



Da Destrução à Resiliência: Desafios Geotécnicos e Inovação na Reconstrução da BR-470/RS na Serra Gaúcha

Adalberto Jurach

Engenheiro Chefe de Serviços, DNIT, Passo Fundo, Brasil, adalberto.jurach@dnit.gov.br

Fausto da Silva Teixeira

Engenheiro, SD Consultoria e Engenharia, Bento Gonçalves, Brasil, fausto.teixeira@sdengenharia.com.br

Gilberto Batisti Junior

Engenheiro, SD Consultoria e Engenharia, Bento Gonçalves, Brasil, gilberto.batisti@sdengenharia.com.br

Hiratan Pinheiro da Silva

Superintendente Regional, DNIT, Passo Fundo, Brasil, hiratan.silva@dnit.gov.br

Jefferson de Magalhães Pacheco Colares

Engenheiro, SD Consultoria e Engenharia, Bento Gonçalves, Brasil, jefferson.colares@sdengenharia.com.br

RESUMO: Em maio de 2024, a Serra Gaúcha foi atingida por um evento hidrometeorológico extremo, com chuvas próximas de 1000 mm em poucos dias. Em apenas 60 km, a BR-470/RS, principal ligação entre Bento Gonçalves e Veranópolis, registrou 102 ocorrências geotécnicas, como escorregamentos, fluxos de detritos, erosões e colapsos da plataforma. O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) mobilizou contratos ativos e novos acordos emergenciais, estruturando a resposta em oito lotes. A metodologia incluiu inspeções visuais, levantamentos com drones e modelagem 3D do terreno. Após a mobilização, sondagens orientaram a elaboração de projetos executivos em modelo contratual integrado. Entre as soluções aplicadas destacam-se grampeamentos com telas de alta resistência, cortinas atirantadas, obras em gabião, retaludamentos e a instalação de 18 barreiras dinâmicas, representando a maior concentração do Brasil. O campo evidenciou desafios como escassez de mão de obra local e a complexidade de estabilizar taludes ativos, como no Km 189. A implantação de monitoramento pluviométrico com limiar de 50 mm/24h permitiu medidas preventivas. O caso da BR-470 demonstra a importância de estruturação técnica e contratual para respostas rápidas, configurando-se como marco de resiliência e referência nacional em emergências geotécnicas.

PALAVRAS-CHAVE: Instabilidade de Taludes; Gestão Pública Eficiente; Infraestrutura Rodoviária; Contenções; Eventos Extremos.

ABSTRACT: In May 2024, the Serra Gaúcha region was struck by an extreme hydrometeorological event, with rainfall close to 1000 mm in just a few days. Along only 60 km, BR-470/RS, the main connection between Bento Gonçalves and Veranópolis, recorded 102 geotechnical occurrences including landslides, debris flows, erosion, and partial or total road collapses. The National Department of Transport Infrastructure (DNIT) mobilized active contracts and new emergency agreements, structuring the response into seven operational lots. The methodology included visual inspections, drone-based photogrammetric surveys, and 3D terrain modeling. Once contractors were mobilized, geotechnical investigations guided the development of executive designs under an integrated contractual model. Adopted solutions included soil nailing with high-strength meshes, anchored retaining walls, gabion works, slope regrading, and the installation of 18 dynamic barriers, the largest concentration in Brazil. Fieldwork revealed challenges such as workforce shortages and the complexity of stabilizing active slopes, notably at km 189. A rainfall monitoring system with a 50 mm/24h alert threshold enabled preventive safety measures. The BR-470 case underscores the need for robust technical and contractual frameworks to ensure rapid response on highways exposed to geotechnical disasters, establishing a milestone of resilience and a national reference for emergency actions.

KEYWORDS: Slope Instability; Efficient Public Management; Road Infrastructure; Retaining Structures; Extreme Events



1 INTRODUÇÃO

A Serra Gaúcha, um dos pilares do turismo e da economia do Rio Grande do Sul, foi palco de uma das mais severas catástrofes climáticas em 2024. As chuvas torrenciais de abril e maio acumularam 537 mm em Bento Gonçalves entre 27 de Abril e 02 de Maio (INMET, 2024), causando devastação na região da Serra das Antas, que abrange municípios como Bento Gonçalves e Veranópolis. Diferentemente de outras áreas do estado que sofreram com inundações generalizadas devido às chuvas acima da média, a Serra Gaúcha foi atingida de forma mais aguda por uma combinação de fatores geográficos e meteorológicos que resultaram em um cenário de isolamento, deslizamentos massivos e perdas imensuráveis.

A catástrofe que atingiu o estado, e especialmente a Serra Gaúcha, entre abril e maio, foi frequentemente descrita como a maior catástrofe climática da história gaúcha, e um evento de chuva decamilenar (MetSul, 2024). Esse conceito refere-se a um evento com um período de retorno de 10.000 anos, o que implica uma probabilidade de apenas 0,01% de sua ocorrência em qualquer ano. Essa magnitude é resultado de uma complexa combinação de fatores meteorológicos extremos e vulnerabilidades socioambientais, agravadas pelas mudanças climáticas globais.

Os principais gatilhos para a ocorrência de chuvas tão volumosas e persistentes incluíram:

- bloqueio atmosférico e onda de calor na região central do Brasil: um intenso bloqueio atmosférico sobre a região central do Brasil atuou como barreira, impedindo o avanço natural de frentes frias e sistemas de baixa pressão para o oceano. Concomitantemente, uma onda de calor anômala no Centro-Oeste e Sudeste intensificou a umidade e o transporte de calor em direção ao sul, gerando um cenário propício à instabilidade (COLLISCHONN et al., 2024);

- corredor de umidade vindo da amazônia (Jatos de Baixos Níveis): a combinação do bloqueio atmosférico e da alta pressão ao norte favoreceu a formação de um persistente "corredor de umidade" originário da Amazônia, conhecido como Jatos de Baixos Níveis. Essa massa de ar quente e úmida foi direcionada de forma contínua para o estado, fornecendo um suprimento constante e massivo de vapor d'água para a atmosfera, alimentando as tempestades (Inmet, 2024);

- frentes frias estacionadas: múltiplas frentes frias, barradas em seu caminho pelo bloqueio atmosférico, estacionaram sobre o território gaúcho. O choque do ar frio dessas frentes com o ar quente e úmido vindo do norte gerou uma instabilidade atmosférica extrema, resultando na formação contínua de nuvens carregadas e em chuvas torrenciais que persistiram sobre a mesma região por dias a fio, saturando o solo e os cursos d'água (Inmet, 2024);

- fenômeno el niño: embora o El Niño já estivesse em fase de enfraquecimento em meados de 2024, sua presença nos meses anteriores contribuiu para o aquecimento das águas do Oceano Pacífico equatorial. Historicamente, o El Niño está associado a um aumento do volume de chuvas na região sul do Brasil, potencializando a umidade disponível para os sistemas meteorológicos que atuaram na região (NOAA, 2024).

A topografia accidentada da região serrana, caracterizada por encostas íngremes e solos predominantemente basálticos, tornou-a extremamente vulnerável aos volumes de chuva sem precedentes. A saturação do solo, aliada à alta inclinação do terreno, transformou morros em palcos de deslizamentos de terra de grande escala, que arrastaram tudo em seu caminho, modificando drasticamente a paisagem local e a vida de seus habitantes (UFRGS, 2024). Em termos geológicos, a precipitação influencia o desencadeamento de processos de instabilidade por meio da saturação do solo, que acarreta a perda de sucção e consequentemente diminui as forças resistentes do solo. Além disso, colabora para o escoamento superficial que propicia os processos erosivos e a percolação de água, favorecendo assim a ocorrência de rupturas nos taludes (Das, 2013).

Um dos impactos mais críticos e imediatos na região da Serra das Antas foi o severo dano à infraestrutura rodoviária. A rede rodoviária, vital para o escoamento da produção e para o turismo, foi muito comprometida, como mostra a Figura 1. Rodovias estaduais e federais, como a BR-116, BR-470, ERS-444, ERS-431 sofreram com inúmeros pontos de bloqueio devido a deslizamentos, quedas de barreira e desmoronamentos de pista. Em muitos trechos, a intransitabilidade foi total. Pontes foram danificadas ou completamente destruídas (DNIT, 2024; DAER-RS, 2024). A recuperação da Serra Gaúcha, e em particular das cidades de Bento Gonçalves e Veranópolis, tem sido um desafio de proporções colossais. A magnitude dos danos exigiu investimentos massivos na reconstrução física da infraestrutura.



2 PRIMEIRAS AÇÕES DO DNIT

Diante da magnitude dos desastres, as primeiras horas e dias subsequentes às chuvas representaram um desafio logístico e operacional para o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). Com a trégua das precipitações, a prioridade inicial foi o apoio às equipes de resgate, como brigadistas, policiais e bombeiros, que atuavam incansavelmente na busca por sobreviventes e na assistência às comunidades isoladas. A rodovia, em diversos pontos intransitável, exigia a remoção urgente de obstáculos como terra, rochas e árvores caídas, visando restabelecer minimamente a conectividade e permitir o acesso das equipes de emergência aos locais mais afetados.

Paralelamente às operações de desobstrução, o DNIT precisava obter uma dimensão precisa dos estragos para planejar as ações de reconstrução. Assim, além das inspeções visuais que acompanhavam a abertura dos trechos, uma missão de reconhecimento aéreo foi crucial. Um voo de helicóptero, com a equipe do DNIT local, permitiu uma avaliação panorâmica e preliminar das condições remanescentes da BR-470, fornecendo as primeiras estimativas da extensão dos danos.

Com a remoção dos grandes volumes de terra que bloqueavam a passagem, foi possível avançar para a fase de levantamento topográfico detalhado. O uso de drones se mostrou indispensável nesse estágio. As aeronaves não tripuladas realizaram levantamentos dos deslizamentos com precisão, gerando ortomosaicos com imagens aéreas de alta resolução. Complementarmente, foram empregados levantamentos com tecnologia LIDAR (Light Detection and Ranging), que, através de pulsos de laser, fornecem dados tridimensionais detalhados da superfície, permitindo a criação de modelos digitais de terreno com precisão de centímetros. Esses dados foram cruciais para as equipes de projeto, fornecendo subsídios técnicos para a elaboração de planos de trabalho robustos, visando a contratação de empresas especializadas na reconstrução da rodovia.

Neste momento crítico, o DNIT também buscou o apoio de uma consultoria especializada em soluções geotécnicas. A expertise externa foi fundamental para auxiliar no diagnóstico técnico das ocorrências na rodovia, oferecendo um norte para as etapas e abrangências dos futuros contratos de contenção, garantindo que as soluções propostas fossem as mais adequadas e eficazes para a estabilização das encostas.

3 OCORRÊNCIAS E CONSEQUÊNCIAS

Após levantamentos em campo e por drones, e visita a todos locais, foram contabilizados 102 eventos de deslizamentos em um segmento de aproximadamente sessenta quilômetros. Destes, a concentração mais crítica se deu em um trecho de apenas vinte e cinco quilômetros, entre o Km 185 e o Km 210, que conecta as cidades de Veranópolis e Bento Gonçalves, onde se registraram 88 ocorrências.

A variedade e a complexidade dos eventos geotécnicos foram significativas. Para fins de organização e gestão das múltiplas frentes de trabalho emergenciais, a rodovia foi segmentada em oito lotes de intervenção, cujas ocorrências são sumarizadas a seguir. Conforme detalhado na Tabela 1, os escorregamentos translacionais foram os mais frequentes, seguidos pelos rotacionais, fluxos de detritos e, em menor escala, por processos de erosão, tombamento/queda de blocos.

Tabela 1. Resumo das ocorrências (Autores, 2025)

	Escorregamento Rotacional	Escorregamento Translacional	Erosão	Tombamento Queda de Blocos	Fluxo de Detritos
Lote 0	5	8	1	2	1
Lote 1	3	15	11	3	4
Lote 2	-	3	-	-	5
Lote 4	1	6	1	1	6
Lote 5A	-	-	-	-	1
Lote 5B	-	-	-	-	1
Lote 6	7	5	2	-	3
Lote 7	5	1	-	1	-
Total	21	38	15	7	21



As consequências desses eventos para a infraestrutura rodoviária foram igualmente severas, resultando em interrupções totais e danos estruturais significativos. A Tabela 2 ilustra a extensão do impacto por lote de intervenção.

Tabela 2. Resumo das consequências na rodovia (Autores, 2025)

	Interrupção Total na Catástrofe	Rompimento Total da Plataforma	Rompimento Parcial da Plataforma
Lote 0	7	2	-
Lote 1	20	1	3
Lote 2	3	-	1
Lote 4	12	-	-
Lote 5A	1	1	-
Lote 5B	1	1	-
Lote 6	9	1	-
Lote 7	-	-	-
Total	53	6	4

Em sua totalidade, a catástrofe resultou em 53 interrupções totais da rodovia, com 6 rompimentos completos da plataforma e 4 rompimentos parciais. Esses dados revelam a dimensão do desafio imposto à equipe do DNIT e a urgência das intervenções necessárias para restabelecer a trafegabilidade e a segurança da rodovia.



Figura 1. Trecho totalmente destruído da BR-470 (Majola Estúdios, 2024).

A BR-470 permaneceu bloqueada para o tráfego regular desde o período das fortes chuvas, sendo liberada inicialmente apenas para veículos de serviço e emergenciais. A complexidade da situação e a instabilidade do terreno exigiram um planejamento meticuloso para a retomada do tráfego, decidindo-se a adoção do sistema de comboio. Nesse regime operacional, a rodovia é liberada em um único sentido por vez, em horários programados, com os veículos seguindo em fila, sob a condução de um veículo do DNIT, garantindo a segurança e a organização do fluxo em trechos ainda instáveis ou em obras.

A primeira liberação parcial, restrita a veículos leves e caminhões de pequeno porte, ocorreu somente em 02 de julho de 2024, aproximadamente dois meses após o início da catástrofe. Progressivamente, em agosto do mesmo ano, a liberação foi ampliada para caminhões de maior porte, sendo que atualmente, mais de um ano após as ocorrências, o sistema de comboio permanece ativo, evidenciando a continuidade e a complexidade dos trabalhos de reconstrução.



4 ACIONAMENTO DAS CONTRATADAS

Diante da urgência e da escala da destruição, a resposta do DNIT foi multifacetada e imediata, envolvendo o acionamento e a mobilização de diversos recursos contratuais. Logo após as primeiras ações de desobstrução e levantamento, foi essencial garantir a continuidade e a abrangência das operações.

Uma das primeiras medidas foi a contratação emergencial de empresa para a desobstrução através de uma carta de manifestação de interesse. Essa agilidade foi importante para remover os grandes volumes de terra e detritos que bloqueavam a rodovia, permitindo o avanço das equipes de resgate e o início das avaliações técnicas mais detalhadas.

Simultaneamente, o DNIT mobilizou os contratos já ativos que possuía na região. Foram acionados o contrato de manutenção da rodovia, essencial para as ações de rotina e pequenos reparos que se tornaram críticos; um contrato de contenção ativo, que já estava em andamento para tratar de estragos remanescentes das fortes chuvas de 2023 e que logo foi aditivado para incorporar novos pontos de deslizamentos; e o contrato de projetos, fundamental para o desenvolvimento das soluções de engenharia necessárias para a reconstrução.

Além da mobilização de equipes de obras, foi crucial garantir a coordenação e o suporte técnico adequado. Para isso, uma empresa de supervisão e assessoria técnica foi contratada para auxiliar e dar suporte às equipes de emergência, garantindo o monitoramento dos serviços, e o acompanhamento na elaboração de planos de trabalho para as contratações.

5 PLANOS DE TRABALHO

A dimensão dos danos exigiu uma abordagem estruturada para a recuperação da BR-470. Com base nos levantamentos detalhados realizados com drones e tecnologia LIDAR, que forneceram modelos digitais de terreno e imagens aéreas precisas, as equipes de engenharia do DNIT, em colaboração com a consultoria geotécnica, iniciaram a elaboração dos planos de trabalho para a reconstrução. A estratégia adotada foi seguir a divisão geográfica dos trechos de obras nos sete lotes, a fim de otimizar a gestão, a execução e a alocação de recursos.

Além desses novos lotes, o contrato ativo, já mencionado, que tratava dos eventos de 2023, foi estrategicamente aditivado para incorporar pontos de deslizamentos adicionais identificados nas novas ocorrências. Esta medida permitiu agilidade na resposta e integração das intervenções. De igual forma, o contrato de conserva e manutenção da rodovia também foi aditivado para atender às novas demandas de restabelecimento e conservação. Simultaneamente, foi criado um novo contrato emergencial específico para a limpeza contínua da rodovia, dada a recorrência de pequenos desprendimentos e a necessidade de manter a trafegabilidade dos trechos liberados por comboio.

6 SOLUÇÕES GEOTÉCNICAS

A diversidade e a complexidade dos fenômenos geotécnicos identificados na BR-470 exigiram a adoção de um leque amplo e tecnicamente sofisticado de soluções de engenharia. As soluções propostas abrangeram desde contenções tradicionais até tecnologias mais avançadas de proteção de encostas, além do emprego de viadutos. A atuação conjunta do DNIT com as empresas de projeto e consultoria foi importante para diagnosticar as condições de cada ponto de instabilidade e propor as intervenções mais adequadas. As Tabelas 3 e 4 sintetizam as principais tipologias de intervenções contratadas e sua distribuição pelos lotes de obra.

Tabela 3. Resumo de soluções adotadas para contenções de encostas na BR-470/RS (Autores, 2025)

Cortina Atirantada	Bloco Isolado Atirantado	Solo Reforçado Strataslope	Grampeado Verde	Grampeado Tela	Grampeado Projetado	Gabião
Lote 0	3	-	-	5	10	3
Lote 1	2	1	-	1	3	2
Lote 2	2	-	1	1	2	-
Lote 4	3	3	-	1	9	1
Lote 6	4	-	-	2	-	7
Lote 7	1	-	-	1	1	-
Total	15	4	1	11	25	9



Tabela 4. Resumo de soluções adotadas para contenções de encostas na BR-470/RS (Autores, 2025)

	Barreira Dinâmica	Barreira de Fluxo	Reconf. do Talude	Enrocamento	Reforço Estrutura Existente	OAE	Bueiro
Lote 0	-	-	-	-	1	-	-
Lote 1	-	-	1	-	-	-	1
Lote 2	4	4	3	-	1	-	-
Lote 4	7	2	-	-	1	-	-
Lote 5A	-	-	-	-	-	1	-
Lote 5B	-	-	-	-	-	1	-
Lote 6	1	-	3	4	-	-	1
Lote 7	-	-	4	4	-	-	1
Total	12	6	11	8	3	2	3

Conforme as tabelas, destaca-se a predominância de soluções como o grampeamento de tela (25 unidades) e o grampeamento projetado (15 unidades), indicando a ampla necessidade de estabilização de taludes e proteção superficial contra erosão e pequenos desprendimentos. As cortinas atirantadas (15 unidades) também figuram como uma solução robusta para grandes massas de solo instáveis, demonstrando a gravidade de alguns pontos de deslizamento.

Além das contenções mais comuns, foram implementadas soluções específicas para a proteção contra quedas de blocos e fluxos de detritos, como as barreiras dinâmicas (12 unidades) e as barreiras de fluxo (6 unidades). O retaludamento (11 unidades), o enrocamento (8 unidades) e o uso de gabiões (9 unidades) complementam o portfólio de intervenções, demonstrando a adaptabilidade das soluções às diferentes características geotécnicas e morfológicas dos locais afetados. Por fim, o reforço estrutural em contenções existentes (3 unidades) e a substituição/installação de bueiros (3 unidades) e OAE (Obras de Arte Especiais - 2 unidades) evidenciam a atenção à recuperação integral da infraestrutura rodoviária e da drenagem, elementos críticos para a estabilidade de longo prazo.

7 ANDAMENTO DAS OBRAS

Atualmente, todos os lotes de obra estão com as intervenções iniciadas. Apesar das obras terem enfrentado um problema comum na região nos últimos anos, que é a falta de mão de obra (Leitzke, 2023), as empresas contratadas contam com um total de 677 funcionários mobilizados, além de 286 equipamentos (DNIT, 2025), garantindo frentes de serviço simultâneas nos pontos críticos.

Um destaque significativo para a reconstrução são os viadutos no Lote 5, que contemplam a construção de duas estruturas curvilíneas mistas, de concreto e aço. Essas obras são de engenharia complexa e visam corrigir o traçado da rodovia em pontos onde a estrutura original foi completamente destruída pelos deslizamentos. A concepção desses viadutos não apenas restabelecerá a conectividade, mas também trará maior segurança e fluidez ao tráfego na BR-470.

A obra no quilômetro 189 também merece atenção especial. Este ponto específico apresentou condições geológicas e geotécnicas extremamente desfavoráveis, com ocorrências de deslizamentos sucessivos que dificultaram as frentes de trabalho. A execução das soluções neste local exigiu não apenas técnicas de engenharia robustas, como ilustrado na Figura 2, mas também uma adaptação constante às condições do terreno e um monitoramento intensivo, evidenciando as particularidades e a dificuldade inerente à estabilização de taludes em cenários de alta instabilidade pós-desastre.

A gestão do risco geotécnico continua sendo uma prioridade. Para isso, foi implantada uma rede de pluviômetros ao longo do trecho. Esses equipamentos realizam a coleta de informações em tempo real de temperatura, precipitação e umidade do solo. Os dados são enviados para uma plataforma centralizada que, ao combinar as informações de chuvas acumuladas com previsões meteorológicas, fornece análises de risco de novos deslizamentos. Um limite adotado de 50mm de precipitação em 24h para que se avalie a liberação ou fechamento do trecho da rodovia tem permitido a tomada de decisões proativas e a emissão de alertas, contribuindo significativamente para a segurança dos usuários e das equipes em campo.



Figura 2. Rodovia BR-470/RS no Km 189 um ano após o desastre (Batisti Jr., 2025).

8 CONCLUSÃO

A experiência vivenciada na BR-470, na serra gaúcha, após as catástrofes climáticas de maio de 2024, representa um marco desafiador na história da engenharia rodoviária brasileira. As chuvas de volumes pluviométricos extraordinários, impulsionadas por fenômenos como o El Niño, desencadearam uma série de eventos geotécnicos sem precedentes, resultando em 102 deslizamentos ao longo de 60 quilômetros, com especial concentração no trecho entre Veranópolis e Bento Gonçalves. A interrupção total da rodovia em 53 pontos, com rompimentos completos da plataforma em 6 locais, sublinhou a urgência e a complexidade das intervenções necessárias.

A resposta do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) foi imediata e multifacetada. As primeiras ações concentraram-se no apoio às equipes de resgate e na desobstrução emergencial de caminhos, seguida por uma avaliação minuciosa da extensão dos danos através de sobrevoos de helicóptero e, posteriormente, levantamentos detalhados com drones e tecnologia LIDAR. Essa etapa de diagnóstico preciso foi fundamental para embasar o planejamento e a elaboração dos planos de trabalho.

O acionamento ágil de contratos ativos, a contratação emergencial de empresas para desobstrução e a mobilização de uma consultoria especializada em geotécnica foram cruciais para a coordenação dos esforços. A divisão das obras em sete lotes, juntamente com aditivos em contratos existentes, permitiu uma gestão eficiente do vasto escopo de reconstrução. Embora a liberação do tráfego tenha ocorrido gradualmente, a manutenção do sistema de comboio, mais de um ano após as ocorrências, reflete a complexidade e a continuidade dos desafios impostos pela recuperação integral da rodovia.

As soluções geotécnicas propostas e contratadas demonstram a adaptabilidade e o rigor técnico empregados, abrangendo desde o grampeamento de tela e cortinas atirantadas até barreiras dinâmicas, retaludamento e a construção de novas Obras de Arte Especiais, como os dois viadutos curvilíneos no Lote 5. Tais intervenções visam não apenas reconstruir, mas também aprimorar a segurança e a resiliência da infraestrutura. A implantação da rede de pluviômetros, com monitoramento em tempo real de dados climáticos, ilustra o compromisso com a gestão proativa de riscos, transformando a adversidade em uma oportunidade para aprimorar as capacidades de previsão e prevenção.

A experiência da BR-470 serve como um case de estudo valioso para a engenharia rodoviária, destacando a importância da agilidade na resposta a desastres, da integração de tecnologias de levantamento, da flexibilidade contratual e da adoção de soluções geotécnicas diversificadas e robustas. O processo contínuo



de reconstrução da BR-470 reafirma o compromisso do DNIT com a segurança e a conectividade das rodovias brasileiras, mesmo diante dos mais severos desafios impostos pela natureza.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Batisti Jr., G. (2025) Diferentes métodos de contenções de encostas sendo executadas no KM 189 da BR-470/RS em Veranópolis, em 16 de maio de 2025. Acervo pessoal. Veranópolis. Fotografia.
- Collischonn, W., Ruhoff, A., Paiva, R. C. D. et al. (2024) Unprecedented April–May 2024 rainfall in southern Brazil sets new record. *Geophysical Research Letters*. DOI:10.1029/2024GL112442.
- Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem do Rio Grande do Sul (2024). *Panorama das condições das rodovias estaduais na região da Serra das Antas – maio de 2024*. Porto Alegre.
- Das, B. M. (2013) *Fundamentos de engenharia geotécnica*. 8. ed. Cengage Learning. São Paulo.
- Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (2024). *Relatório técnico: danos e bloqueios na rede rodoviária da Serra das Antas – maio de 2024*. Brasília.
- Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (2025). Unidade Local de Passo Fundo. *Relação semanal de efetivos nas obras de emergência da BR-470/RS*. Bento Gonçalves. Relatório interno.
- Howden Re. (2025) *Climate overview of Brazil and global climate impacts*. Londres. Relatório técnico. Disponível em: <<https://www.howdengroup.com/climate-overview-brazil-2025>>. Acesso em: 02 jun. 2025.
- Instituto Nacional de Meteorologia (2024). *Laudo meteorológico nº 031/2024: acumulado de chuvas no período de 27 de abril a 02 de maio de 2024 no Rio Grande do Sul*. Porto Alegre. Disponível em: <<https://www.canoas.rs.gov.br/wp-content/uploads/2024/05/Laudo-Meteorologico-031.2024-27.04.2024-a-02.05.2024.pdf>>. Acesso em: 17 jun. 2025.
- Instituto Nacional De Meteorologia (2024). *Relatório meteorológico 2024: Jatos de Baixo Nível e corredor de umidade da Amazônia para o Sul do Brasil*. Brasília. Disponível em: <<https://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 19 jun. 2025.
- Instituto Nacional De Meteorologia (2024). *Relatório meteorológico especial: frentes frias e persistência de instabilidades no Sul do Brasil – abril e maio de 2024*. Brasília. Disponível em: <<https://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 25 jun. 2025.
- Leitzke, V. (2023) *Falta de mão de obra qualificada preocupa setores empresariais da Serra*. Pioneiro, Caxias do Sul, 29 maio. Disponível em: <<https://gauchazh.clicrbs.com.br/pioneiro/economia/noticia/2023/05/falta-de-mao-de-obra-qualificada-preocupa-setores-empresariais-da-serra-cli392h8z006x016xyu8z4z76.html>>. Acesso em: 25 jun. 2025.
- Majola Estúdios. (2024) *BR 470 - Trecho Entre Bento Gonçalves e Veranópolis* [Vídeo Online]. Youtube. Disponível Em: <<https://www.youtube.com/watch?v=vf01Ze3uJHw>>. Acesso em: 02 jun. 2025.
- Metsul Meteorologia (2024). *Evento climático extremo no Rio Grande do Sul: abril e maio de 2024 registrados como a maior catástrofe climática da história do estado*. São Leopoldo. Disponível em: <<https://metsul.com/>>. Acesso em: 20 jun. 2025.
- National Oceanic and Atmospheric Administration (2024). Enso Update: *El Niño/Southern Oscillation Diagnostic Discussion*, julho de 2024. Silver Spring. Disponível em: <<https://www.cpc.ncep.noaa.gov>>. Acesso em: 27 jun. 2025.
- Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2024). Departamento de Geociências. *Relatório técnico sobre instabilidades de encostas na Serra Gaúcha – impactos da chuva de maio de 2024*. Porto Alegre.