



BR-101 – Movimentos de Massa na Região entre Ubatuba (SP) e Mangaratiba (RJ) da Concessionária RioSP – Motiva Rodovias

Rômulo Damião Nascimento Behmer

Especialista Geotecnica, Motiva Rodovias, São Paulo, Brasil, romulo.behmer@motiva.com.br

Denise de Almeida Monteiro

Gerente de Integração de Engenharia, Motiva Rodovias, São Paulo, Brasil, denise.monteiro@motiva.com.br

João Claudio Silva Viduedo

Especialista Geologia, Motiva Rodovias, São Paulo, Brasil, joao.viduedo@motiva.com.br

Eugenio Pabst Vieira da Cunha

Consultor Geotecnica, Interact Engenharia, São Paulo, Brasil, eugenio@interact.eng.br

RESUMO: Em abril de 2022, um evento climático extremo atingiu a rodovia BR-101 entre Ubatuba (SP) e o litoral sul do Rio de Janeiro (Paraty, Angra dos Reis e Mangaratiba), causando mais de 400 deslizamentos de taludes, sendo 92 de grande magnitude. O estudo apresenta dados pluviométricos de cerca de 20 anos para comparar eventos anteriores e destacar a gravidade desse episódio. Também são descritas as ações emergenciais, os principais mecanismos de instabilidade e as soluções de contenção adotadas, ilustradas com fotos, seções de projetos e imagens das obras.

PALAVRAS-CHAVE: BR-101 (RJ), Contenções, Encostas, Evento climático.

ABSTRACT: In April 2022, a major weather event affected the BR-101 highway between Ubatuba (São Paulo) and the southern coast of Rio de Janeiro (Paraty, Angra dos Reis, and Mangaratiba), causing over 400 slope failures, including 92 major landslides. This study analyzes 20 years of regional rainfall data to compare this event with others and understand its exceptional nature. It also details emergency responses, triggering mechanisms, and stabilization solutions, supported by photos, diagrams, and project documentation.

KEYWORDS: BR-101 (RJ), Slope Stabilization, Slopes, Weather Event

1 INTRODUÇÃO

No final de março (31/03) e início de abril (01/04) de 2022, um evento climático de grande magnitude afetou a Rodovia BR-101 (Rodovia Governador Mário Covas), no trecho compreendido entre o litoral norte do estado de São Paulo (município de Ubatuba) e o litoral sul do estado do Rio de Janeiro (municípios de Paraty, Angra dos Reis e Mangaratiba).

Esse segmento da rodovia — entre os km 380+800 e 599+000, no estado do Rio de Janeiro, e entre os km 0+000 e 55+100, no estado de São Paulo — está sob concessão da CCR RioSP, sendo o evento ocorrido 1 mês após a assunção da concessão.

Logo após o início da operação da concessão, intensas chuvas provocaram uma série de eventos geotécnicos ao longo da rodovia, com destaque para escorregamentos de massa (solos e blocos de rocha) e rupturas de taludes, inclusive afetando obras de contenção existentes. Foram registradas mais de 400 ocorrências de deslizamentos, variando de pequena a grande escala, sendo 92 delas classificadas como de alta complexidade, sendo então necessário o desenvolvimento de trabalhos e intervenções emergenciais nos pontos afetados.

Na sequência, foram elaborados projetos executivos em parceria com projetistas, consultores e construtoras, com o objetivo de liberar a pista nos pontos obstruídos, solucionar os danos causados pelos eventos geotécnicos e restabelecer a segurança para o tráfego dos usuários.



Cabe destacar, que os investimentos previstos no contrato para este segmento são somente para o período do 6º ao 9º ano de concessão. Porém, tendo em vista o ocorrido foi definida a antecipação desses estudos na sequência das primeiras obras emergenciais, sendo contratado e conduzido um estudo técnico com os principais objetivos de reconhecimento das principais características geológicas-geotécnicas, mecanismos de instabilizações e gatilhos responsáveis pelos processos erosivos, quedas de blocos e rupturas de taludes que comprometeram a operação da rodovia. Por fim, foi apresentado um plano de segurança viária voltado à proteção dos usuários, além de diretrizes para os próximos passos na recuperação e prevenção de novos incidentes.

Esse trabalho apresentou as ocorrências e consequências de um evento climático extremo mostrando a relação das intensidades de chuvas horárias x 96 horas com os movimentos de massas observados nos últimos anos (entre os anos de 2000 e 2023). Não teve a pretensão de mostrar influência das condições de umidade, do nível d'água, sucção matricial e grau de saturação, parâmetros que variam com as intensidade e duração das chuvas ao longo do tempo.

2 EVENTO

O evento climático ocorrido, foi resultado dos elevados índices pluviométricos registrados nesse período e são apresentados no item abaixo.

2.1 Dados de chuvas

A definição de índices pluviométricos críticos para a deflagração de movimentos gravitacionais de massa (MGMs) é essencial na implantação de sistemas de alerta e gestão de riscos. Desde a década de 1970, diversos estudos vêm sendo desenvolvidos com o objetivo de estabelecer limiares de chuva associados à ocorrência desses eventos.

De forma pioneira, Lumb (1975) analisou a relação entre a intensidade horária da chuva e o volume acumulado em períodos de 15 dias consecutivos. No contexto brasileiro, especialmente na Serra do Mar, Guidicini & Nieble (1976) propuseram um modelo baseado no acumulado de chuvas desde o início do ano hidrogeológico, associando diferentes faixas de probabilidade à ocorrência de escorregamentos conforme a trajetória desse índice. Posteriormente, esse modelo foi aprimorado por Tatizana et al. (1987a, 1987b), que correlacionaram a intensidade pluviométrica com os acumulados em períodos de 96 horas, oferecendo uma abordagem mais precisa para a previsão de MGMs.

Foram analisados os dados de precipitação coletados por estações meteorológicas localizadas na região afetada. As informações pluviométricas foram obtidas a partir de diversas fontes institucionais, incluindo: Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais (CEMADEN), Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), Centro de Hidrografia da Marinha (CHM), Serviço Geológico do Brasil (CPRM), Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), Instituto Estadual do Ambiente (INEA), INFOPER, Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e Serviço Autônomo de Água e Esgotos (SAA).

No total, foram compilados dados de 93 estações pluviométricas, os quais compõem o banco de dados utilizado neste estudo. Essas estações foram distribuídas em quatro áreas de interesse: Área 1 – Itamambuca (Ubatuba-SP); Área 2 – Laranjeiras (Paraty-RJ); Área 3 – Monsuaba (Angra dos Reis-RJ); e Área 4 – Praia das Goiabas (Angra dos Reis-RJ). Apenas como destaque, na região de Monsuaba, atingiu-se aproximadamente 700mm no acumulado de 33 horas.

Para a análise dos gatilhos pluviométricos associados à ocorrência de movimentos de massa, foram considerados os acumulados mensais dos últimos sete anos (2016 a 2023), com base nos dados de quatro estações do CEMADEN — uma representando cada área mencionada, conforme gráficos a seguir:

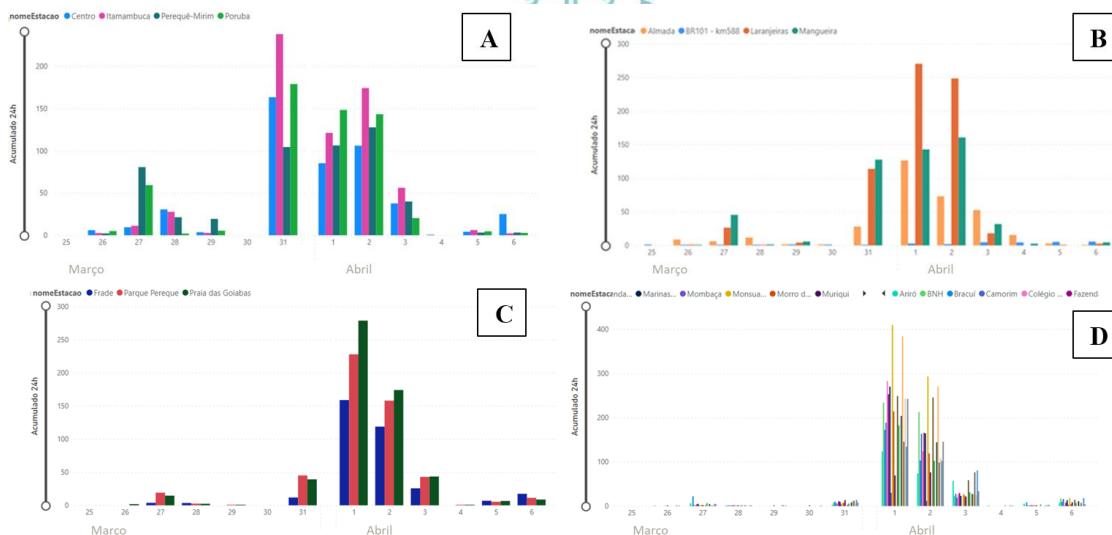


Figura 1. Acumulados diários das estações pluviométricas nas áreas 1 (A), 2 (B), 3 (C) e 4 (D) entre os dias 25/03/2022 e 6/04/2022.

Foram elaborados também os gráficos com as trajetórias dos índices pluviométricos ($\text{mm/h} \times \text{mm/96h}$) ao longo do evento em estudo. A seguir são apresentados os gráficos para cada uma das 4 áreas.

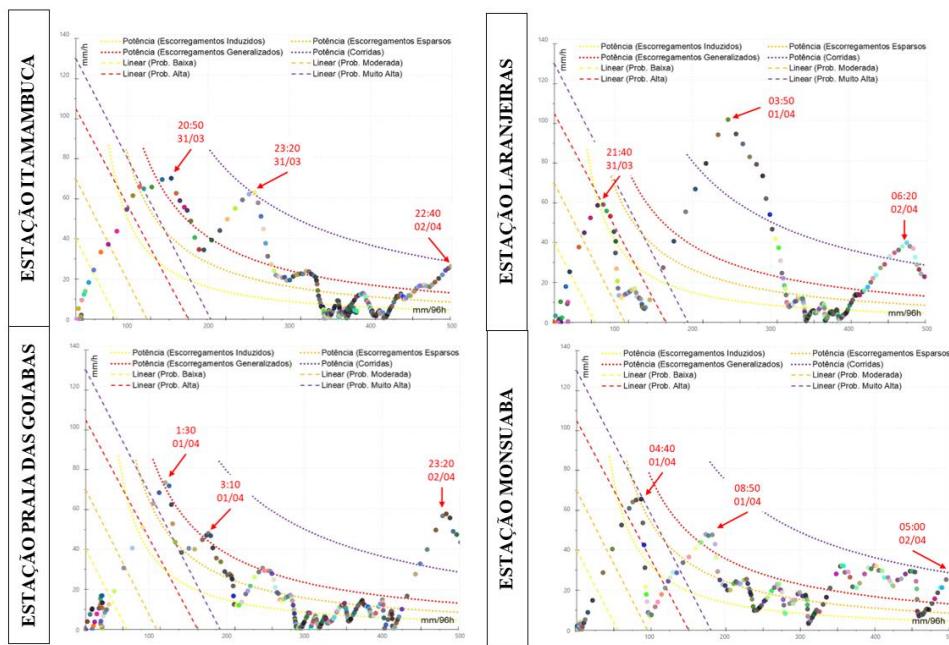


Figura 2. Acumulados horário das estações pluviométricas nas áreas 1, 2, 3, e 4.

2.2 Exemplo dos pontos afetados

Alguns pontos de escorregamento ocorridos nesse evento em estudo são apresentados a seguir, em fotos tiradas logo após o ocorrido, ver Figura 3.

Os gráficos da Figura 4 apresentam o número de movimentos gravitacionais de massa (MGMs) registrados anualmente na região estudada desde o ano 2000. O primeiro gráfico inclui os dados referentes ao evento de 2020, enquanto o segundo exclui o evento de 2022, com o objetivo de avaliar a influência desse registro atípico na tendência geral. Importante ressaltar que devido ao número de MGM's ocorridos neste evento de 2022, foi necessário alterar a escala dos gráficos, o que evidencia a magnitude do ocorrido.



Figura 3. Imagens de alguns pontos afetados na região.

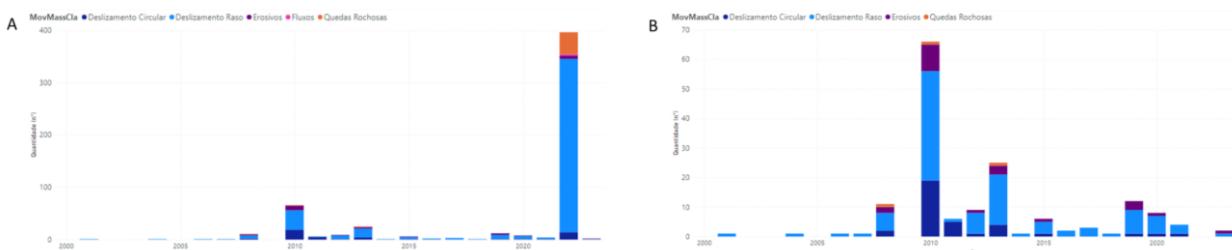


Figura 4. Quantidade de MGMS e processos correlatos dos últimos sete anos na área de estudo entre o período de 2016 – 2023. Em detalhe: (A) com evento de 2022 e (B) sem evento de 2022.

3 PRINCIPAIS MECANISMOS DE INSTABILIZAÇÃO

A estabilidade de taludes, sejam naturais ou construídos, é um dos pilares fundamentais da engenharia geotécnica, pois está diretamente relacionada à segurança das infraestruturas e à mitigação de riscos geológicos. No Brasil, a ABNT NBR 11682:2009 – Estabilidade de Encostas estabelece diretrizes para o estudo e controle da estabilidade dessas estruturas, sendo uma referência essencial para o desenvolvimento de projetos e ações preventivas.

Entre os principais fenômenos associados à instabilidade de taludes estão os movimentos de massa, que representam a manifestação visível das rupturas e são classificados com base na velocidade de deslocamento, no tipo de material envolvido e no modo de transporte. A norma, ao exigir a identificação de cenários de instabilidade, contempla implicitamente esses tipos de movimento, que podem ser agrupados da seguinte forma: Rastejo (Creep), Escorregamentos/Deslizamentos, Quedas e Tombamentos, Corridas/Fluxos, Espalhamentos Laterais.

4 TRABALHOS EMERGENCIAIS

Em decorrência do evento ocorrido, diversos pontos de escorregamento foram identificados ao longo da rodovia, comprometendo a segurança viária e a continuidade da operação. Como resposta imediata, foram realizados serviços emergenciais com foco na estabilização de taludes e na mitigação de riscos aos usuários. Como apresentado nas imagens abaixo, as ações incluíram a limpeza da via para remoção de detritos e material desprendido, a execução de bermas de equilíbrio para garantir maior estabilidade dos taludes afetados, bem como a implantação de sistemas de sinalização provisória e operação “pare-siga” para controle seguro do tráfego nas áreas impactadas. Essas medidas emergenciais foram fundamentais para restabelecer a

2 0 2 5

trafegabilidade e preservar a segurança até a implantação das soluções definitivas. A rodovia foi completamente liberada no prazo de 1 semana.

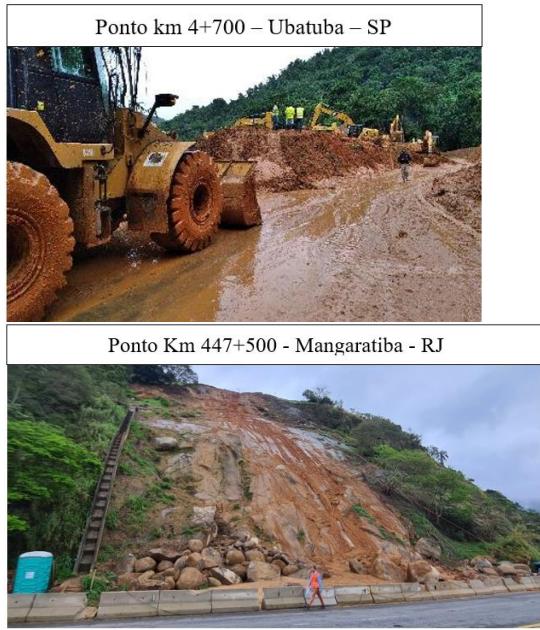


Figura 5. Imagens dos trabalhos emergenciais executados.

Durante esta fase foram contratados parceiros especializados para a implementação de medidas imediatas de estabilização e segurança, incluindo consultores geotécnicos e empresas de obras geotécnicas.

Entre os escritórios de consultoria técnica, destacam-se: Interact Engenharia, Vecttor Projetos, APG Assessoria e Projetos de Geotecnia e CBG Projetos e Consultoria.

No campo da execução das obras, atuaram as empresas SEEL – Serviços Especiais de Engenharia, Civil Master – Engenharia em Altura, Soloteste Engenharia, Geomecânica Engenharia, EGTC Infra, Serveng Engenharia e outros, além do suporte da equipe técnica própria da CCR RioSP.

6 ESTRATÉGIAS E PRINCIPAIS SOLUÇÕES ADOTADAS

Concluída a etapa de serviços emergenciais, teve início o desenvolvimento dos projetos executivos para estabilização das encostas, em conjunto com os parceiros técnicos anteriormente mencionados. Nessa fase, foi realizada uma campanha de investigação geotécnica, incluindo sondagens rotativas, além do levantamento topográfico detalhado das áreas afetadas.

As soluções adotadas abrangeram diversas técnicas de estabilização, tais como: solo grampeado, cortinas atirantadas, retaludamentos, muros de gabião, sistemas de proteção contra queda de blocos rochosos, desmonte controlado de blocos, sistemas de drenagem, entre outras medidas específicas conforme as condições de cada local. A seguir, são apresentados alguns exemplos representativos das obras executadas.



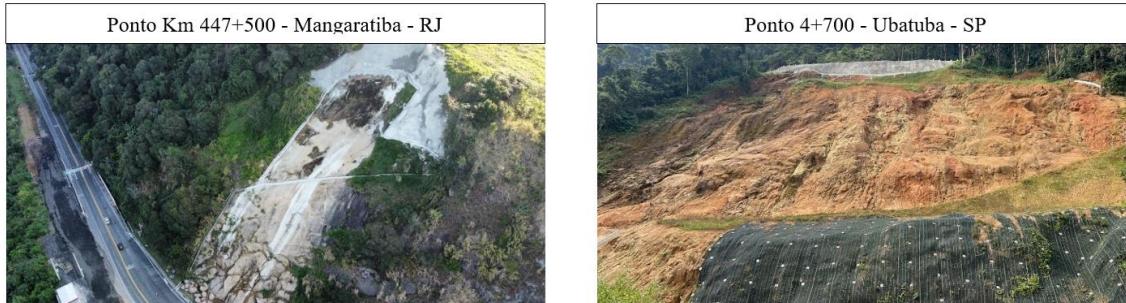


Figura 6. Imagens das soluções prontas.

7 ESTUDO COM LEVANTAMENTO DE HISTÓRICO DE OCORRÊNCIAS DE MGM'S E MAPAS DE RISCOS A RODOVIA

Para a correlação entre as ocorrências de movimentos gravitacionais de massa (MGMs) e os índices pluviométricos críticos associados à sua deflagração, foi necessário elaborar um inventário detalhado dos eventos registrados anteriormente. Esse inventário inclui diferentes tipos de processos, como escorregamentos, fluxos de detritos, quedas de blocos e outros movimentos correlatos.

A construção do inventário foi realizada em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), permitindo a organização espacial dos eventos e a atribuição de diversos critérios e atributos para a caracterização e classificação fenomenológica dos MGMs. Para a consolidação das informações, foram consultadas diversas fontes técnico-científicas, acadêmicas, institucionais e públicas.

A partir desse levantamento histórico e espacial, foi elaborado um mapa de calor indicando as áreas com maior densidade de ocorrências de MGMs na região de estudo, conforme apresentado na figura a seguir.

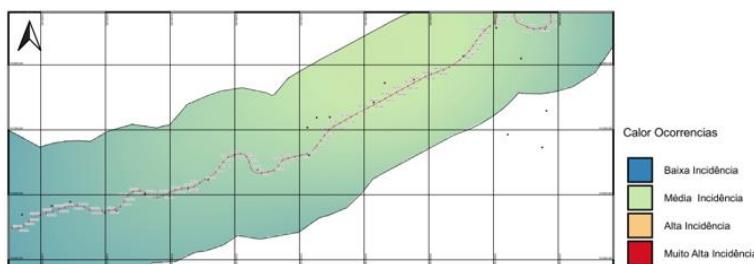


Figura 7. Mapa de calor de ocorrências

Com o objetivo de mapear áreas suscetíveis à ocorrência de movimentos gravitacionais de massa (MGMs), foram elaborados mapas de vulnerabilidade e risco geológico, com a finalidade de identificar e orientar as regiões com maior propensão à manifestação de fenômenos naturais potencialmente danosos à infraestrutura rodoviária. Considerando o foco na interferência desses processos sobre a operação da BR-101, definiu-se como área de estudo uma faixa de 1 km (buffer) ao redor do eixo da rodovia. Essa delimitação busca restringir a análise às áreas com efetivo potencial de impacto direto sobre a via, desconsiderando zonas mais distantes, cujo risco de atingimento é desprezível.

Para a identificação das áreas suscetíveis, foi necessário estabelecer um mapa base, integrando variáveis ambientais relevantes para os processos de instabilidade. Entre os principais atributos considerados na análise de suscetibilidade a escorregamentos e quedas de blocos, destacam-se: Declividade do terreno, Geologia local, Pedologia (características do solo), Uso e cobertura do solo, Histórico de ocorrências registradas. A seguir é apresentado o exemplo de carta de perigo desenvolvido.

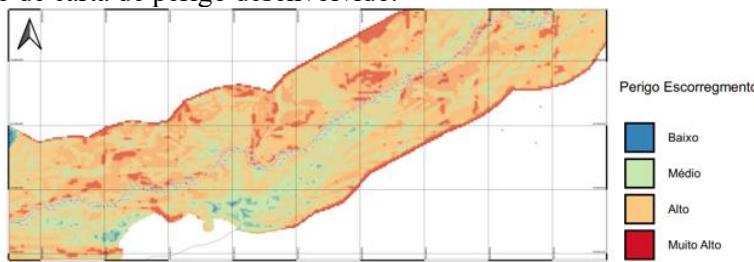


Figura 8. Carta de perigo ao escorregamento



Entretanto, em obras lineares como rodovias, a vulnerabilidade está diretamente associada ao posicionamento da via em relação às áreas de perigo. Neste estudo, foram consideradas como áreas de perigosidade aquelas suscetíveis à ocorrência de movimentos de massa, enquanto a vulnerabilidade foi definida pelo grau de exposição da infraestrutura rodoviária frente a essas áreas. A partir da combinação desses dois fatores — perigosidade e vulnerabilidade —, obteve-se a estimativa do risco geológico.

Além dos aspectos mencionados, foi incorporado ao modelo de risco o critério da distância da rodovia em relação às áreas de perigo, a fim de representar de forma mais precisa o potencial de impacto direto sobre a via. Para isso, foram estabelecidas três faixas de influência a partir do eixo rodoviário, com pesos distintos atribuídos às seguintes distâncias: 10 metros, 100 metros e 200 metros.

A imagem abaixo ilustra as cartas de risco a escorregamentos elaboradas para o trecho da BR-101 analisado, evidenciando os segmentos mais críticos da rodovia em função da interação entre suscetibilidade, exposição e proximidade ao perigo.

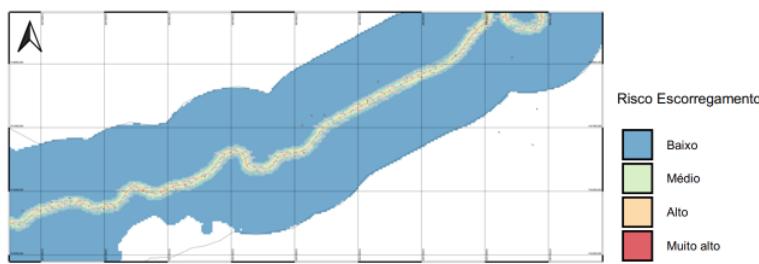


Figura 9. Carta de Risco ao escorregamento

Para a avaliação de perigo e risco associado à queda de blocos, foram considerados os taludes com cortes subverticais e altura superior a 5 metros, bem como aqueles com inclinação superior a 50°, conforme critérios estabelecidos pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM (2018).

Após a classificação dos segmentos que atendem a essas condições geométricas, as áreas identificadas como críticas foram georreferenciadas e sobrepostas às imagens de satélite da região, resultando na elaboração das cartas de perigo para queda de blocos. A imagem a seguir apresenta um exemplo representativo dessas cartas, destacando os setores com maior potencial de instabilidade por queda de blocos ao longo da rodovia.

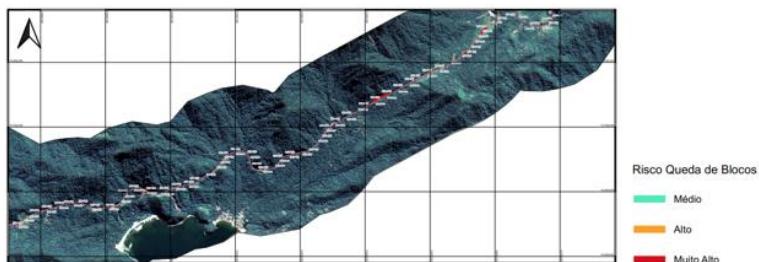


Figura 10. Mapa de risco de queda de blocos

8 ESTRATÉGIA OPERACIONAL E DE SEGURANÇA AOS USUÁRIOS

Considerando o levantamento histórico dos MGM's, bem como a identificação de áreas com elevado índice de periculosidade para deslizamentos, e relacionando-se o histórico pluviométrico com o risco de rupturas em taludes, foi desenvolvido um protocolo de segurança para dias com previsões de chuvas intensas. Este protocolo tem por objetivo a adoção de medidas preventivas, incluindo cuidados operacionais na rodovia e, em casos extremos, a interdição dos trechos com maior risco, garantindo a segurança dos usuários.

A concessionária CCR-RioSP recebe previsões meteorológicas do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN) com antecedência de quatro dias, permanecendo em alerta para ocorrências de chuvas intensas. Para acumulados pluviométricos previstos superiores a 100 mm em 24 horas, é acionado o protocolo de avaliação para possível interdição dos trechos considerados de alto risco para deslizamentos. A avaliação e tomada de decisão seguem a matriz de risco estabelecida, que considera o volume acumulado de chuvas, o histórico de deslizamentos, as condições dos taludes e a integridade da rodovia.



Dada a característica pluviométrica da região e a vulnerabilidade geotécnica identificada, a adoção deste protocolo representa uma medida imprescindível para assegurar a integridade física dos usuários e a operacionalidade segura do trecho sob concessão.

9 CONCLUSÃO

O evento extremo de chuvas ocorrido entre os dias 31 de março e 1º de abril de 2022 evidenciou a vulnerabilidade geotécnica de trechos da Rodovia BR-101, especialmente nas regiões serranas e costeiras entre os estados de São Paulo e Rio de Janeiro. A severidade dos impactos, com mais de 400 ocorrências de escorregamentos e outros movimentos gravitacionais de massa, destacou a importância de um planejamento integrado entre monitoramento ambiental, engenharia geotécnica e gestão de riscos.

A resposta emergencial imediata, articulada por meio da atuação coordenada entre consultorias especializadas, construtoras e a equipe técnica da CCR RioSP, permitiu restabelecer a trafegabilidade da rodovia com segurança. Na sequência, o desenvolvimento de projetos executivos embasados em detalhada investigação geotécnica e topográfica resultou na adoção de soluções eficazes para estabilização das encostas afetadas.

Além das intervenções imediatas, o trabalho incorporou uma estratégia preventiva, com a criação de um inventário georreferenciado de movimentos de massa, análise de gatilhos pluviométricos e elaboração de cartas de perigo e risco. Esses instrumentos são essenciais para orientar futuras ações, priorizar intervenções e fortalecer a resiliência da rodovia frente a eventos climáticos extremos e, principalmente, como base para os novos projetos de ampliações de capacidade da rodovia prevista no contrato. A experiência adquirida reforça a importância do monitoramento contínuo e da implementação de sistemas de alerta precoce em regiões suscetíveis.

Complementando as ações técnicas e preventivas, a ANTT adotou, de forma inédita, o modelo de reequilíbrio econômico-financeiro “baseado em evidências”, conforme a Instrução Normativa nº 33/2024. A Deliberação nº 206/2025 autorizou a liberação de aproximadamente R\$ 115 milhões — 60% do valor solicitado pela concessionária CCR RioSP — como medida mitigadora emergencial. Essa decisão, de caráter provisório e reversível, permite resposta rápida a eventos críticos, mantendo a segurança jurídica dos contratos de concessão. Com isso, a integração entre medidas técnicas eficazes, estratégias de prevenção e avanços regulatórios reforça um modelo de gestão resiliente, capaz de enfrentar eventos climáticos extremos, garantir a segurança dos usuários e assegurar a continuidade dos serviços em infraestrutura rodoviária.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT). *ANTT aplica, pela primeira vez, novo modelo de reequilíbrio emergencial em concessão rodoviária*. Disponível em: <<https://www.gov.br/antt/pt-br/assuntos/ultimas-noticias/antt-aplica-pela-primeira-vez-novo-modelo-de-reequilibrio-emergencial-em-concessao-rodoviaria>>. Acesso em: 14 set. 2025.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2009). NBR 11682. *Estabilidade de encostas*. Rio de Janeiro.
- CPRM – Serviço Geológico do Brasil (2018). *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), Rio de Janeiro, Versão 1.
- GUIDICINI, Guido; NIEBLE, Carlos M. (1976) *Estabilidade de taludes naturais e de escavação*. Editora Blucher.
- Lumb, Peter. (1975) *Slope failures in Hong Kong*. *Quarterly journal of engineering geology*, v. 8, n. 1, p. 31-65.
- Tatizana, C. et al. (1987) *Análise de correlação entre chuvas e escorregamentos – Serra do Mar, município de Cubatão*. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, p. 225-236.
- Tatizana, C. et al. (1987) *Modelamento numérico da análise de correlação entre chuvas e escorregamentos aplicado às encostas da Serra do Mar no município de Cubatão*. In: En Anais do Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, p. 237-248.