

Serra do Rio do Rastro, soluções de contenção

Published on December 7, 2022

A rodovia SC-390 que cruza a Serra do Rio do Rastro é um cartão postal do estado de Santa Catarina, percorrendo a famosa coluna White atravessa diversos litotipos, desde o escudo cristalino no pé da serra até os basaltos que coroam os campos de cima da serra. No início de 2020 a Secretaria de Infraestrutura do Estado de Santa Catarina contratou o projeto e execução de obras de contenção e proteção de encostas em 22 pontos ao longo desta rodovia. Foram empregadas soluções de rocha e solo grampeado com faceamento em tela metálica de alta resistência, barreiras dinâmicas, rocha grampeada com faceamento em concreto projetado, contrafortes atirantados, além de sistemas de drenagem. Todas as soluções envolvendo malhas metálicas e barreiras dinâmicas foram fornecidas pela Geobrugg AG, que foi parceira do consórcio de construção Teixeira Duarte FGS Geotecnia Serra do Rio do Rastro 2020. Palavras-chave: Rocha grampeada, taludes rochosos, queda de rochas, barreiras contra queda de rochas, Formação Serra Geral.

ABSTRACT English

The SC-390 highway that crosses the Serra do Rio do Rastro is a postcard of the state of Santa Catarina, covering the famous White column, it crosses several lithotypes, from the crystalline shield at the foot of the mountain to the basalts that crown the fields above the mountain range. In early 2020, the Santa Catarina State Department of Infrastructure contracted the design and execution of slope containment and protection works at 22 points along this highway. Solutions of rock and soil nailed with high resistance metal mesh facings, dynamic barriers, rock nailed with shotcrete facing, tieback walls and drainage systems were used. All solutions involving high tensile steel meshes and rockfall barriers was supplied by Geobrugg, as a partner of Teixeira Duarte FGS Geotecnia Serra do Rio do Rastro 2020 consortium. Keywords: Rock nailing, rock slope, rockfall, rockfall barriers, Serra Geral Formation.

1. Introdução

A Serra do Rio do Rastro é um cartão postal do estado de Santa Catarina. Percorrendo a famosa coluna White atravessa diversos litotipos, desde o escudo cristalino no pé da serra até os basaltos que coroam os campos de cima da serra. No início de 2020 a Secretaria de Infraestrutura do Estado de Santa Catarina contratou o projeto e execução de obras de contenção e proteção de encostas em 22 pontos ao longo desta rodovia. O presente trabalho apresenta instrumentação executada em um destes pontos, chamado de Ponto 5 (Km 405+000).

Os pontos críticos para execução de projetos e obras de engenharia foram defi nidos

pelos trabalhos progressos realizados pela Defesa Civil do Estado de Santa Catarina. Após a caracterização geológica/geotécnica dos pontos de interesse, foram realizados estudos de viabilidade técnica para definição das soluções de engenharia para estabilização ou proteção de encostas neste trecho de serra. Os projetos envolvem técnicas de estabilização de taludes rochosos, taludes em solo e também obras de proteção de encostas. Os desafios executivos consistem em viabilizar o acesso de obras em taludes verticalizados, em uma pista estreita, com produtividade para atendimento dos prazos previstos, o que remete a mecanização de boa parte dos processos. Foram utilizadas diferentes técnicas de estabilização de taludes, contendo malhas grampeadas, concreto projetado, contrafortes atirantados, barreiras dinâmicas e soluções de drenagem.

As soluções empregadas mostraram-se de rápida instalação e efetividade para estabilização dos taludes rochosos. Pontos com taludes de grande altura, representaram maiores dificuldades para viabilização de acesso. Os trechos estabilizados representam significativo ganho de segurança para os usuários da via, entretanto existem inúmeros outros pontos notáveis ao longo da serra, que merecem uma abordagem contínua de gerenciamento de risco geotécnico.

2. Localização e caracterização geológica

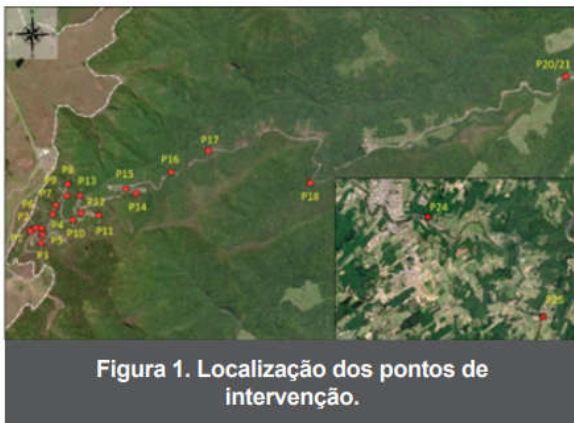


Figura 1. Localização dos pontos de intervenção.



Figura 2: vista geral do trecho mais íngreme da Serra do Rio do Rastro.

2.1 Localização

Os pontos de intervenção para obras de estabilização geotécnica ficaram localizados na Rodovia SC-390, principalmente no trecho mais íngreme de subida da Serra do Rio do Rastro.

2.2 Caracterização geológica

Além de representar um dos cartões-postais mais emblemáticos do estado de Santa Catarina, a Serra do Rio do Rastro também representa um patrimônio mundial em âmbito geológico. Os taludes objeto de análise estão inseridos principalmente no contexto litoestratigráfico da Bacia do Paraná que representa uma espessa sequência de rochas sedimentares e vulcânicas, com idades desde 66 a 443 milhões de anos (Ma). Mais de 50% da bacia do Paraná está coberta por rochas magmáticas

efusivas (vulcânicas), resultantes de atividades tectono-magmáticas que ocorreram durante a era Mesozoica.

Os únicos pontos fora desta unidade são os pontos 24 e 25. A maior parte dessa cobertura é representada pela formação Serra Geral. Os tipos litológicos predominantes são compostos por rochas básicas, principalmente basaltos e basalto-andesitos, de idade Jurássico-Cretácea (143 a 100 Ma), cuja variação composicional dos derrames ao longo do tempo geológico levou a distinção de 8 fácies. Esta formação está presente na porção oeste da área de estudo próxima ao limite dos municípios Lauro Müller e Bom Jardim da Serra, Figura 3.

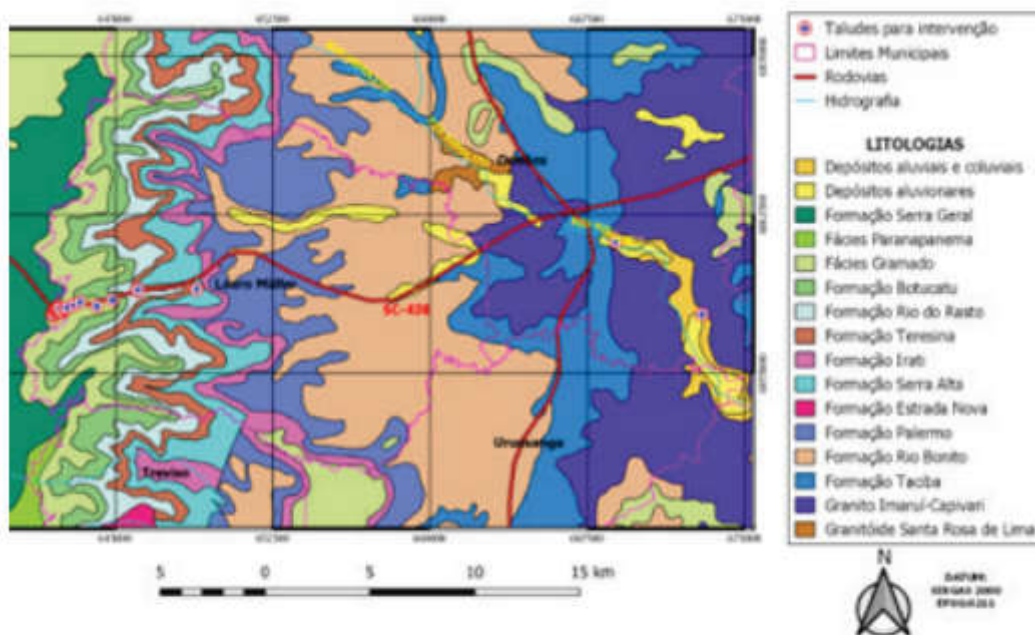


Figura 3. Mapa geológico em escala 1:1.000.000, da área analisada e seção geológica (relatório do projeto FGS 2020, modificado de geosgb.cprm.gov.br/geosgb/downloads.html).



Os tipos litológicos predominantes são compostos por rochas básicas, principalmente basaltos e basalto-andesitos, de idade Jurássico-Cretácea (143 a 100 Ma), cuja variação composicional dos derrames ao longo do tempo geológico levou a distinção de 8 fácies. Esta formação está presente na porção oeste da área de estudo próxima ao limite dos municípios Lauro Müller e Bom Jardim da Serra. O ponto em estudo neste trabalho está localizado no município de Lauro Müller, no domínio litoestratigráfico da fácies Gramado. Este domínio que também se refere a um conjunto de extrusões básicas, tem espessura máxima em torno de 300 metros e representa uma das primeiras manifestações vulcânicas sobre os sedimentos arenosos do então deserto Botucatu, que atualmente corresponde à formação de mesmo nome.

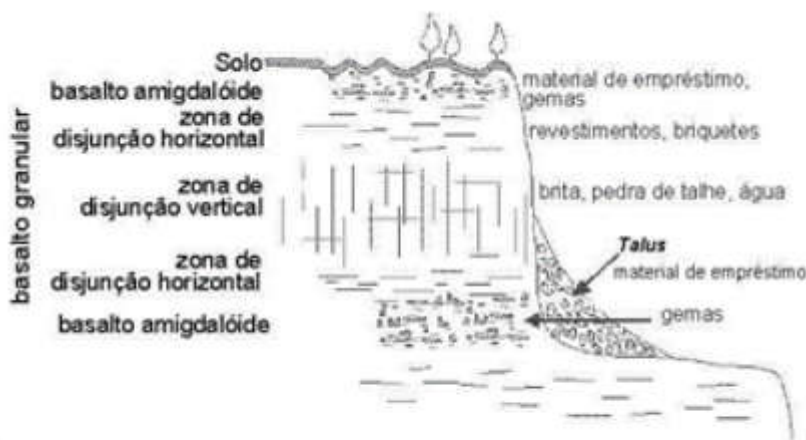


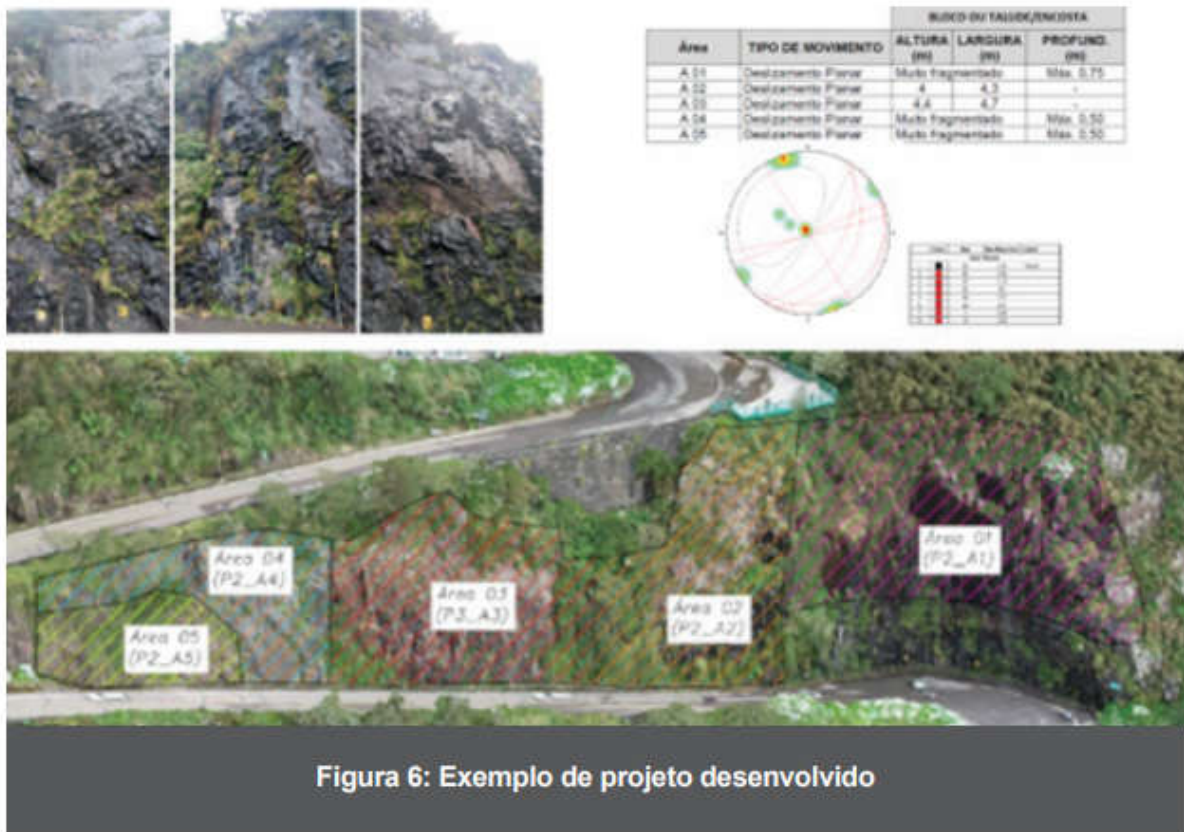
Figura 4. Seção esquemática de um derrame basáltico da bacia do Paraná.

A fácies Gramado tem sua área tipo ao longo da escarpa sul da Serra Geral, cujos derrames possuem pequena expressão lateral, por estarem confinados a paleovales e a espaços interdúvios existentes. Após o encerramento da deposição de sedimentos arenosos que resultaram na formação do Botucatu, iniciou-se na história geológica um período francamente vulcânico, onde o relevo está condicionado ao arranjo formado pela junção entre derrames, que encerraram o preenchimento da bacia. As rochas que compõem esta fácies são derrames de basaltos maciços com espessuras entre 15 a 35 metros, frequentes texturas de fluxo, zonas vesiculares bem desenvolvidas no topo e incipientes na base, preenchidas principalmente por zeólitas, carbonatos e apofilitas e uma porção central formada por rocha granular homogênea, com disjunção colunar bem desenvolvida e que configura numa importante descontinuidade deste maciço, com potencial de desprendimento de blocos rochosos. Tem textura microfanerítica, compacta e de coloração cinza-escuro a cinza-esverdeado. Os derrames basálticos em geral têm uma seção como a apresentada na figura abaixo.



Figura 5: casos de acidentes geotécnicos na Serra do Rio do Rastro. (ref. sites de notícia e polícia rodoviária do estado de SC).

Na área do ponto estudado, verificase um trecho de menos de 1,5 km, em planta, onde ocorrem as formações Botucatu e Rio do Rastro. A formação Botucatu está sotoposta à fácies Gramado. A unidade Arenito Botucatu, descrita no final do séc. XIX (Campos, 1889, apud Schobbenhaus et al., 1984) como um pacote de arenitos vermelhos aflorantes na Serra do Botucatu, entre a cidade de São Paulo e a cidade de Botucatu, atualmente é designada de formação Botucatu. Litologicamente, é constituída por arenitos bimodais, médios a finos, localmente grossos e conglomeráticos, com grãos arredondados e subarredondados, bem selecionados. Apresentam cor cinza-avermelhado e é frequente a presença de cimento silicoso ou ferruginoso. Constituem expressivo pacote arenoso, com camadas de geometria tabular ou lenticular, espessas, que podem ser acompanhadas por grandes distâncias.



3. Mecanismos de Instabilidade

A Rodovia no trecho em questão registra ao longo dos anos uma série de ocorrências de instabilidades geotécnicas, como podem ser brevemente sumarizadas em algumas fotografias resgatadas destes registros, Figura 5. Os mecanismos envolvidos nestas ocorrências são normalmente rupturas de talude rochoso do tipo, tombamento, cunhas, planares e queda de blocos; além de escorregamentos de solo do tipo talude infinito. Os projetos foram desenvolvidos identificando os mecanismos, e combatendo os mesmos com as soluções de engenharia já mencionadas anteriormente, visando sempre uma utilização austera dos recursos e a segurança da rodovia.

4 Exemplos de pontos de intervenção

4.1 Solução com tela grampeada

Foi utilizada a solução de solo ou rocha grampeada em todos os pontos. Sendo associada às demais soluções conforme a necessidade. O ponto 3, apresentado acima, consiste no ponto de maior altura de intervenção, com um talude de cerca de 50m de altura. Estes pontos possuíam mecanismos do tipo tombamento e deslizamento de grandes massas de rocha. Demandaram limpeza e bate choco, inserção de grampo com até 8m de comprimento, e utilização da malha SPIDER S3-130 que possui 220kN/m de resistência à tração e placa P33.

A resistência à tração é utilizada para classificar o tipo de tela, normalmente, mas o parâmetro importante de projeto é a resistência ao puncionamento no contato entre a placa e a malha, que para o conjunto é de 230kN.



Figura 7: exemplo de tratamento com estabilização de talude rochoso com (esq.) sistema TECCO no ponto 1 e (dir.) sistema SPIDER e TECCO no ponto 3.



Figura 8: tratamento com sistema TECCO na parte superior e Concreto projetado na parte inferior do talude.



Figura 9. Esq. Ponto 5 e dir. ponto 7/8.

No ponto 21, foi necessária a utilização de concreto projetado na porção inferior do corte, porque neste talude, na porção inferior ocorre intercalações de rochas sedimentares (argilitos, folhelhos e siltitos escalonados com arenitos), conforme Schneider et alii, 1974. O mecanismo identificado consiste na degradação do argilito pela ciclagem e conseqüente descalçamento dos blocos de arenito. Desta forma o concreto projetado foi adotado para minimizar a ciclagem dos argilitos, freando o processo de degradação. A Figura 8 apresenta a grande diferença no impacto visual entre a solução de rocha grampeada com tela (parte superior praticamente imperceptível) e a parte inferior com concreto projetado. Dois pontos deste projeto, ponto 5 e pontos 7/8, tiveram instrumentação instalada como parte de projetos de pesquisa com o IME e UNISINOS a fim de avançar no conhecimento deste tipo de

projeto e também avaliar a evolução das solicitações na estrutura com o passar do tempo. Estes pontos são apresentados na Figura 6.

4.2. Solução com barreira dinâmica

Embora não estivesse previsto no edital de contratação, no ponto 14 foi identificada a necessidade de utilização de barreiras dinâmicas contra queda de rochas. As barreiras instaladas naquele ponto possuem 2000kJ de capacidade de retenção de energia, o que significa um bloco de 6,4 toneladas a 90km/h impactando a barreira. A Figura 10 apresenta imagens de uma das barreiras do ponto 14 durante a fase de instalação na obra.

Conclusões

Foi apresentada uma contextualização dos trabalhos de contenção de encostas realizados na Serra do Rio do Rastro nos anos de 2020 e 2021. Vinte e dois pontos receberam intervenções para estabilização e proteção de encostas, com soluções como malha de aço de alta resistência grampeada, barreiras dinâmicas, contrafortes atirantados, concreto projetado, além de dispositivos de drenagem. Estas obras de contenção contribuem ativamente para o incremento de segurança nesta rodovia. Entretanto, na mesma rodovia existem tantos outros pontos que merecem intervenção de estabilização ou proteção.



Figura 10: vistas da barreira do ponto 14 durante a fase de obras.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Secretaria de Infraestrutura e Mobilidade do Estado de Santa Catarina (SIE), ao consórcio Teixeira Duarte FGS Geotecnia Serra do Rio do Rastro 2020 e a GEOBRUGG pelas contribuições na elaboração deste trabalho.

Referências bibliográficas

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2009). NBR 11682. Estabilidade de encostas. Rio de Janeiro. Barton, N.R. and Choubey, V. 1977. The shear strength of rock joints in theory and practice. *Rock Mech.* 10(1-2), 1-54. Cala, M; Flum, D; Roduner, A; Ruegger, R; Wartmann, S. TECCO® Slope Stabilization System and RUVOLUM® dimensioning method. AGH University of Science and Technology, Faculty of Mining and Geoen지니어ing. Romanshorn, Suíça. Livro Texto 2012. Cartografia Geológica - Cartas Geológicas do Brasil ao Milionésimo - Gis Brasil (2004) - Folha Porto Alegre - SH.22 - SIG (Vetores) - Porto Alegre SH.22 (último acesso em 06/06/2020) <http://geosgb.cprm.gov.br/geosgb/downloads.html>. Costa, E. A.; Avaliação de Ameaças e Riscos Geotécnicos Aplicados à Estabilidade de Taludes. Porto Alegre, 2005, 160p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Escola de Engenharia da UFRGS. Elias, V., & Juran, I. (1990). Manual of practice for soil nailing. (FHWA Report No. 89/198). FHWA. FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION – FHWA. NHI-14-007: Soil Nail Walls - Reference Manual. Washington, 2015. 425 páginas. GOBBI, F. Estudo do comportamento geomecânico de rochas efusivas da formação serra geral e sua aplicação na modelagem numérica de túneis. Porto Alegre, 2011, 337. Tese (doutorado em Engenharia) – Curso de PósGraduação em Engenharia Civil da Escola de Engenharia da UFRGS. Oliveira, H. T. e Arns P., 2015. CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA E MEC NICA DO MACIÇO ROCHOSO GRANITO IMARUÍ-CAPIVARÍ – ESTUDO DE CASO. UNESC- Universidade do Extremo Sul Catarinense. 21 p. Schneider, A.W. at alli. , 1974. Revisão Estratigráfica da Bacia do Paraná. Congresso Brasileiro de Geologia, 28, Porto Alegre. Anais. SBG, V. 1 p. 41-65. Schobbenhaus, C., et al. GEOLOGIA DO BRASIL. Brasília: DNPM, 1984, Cap. VIII, p. 331 a 355. https://www.cprm.gov.br/publique/media/gestao_territorial/geoparques/coluna_white/grupopassadois.html#teresina - (último acesso em 06/06/2020). VARNES, D. J. Slope Movement Types and Processes. Chapter 2, Landslide: Analyses and Control, Special Report 176, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., p. 11-33, 1978.

Felipe Gobbi Silveira, D.Sc. Gerente Técnico, Geobrugg AG,
felipe.gobbi@geobrugg.com.br

Alisson Sachetti, M.Sc. Engenheiro, FGS Geotecnia, alisson@fgs.eng.br

Jorge Dinis, Geól. Teixeira Duarte – Engenharia e Construções S.A.,
jd@teixeiraduarte.com.br

Fernando Valadas Segurado, Eng. Teixeira Duarte – Engenharia e Construções S.A.,
fvs@teixeiraduarte.com.br

Mariana Fernandes Poubel Engenheira, Geobrugg/IME, Rio de Janeiro, Brasil,
mariana.poubel@geobrugg.com

Bruno Denardin, M.Sc. Engenheiro, FGS Geotecnia, bruno@fgs.eng.br

Luiz José Brandão Geólogo, GEORIO, Rio de Janeiro, Brasil, ljbrandao@gmail.com

Felipe Gobbi



Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2002), mestrado em Engenharia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2005) e doutorado em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2011) com doutorado sanduiche na Universidade de Coimbra. Foi presidente do núcleo da ABMS / RS nos biênios 2011-2012 e 2013- 2014, atualmente é membro do comitê técnico JTC1 da ISSMGE e representante brasileiro do WG2 do ITA. É professor de curso de engenharia civil da Universidade do Vale do Rio dos Sinos, diretor técnico da FGS Engenharia Geotécnica e Ambiental e gerente técnico do Brasil da Geobrugg AG. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Mecânicas dos Solos e das Rochas, atuando principalmente nos seguintes temas: estabilidade de taludes, comportamento de solos, reforço de solos e escavações subterrâneas.

Artigo escrito pelo Engenheiro Civil Felipe Gobbi - Gerente técnico do Brasil da Geobrugg AG