIDO DE TRÁFEGO OU PARTE DE UMA FAIXA OU ACOSTAMENTO.	PLATAFORMA NÃO DANIFICADA, MAS TOTALMENTE COBERTA POR MATERIAL ESCORREGADO DE MONTANTE, INTERROMPENDO TRÁFEGO NOS DOIS SENTIDOS.	PLATAFORMA PARCIALMENTE OU TOTALMENTE DANIFICADA
EXPECTATIVA DE TEMPO DE INTERRUPÇÃO DA VIA	ATÉ 24 HORAS	ATÉ 7 DIAS	SEMANAS
PESSOAS AFETADAS	ÁREA NÃO EDIFICADA	ÁREA COM BAIXA DENSIDADE DE OCUPAÇÃO	ÁREAS URBANAS
BENS AFETADOS	NÃO AFETA INFRAESTRUTURA EXISTENTE.	NÃO AFETA INFRAESTRUTURA EXISTENTE	ÓLEODUTOS, GASODUTOS, APAS OU INTERESSE HISTÓRICO, CULTURAL, PATRIMONIAL E SERVIÇOS ESSENCIAIS, PODER SER ATINGIDOS
MATRIZ DE AVALIAÇÃO DOS RISCOS DECORRENTES DE MOVIMENTOS DE MASSA			
PERIGO	IMPACTO		
	BAIXO	MÉDIO	ALTO
BAIXO	PEQUENO	MODERADO	MODERADO
MÉDIO	MODERADO	MODERADO	ALTO
ALTO	MODERADO	ALTO	ALTO
CONCLUSÃO SOBRE O RISCO ATUAL			
RISCO ATUAL	PEQUENO	MODERADO	ALTO
	☐	☐	☐
AÇÕES DE MITIGAÇÃO E DE PREVENÇÃO SUGERIDAS			

Figura 1 – Folha 01, 02 e 03: Ficha de campo – Passivos, terraplenos, estruturas de contenção e de drenagem.

ANEXO 3 - Modelo de ficha de campo da literatura

FICHA DE CAMPO - CADASTRO DE INSTABILIZAÇÕES - ESTRADAS	
LOCAL: _____ km:	FOTOS: _____
EQUIPE: _____ DATA: _____	OBS: _____
1.CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA:	E. CRÔQUIS PLANTA
A.GEOLOGIA:	
B.GEOMORFOLOGIA:	
2.FENOMENOLOGIA DA INSTABILIZAÇÃO:	
A.CORTE (escorregamento de solo e rocha, estruturado, queda de blocos, erosão, etc.)	
B.ATERRO (travessia de drenagem, escorregamento, recalque, etc.)	SEÇÃO TRANSVERSAL
C.DADOS GEOMÉTRICOS DA ÁREA INSTABILIZADA:	
D.AGENTES/CAUSAS DA INSTABILIZAÇÃO:(N.A, geometria, drenagem superficial, fundação, estruturas reliquias, etc.)	
3.SOLUÇÕES POSSÍVEIS:	4.GRAVIDADE DA INSTABILIZAÇÃO (em relação ao tráfego)
TIPOLOGIA (limpeza, retaludamento, drenagem de superfície/subsuperfície, reconstrução de aterro, obras de contenção)	(I) - Não oferece perigo a curto-médio prazo
PORTE: (serviço manuais, Médio porte=> manual/mecânico, e Grande porte=> estruturas de contenção)	(II) - Em evolução, com perigo a curto/médio prazo
	(III)- Em evolução, com perigo imediato.
	Obs: _____
	5.INVESTIGAÇÕES COMPLEMENTARES (sondagens, topografia,instrumentação, ensaios, etc.)

Figura 1 – Ficha de campo para cadastro de instabilização em taludes rodoviários.
Fonte: Augusto Filho, 1992, *apud* Augusto Filho et al., 2018.

☒ Aterro (travessia de drenagem, escorregamento, erosão, abatimentos, etc.) <u>Escorregamento de aterro em travessia de drenagem.</u>	
C) DADOS GEOMÉTRICOS DA ÁREA INSTABILIZADA: Extensão: 12m Altura Máx: 15m Inclinação: ~25°	
D) AGENTES/CAUSAS (N.A, geometria, drenagem superficial, fundação, estruturas geológicas desfavoráveis, etc.)	4.GRAVIDADE DA INSTABILIZAÇÃO(para o tráfego):
<u>-Drenagem superf. e subsuperf. (tubulão danificado e/ou insuficiente);</u>	I- Não oferece perigo a curto prazo.
<u>-Fundação mal preparada;</u>	II- Em evolução, com perigo a médio/curto prazo.
<u>-N.A. elevada.</u>	☒ III- Em evolução, com perigo imediato.
3.SOLUÇÕES POSSÍVEIS: (limpeza, retaludamento, drenagem, reconstrução do aterro, obras de contenção, etc.)	5.INVESTIGAÇÕES COMPLEMENTARES(sondagens, topografia, instrumentação,etc.).
<u>-Mudar o traçado (plataforma em corte);</u>	<u>-Topografia de detalhe;</u>
<u>-Recuperação do aterro/contenção</u>	<u>-03 sondagens mistas (ver seção).</u>
<u>-Drenagem superf./subsuperficial.</u>	<u>-Verificação do sistema de drenagem.</u>

Figura 2 – Parte da ficha de cadastro de estabilizações de taludes utilizada na fase de diagnóstico do projeto de recuperação da Rodovia SP-250, ponto 5, km 326,6.
Fonte: IPT, 1990, *apud* Augusto Filho et al., 2018.

ANEXO 4: Sistema de monitoramento e alerta na Rodovia dos Tamoios

Márcio Angelieri Cunha

A concessionária da Rodovia dos Tamoios (SP 99) implantou no trecho de serra, um sistema de monitoramento e alerta, como medida preventiva e segurança dos usuários, de modo a estabelecer parâmetros que previnam o risco geológico relacionado a escorregamentos. Esse monitoramento consiste no acompanhamento da intensidade e do volume de chuvas, e na sua correlação com a possibilidade da ocorrência de escorregamentos nessas encostas.

O monitoramento é feito utilizando-se da correlação entre chuva acumulada versus probabilidade de escorregamento, onde as Estações Meteorológicas online, fornecem os índices pluviométricos e os técnicos acompanham visualmente e por câmeras as encostas.

O sistema conta com cinco estações meteorológicas instaladas em pontos estratégicos, de onde são transmitidos os dados à Concessionária. De acordo com Ávila (2019) *“o foco é a prevenção a favor da segurança viária; se necessário e entendermos que há risco, podemos até fechar a rodovia, alertando autoridades competentes, imprensa e usuários”*.

As estações meteorológicas da Tamoios medem a pressão atmosférica, a umidade e temperatura do ar, o volume e a intensidade das chuvas, e a velocidade do vento.

O Protocolo de Segurança determina que, ao atingir 100 mm em 72 horas, o trecho seja interditado devido ao risco geológico relacionado a possibilidade de ocorrência de escorregamentos e consequente interdição da pista. Estudos realizados demonstraram que a partir de 60 mm de chuvas acumuladas no período de 72 horas, há risco (baixo) de escorregamentos. Caso as chuvas sejam acumuladas em 100 mm, há alto risco de escorregamentos, e neste caso por motivo de segurança, o trecho de Serra é fechado, medida que visa garantir a segurança dos usuários. Esse procedimento, de fechamento da rodovia, já tem sido tomado em algumas ocasiões

AVILA, R. (2019). Palestra sobre monitoramento de encosta. Faculdade de Engenharia da UNESP de Guaratinguetá (20/03/2019). Comunicação oral (s.n.t.).

ANEXO 5: Breve diagnóstico geotécnico sobre movimentos de massa que atingiram rodovias na Serra Gaúcha, RS, abril de 2024

Cleber Souza Floriano

Em 11.07.2024 a ABMS e a ABGE realizaram um workshop sobre o evento climático extremo que afetou o Estado do Rio Grande do Sul e as ex- periências a partir do voluntariado dessas entidades (direção, associados e colaboradores). O presente relato é um resumo da intervenção do autor naquele workshop, representando o Núcleo RS da ABMS.

No caso de movimentos de massa causados por eventos climáticos extremos, como os ocorridos na serra gaúcha em 2024, deve-se focar na identificação dos mecanismos e buscar esclarecer, de forma expedita, a sua origem, contextualizando a geomorfologia e identificando os principais aspectos estruturais geológicos-geotécnicos, bem como condicionantes hidrogeológicos que ativaram o fenômeno. A explanação pode ser relatada com imagens ou consolidada através de croquis, realçando didaticamente o possível fenômeno ocorrido. Além de apoio às ações e obras emergências, o diagnóstico expedito permite registrar a fenomenologia, considerando que as posteriores intervenções podem dificultar ou mesmo descaracterizar a identificação dos processos causadores dos escorregamentos.

A Figura 01 apresenta um dos croquis feitos durante o trabalho do voluntariado. Neste caso, pode-se identificar que o padrão de escorregamento naqueles derrames basálticos tem relação com as principais feições estruturais do maciço. Nota-se que as disjunções (descontinuidades/fraturas) condicionam o fluxo de água em posições específicas, as quais se tornam fontes alimentadoras de vazões concentradas.

Os escorregamentos geralmente ocorreram em declividades altas, com liquefação completa das camadas de solo sobre a rocha, manifestados em corridas de lama e de detritos, atingindo a rodovia com um nível de energia devastador.

Em outros casos, como mostra o croqui na Figura 2, mesmo com declividades mais suavizadas, deve-se investigar e identificar de forma expedita, e por reconhecimento local e regional, a presença de ações antrópicas, como bota-foras, cortes inapropriados, interrupções do sistema de drenagem etc. Na maioria destes casos, a confirmação do mecanismo passa por uma inspeção de reconhecimento dos elementos de massa rompidos em campo e relacionados à rodovia (flancos, crista e pé) e a indicação de pontos e linhas estratégicas de investigação geotécnicas posteriores, ou mesmo de instrumentações. Mesmo que o fenômeno seja interpretado, inicialmente, como decorrentes apenas de condições antrópicas, deve-se buscar uma investigação mais ampla, que venha a abranger os aspectos geotécnicos relacionados aos contextos geológico-geotécnicos e hidrogeológicos do local.

ABMS; ABGE: Workshop sobre evento climático do RS – Uma visão geológico-geotécnica a partir do voluntariado. Vários palestrantes. Vídeo disponível no Canal ABMS (data 11.07.2024). Acesso em 17.08.2024.

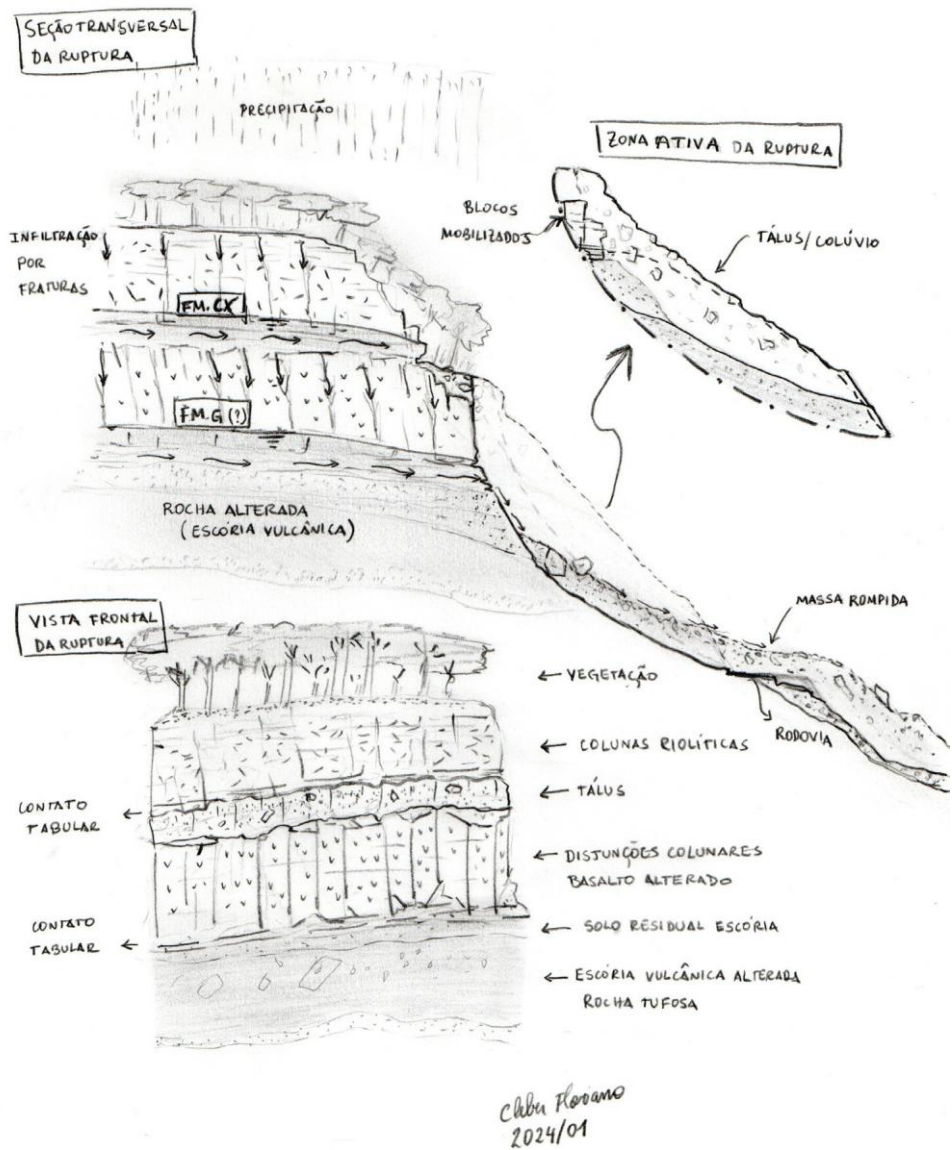


Figura 1 – Croqui demonstrando as principais feições geológicas basálticas e a relação com o mecanismo de ruptura em encostas. Bacia do Rio das Antas, estrada vicinal próxima a BR-470, município de Bento Gonçalves, região serrana da Formação Serra Geral, RS. Legenda e croqui (2024): Cleber Souza Floriano.

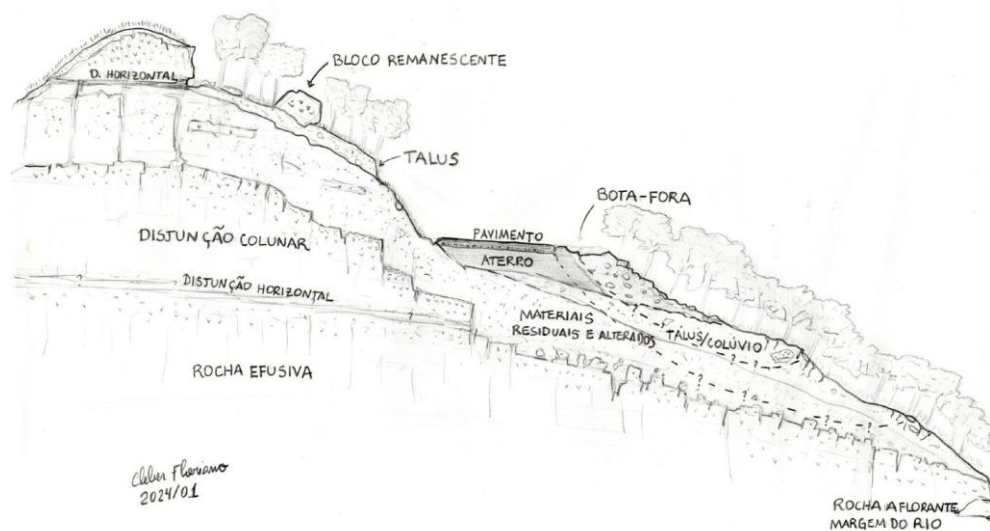


Figura 2 – Croqui demonstrando uma seção geológico-geotécnica relacionada a um movimento de massa que ocorreu na rodovia BR-386. Município de Pouso Novo, região serrana da Formação Serra Geral, RS. Legenda e croqui (2024): Cleber Souza Floriano.