

MODELAGEM ESTRUTURAL E COMPARTIMENTAÇÃO GEOMECÂNICA DE UM TÚNEL EM MACIÇO ROCHOSO NO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ – SC

Yan Budni de Souza Costa¹
Murilo da Silva Espíndola²
Bruno Osmar Gonzatto³

Resumo: O processo de expansão das cidades gera a necessidade de aproveitamento de espaços subterrâneos, o que tem impulsionado o desenvolvimento de metodologias para análise geomecânica de maciços rochosos. Este estudo desenvolveu um modelo tridimensional para caracterizar as descontinuidades e unidades geomecânicas de um maciço rochoso no Túnel 4, parte do Contorno Viário de Florianópolis, localizado no município de São José, Santa Catarina. Foram analisados 604 mapeamentos geomecânicos, totalizando 1422 medidas estruturais das descontinuidades, com classificação baseada no sistema *Rock Mass Rating* (RMR). Os resultados indicaram variabilidade geomecânica ao longo do túnel, com regiões de menor qualidade predominando nos emboques. Classes geomecânicas foram definidas com predominância da Classe III, alternando com Classes II, IV e V, conforme a pontuação do RMR. O modelo permitiu visualizar padrões estruturais, como o impacto de lineamentos na qualidade do maciço e a correlação entre parâmetros como resistência, RQD e infiltração de água. Esses dados fornecem subsídios para avaliação da estabilidade do túnel e planejamento de obras subterrâneas.

Palavras-chave: Modelagem tridimensional. Geomecânica. *Rock Mass Rating*.

STRUCTURAL MODELING AND GEOMECHANICAL ZONING OF A TUNNEL IN A ROCK MASS IN SÃO JOSÉ, SANTA CATARINA

Abstract: The process of expansion undergone by cities makes for an increasing demand for underground space utilization, which has driven the advancement of methodologies for geomechanical analysis of rock masses. This study developed a 3D model to represent discontinuities and geomechanical units of the rock mass in Tunnel 4, part of the Florianópolis Bypass in São José, Santa Catarina, Brazil. A total of 604 geomechanical mappings were analyzed, accounting for 1422 structural measurements of discontinuities, classified using the Rock Mass Rating (RMR) system. The findings revealed geomechanical variability throughout the tunnel, with lower-quality zones concentrated near the portals. Geomechanical classes were defined, with Class III being the most predominant, interspersed with Classes II, IV,

¹ Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Geologia, Florianópolis, Brasil, yanbudnydesouza@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0000-6321-8275>

² Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Geologia, Florianópolis, Brasil, murilo.espindola@ufsc.br, <https://orcid.org/0000-0003-4547-6566>

³ Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Geologia, Florianópolis, Brasil, brunoosmargonzatto@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9959-1482>

and V based on RMR scores. The model facilitated the visualization of structural patterns, such as the influence of lineaments on rock mass quality and correlations among parameters like strength, RQD, and water infiltration. These insights provide a foundation for assessing tunnel stability and planning future underground projects.

Keywords: 3D modeling. Geomechanics. Rock Mass Rating.

MODELADO ESTRUCTURAL Y ZONIFICACIÓN GEOMECÁNICA DE UN TÚNEL EN UN MACIZO ROCOSO EN SÃO JOSÉ, SANTA CATARINA

Resumen: El proceso de expansión urbana genera la necesidad de aprovechar los espacios subterráneos, lo que ha impulsado el desarrollo de metodologías para el análisis geomecánico de macizos rocosos. Este estudio desarrolló un modelo tridimensional para caracterizar las discontinuidades y unidades geomecánicas de un macizo rocoso en el Túnel 4, parte del Contorno Vial de Florianópolis, ubicado en el municipio de São José, Santa Catarina. Se analizaron 604 mapeos geomecánicos, totalizando 1422 mediciones estructurales de las discontinuidades, con clasificación basada en el sistema Rock Mass Rating (RMR). Los resultados indicaron una variabilidad geomecánica a lo largo del túnel, con zonas de menor calidad predominando en los portales. Se definieron clases geomecánicas con predominio de la Clase III, alternando con las Clases II, IV y V, de acuerdo con la puntuación del RMR. El modelo permitió visualizar patrones estructurales, como el impacto de los lineamientos en la calidad del macizo y la correlación entre parámetros como resistencia, RQD e infiltración de agua. Estos datos proporcionan bases para la evaluación de la estabilidad del túnel y la planificación de obras subterráneas.

Palabras clave: Modelado 3D. Geomecánica. Rock Mass Rating.

Introdução

A necessidade de aproveitamento de espaços subterrâneos em metrópoles densamente ocupadas tem impulsionado a execução de obras subterrâneas, como túneis e redes de utilidades públicas, e visa minimizar a ocupação da superfície e reduzir impactos ambientais e visuais (Aguar, 2017). Os maciços rochosos, compostos por blocos de rocha separados por descontinuidades (Hoek, 1980), são classificados por métodos como o sistema "Q" de Barton (1974) e o *Rock Mass Rating* de Bieniawski (1989), que avaliam propriedades das rochas e descontinuidades para determinar parâmetros de resistência.

O *Rock Mass Rating* (RMR) foi introduzido inicialmente por Bieniawski (1974) e subsequentemente aprimorado pelo mesmo autor (1989) através de análises em dados de 268 túneis em rocha (Sivakugan; Shukla; Das, 2013). Sua aplicação abrange diversas práticas de engenharia, incluindo a construção de túneis, a avaliação de estabilidade de encostas, atividades de mineração e estimativa da capacidade de carga de fundações. Este método possui como objetivo determinar parâmetros geotécnicos e estimar a redução de resistência em variados contextos geológicos. Se trata de um sistema de pontuação (em um intervalo de 0 a 100) baseado em seis parâmetros, com valores específicos à eles atribuídos: Resistência da rocha intacta UCS); Valor do RQD (*Rock Quality Designation*); Espaçamento das descontinuidades; Condições das descontinuidades; Presença de água subterrânea; e Orientação das descontinuidades.

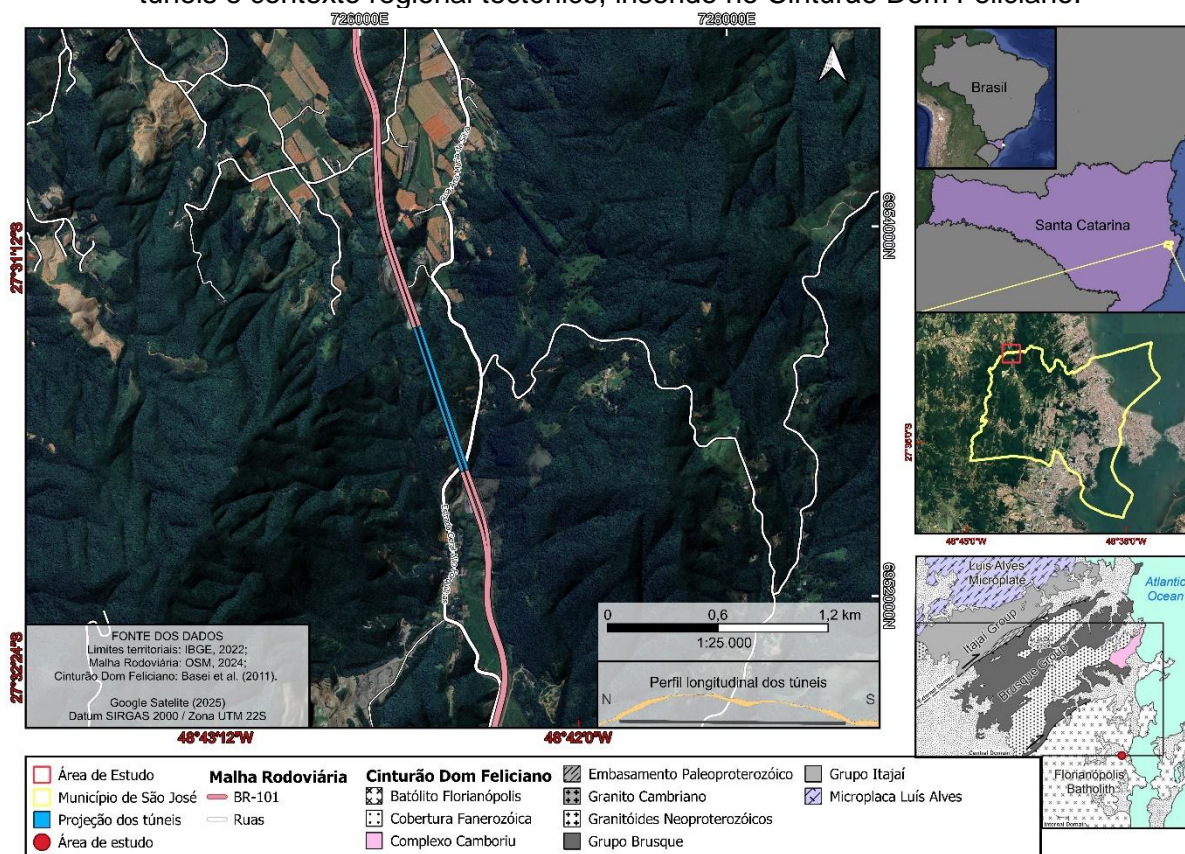
O local estudado está situado no Domínio Sul do Cinturão Dom Feliciano, mais especificamente em uma região de contato entre o Complexo Águas Mornas e o Batólito Florianópolis. O Batólito Florianópolis é composto por granitóides sin a tardi-transcorrentes (Suíte Paulo Lopes e Granitóides da Região de Porto Belo), granitos álcali-cálcicos pré a sin-colisionais (Suíte Intrusiva Maruim) e granitos alcalinos tardi a pós-colisionais (suítes Pedras Grandes, Plutono-Vulcânica Cambirela e Granito Rio Chicão) (Wildner *et al.*, 2014). O Complexo Águas Mornas, descrito por Zanini *et al.* (1997), consiste em granitóides deformados, com rochas gnáissicas e migmatíticas de origem neoproterozóica, com composições variando de intermediárias ($\text{SiO}_2 = 56\%$) a graníticas ($\text{SiO}_2 = 75\%$). Essas rochas são cálcio-alcalinas, metaluminos e formadas em ambiente de arco continental.

A Suíte Intrusiva Maruim forma um batólito zonado com monzogranitos no núcleo e tonalitos e quartzo-dioritos nas margens. O Granito São Pedro de Alcântara, seu membro mais proeminente, é uma rocha cinza-escura com textura porfirítica homogênea e fenocristais de feldspato alcalino (1-1,5 cm), apresentando inclusões de Tonalito Forquilha e Granodiorito Alto da Varginha. Este último é uma rocha mesocrática cinza, com textura heterogranular e enclaves básicos a intermediários,

além de variações subordinadas de quartzo-monzonitos e monzogranitos (Zanini *et al.*, 1997).

O túnel estudado (denominado “Túnel 4”) está situado na região litorânea de Santa Catarina, próximo da divisa entre os municípios de São José e Biguaçu. A obra foi implementada como parte do Contorno Viário de Florianópolis (BR-101), no km 207 da mesma rodovia. Trata-se de um túnel duplo, com duas escavações separadas e paralelas de 820 metros de comprimento cada (pista norte e pista sul), divididas por um eixo central. A seção escavada tem aproximadamente 15,90 metros de largura e 9,50 metros de altura. O traçado da escavação subterrânea atravessa o Morro da Rússia, presente em um contexto geomorfológico de configuração montanhosa, com predomínio de terrenos acidentados e declivosos. No relevo é observável a presença de zonas de fraqueza resultando em faixas de maior erodibilidade, associadas a planos de fraturas, falhas e diques. Tais faixas se manifestam como sulcos extensos no terreno, ou lineamentos, que condicionam os principais vales e as drenagens primárias e secundárias. Estas faixas discretas tendem a seguir direções NE e NNE, relacionadas aos eventos tectônicos que atuaram nas rochas da região em suas gêneses. Os morros da região têm altitudes de até 600 metros, sendo que o Morro da Rússia tem, aproximadamente, 180 metros de altura.

Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo. Em conjunto o perfil longitudinal dos túneis e contexto regional tectônico, inserido no Cinturão Dom Feliciano.



Frente ao exposto, buscou-se desenvolver um modelo tridimensional que representasse de forma coerente as discontinuidades e unidades geomecânicas do maciço rochoso no Túnel 4. Para isso, foram verificados padrões estruturais nos dados coletados, analisaram-se e compartimentaram-se as classes geomecânicas em relação aos avanços do túnel e suas estimativas de projeto, estabeleceram-se compartimentações com base nos parâmetros do RMR e investigou-se a correlação entre as discontinuidades estruturais e a classificação do maciço.

Metodologia

A metodologia adotada envolveu a compilação e análise de 604 mapeamentos geomecânicos realizados ao longo das seções do túnel, abrangendo dados detalhados de cada avanço individual, como a posição da frente de escavação, a

distância entre avanços consecutivos, as medidas estruturais das descontinuidades e a classificação geomecânica, incluindo a pontuação final do RMR e os valores de cada parâmetro avaliado. No total, foram registradas 1422 medidas planares, distribuídas entre 803 na pista sul e 619 na pista norte, o que permitiu uma caracterização detalhada do maciço rochoso ao longo do túnel. Foram ainda utilizados dados de domínio público, na forma de modelos digitais de elevação, poligonais das unidades geológicas e imageamento aéreo, como o Modelo Digital do Terreno (MDT) do ano de 2010, disponibilizado pela Secretaria de Desenvolvimento Social (SDS) de Santa Catarina através do portal SIGSC, com resolução espacial de 1 metro.

Em seguida, foi necessário georreferenciar cada um dos avanços para que se fosse possível inserir os dados no LeapFrog Works, software de modelagem geológica tridimensional desenvolvido para aplicações em geotecnia e engenharia subterrânea. A ferramenta permite a integração de dados geológicos, estruturais e topográficos em um ambiente tridimensional, possibilitando a construção de modelos geológicos contínuos, a representação espacial de unidades litológicas e a análise espacial de propriedades geomecânicas do maciço. Com o uso do *software* Autocad Civil 3D, foram plotadas duas linhas que representam as pistas sul e norte, em suas respectivas coordenadas e de mesmo comprimento, caimento e direção. Estas linhas foram seccionadas em segmentos correspondentes às distâncias entre os avanços e em seguida as coordenadas N, E e Z de cada segmento foram extraídas para uma planilha. Ao final, estas coordenadas foram unidas a seus respectivos avanços, obtendo-se assim o georreferenciamento por avanço do Túnel 4.

Para criar o modelo tridimensional que representa o túnel, foram inseridos no LeapFrog Geo os dados geométricos, topográficos e geomecânicos do túnel (arquivos em formato .csv). Com as informações de cunho espacial foi gerada a forma do túnel, através da ferramenta de “furos de sondagem”. Os dados geomecânicos, por conta da maneira que foram organizados, foram renderizados em seu posicionamento espacial correto no modelo 3D. Para que se pudesse apresentar os valores de todos os parâmetros, a pontuação final do RMR e a classe dos avanços de maneira mais visual, foram criados intervalos de cores correspondentes aos valores discretos de

cada categoria. As cores mais quentes representam valores menores e, conseqüentemente, pior qualidade geomecânica, e as cores mais frias representam os valores maiores, ou qualidade geomecânica mais alta, como exemplificado no Quadro 1.

Quadro 1 – Intervalos de pontuação do parâmetro RQD, alocando uma cor para cada pontuação

Mínimo	Cor	Máximo
$0 <$		< 8
$8 \leq$		≤ 13
$13,0 \leq$		≤ 17
$17 \leq$		< 20
$20 \leq$		$\leq \text{inf}$

Fonte: Autores (2025).

A fase de análise do modelo foi feita tanto com base no LeapFrog quanto no Excel. Em ambiente 3D foram realizadas principalmente análises visuais para os parâmetros geomecânicos, verificando sua disposição espacial e correlacionando em partes com a geomorfologia e condicionantes geológicos.

Resultados

O maciço rochoso do túnel apresentou variabilidade nas características geomecânicas ao longo de sua extensão. No parâmetro de resistência intacta, as pontuações predominantes foram 4 e 7, indicando resistências de 25 a 100 MPa. Esses valores se intercalam desde o emboque norte até o centro do túnel, mas há um aumento na frequência de pontuação 4 em direção ao emboque sul. Nas regiões próximas aos emboques, principalmente no emboque norte, as pontuações diminuem, chegando a valores de 2 e 0. No que diz respeito ao índice de qualidade da rocha (RQD), predominam pontuações de 13 e 17, que correspondem a um RQD estimado entre 50% e 90%, com alguns valores atípicos acima de 90%. Essas pontuações alternam-se ao longo do túnel, mas apresentam valores mais baixos, entre 8 e 3, nos emboques (

Figura 2).

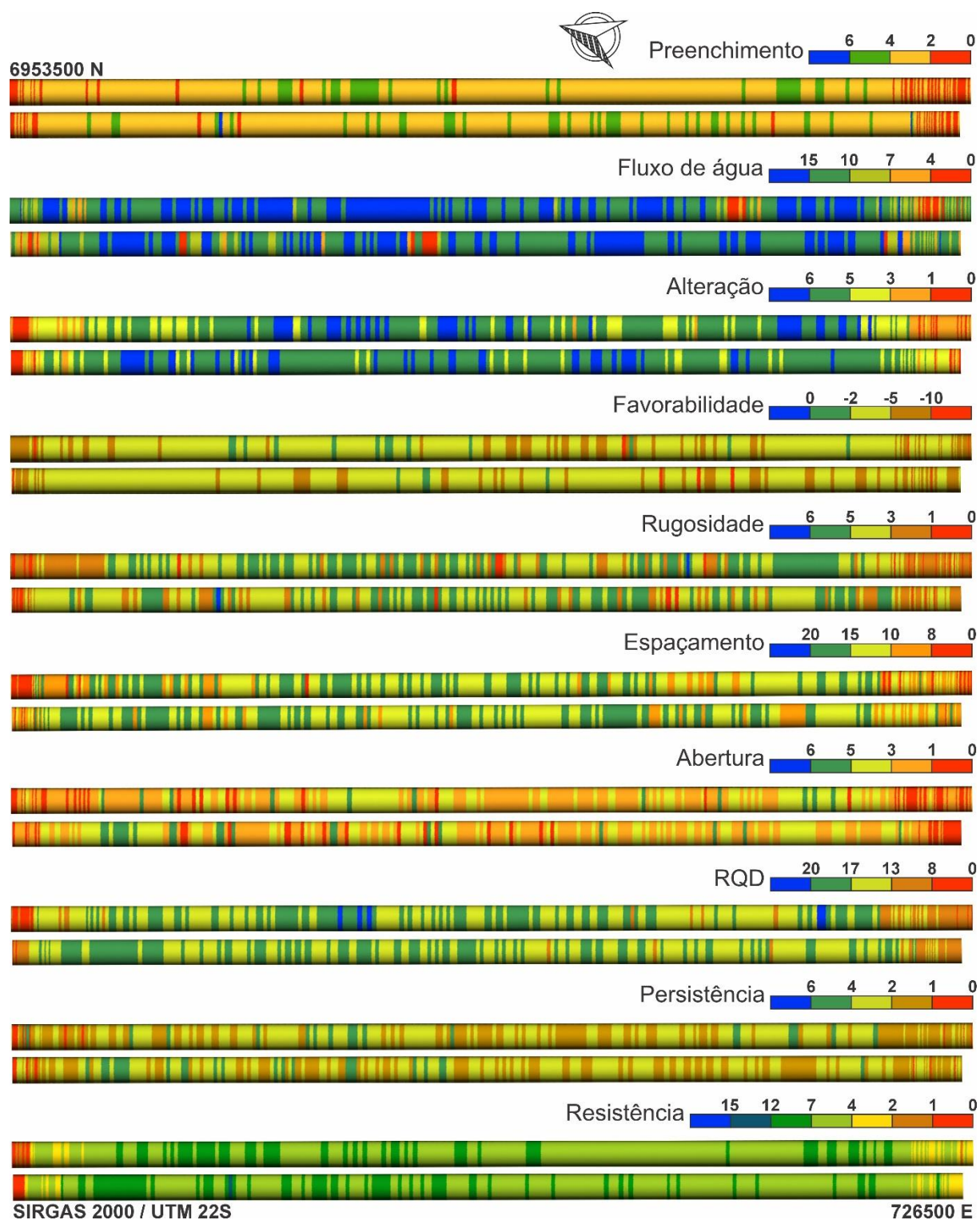
O espaçamento entre descontinuidades é representado principalmente por valores de 10 e 15, com menores pontuações (8 e 5) esporadicamente presentes nas regiões centrais do túnel. Os menores valores se concentram nos emboques da pista norte. A persistência das descontinuidades mostrou-se predominantemente baixa, com a maior pontuação registrada sendo 4, mas com baixa representatividade. Há alternância entre valores de 2 e 1 em grande parte do maciço. Em relação à abertura das descontinuidades, observou-se a predominância de pontuações medianas a baixas, de 1 e 4, que correspondem à aberturas de 1 a 5 mm. Pontuações de 0 foram registradas nos emboques e, ocasionalmente, ao longo do túnel.

A rugosidade das descontinuidades apresentou maior frequência de valores de 3 e 5, indicando superfícies rugosas a levemente rugosas. As descontinuidades planas foram encontrados de forma mais comum nos emboques e, de forma pontual, no centro do túnel. No parâmetro preenchimento, houve a predominância da pontuação 2 ao longo do túnel, com intervalos esparsos de pontuação 4. Nos emboques, observaram-se valores mais baixos, indicando maior presença de material mole preenchendo as descontinuidades. A alteração das descontinuidades mostrou alternância, com concentração em valores médios a superiores do parâmetro, o que caracteriza materiais de moderadamente alterados a rocha sã. Nos emboques, principalmente no emboque norte, as pontuações foram mais baixas.

O fluxo de água no maciço, de modo geral, apresentou pontuações altas, indicando condições secas a úmidas em grande parte dos avanços. Diferentemente de outros parâmetros, pontuações baixas para fluxo de água não se restringiram aos emboques e apareceram, embora em menor proporção, em intervalos nas porções centrais do túnel. Por fim, a orientação das descontinuidades teve ajuste mediano para

a pontuação final, com condições majoritariamente classificadas como razoáveis a desfavoráveis.

Figura 2 - Parâmetros analisados e representados em 3D



Fonte: Dos autores (2025).

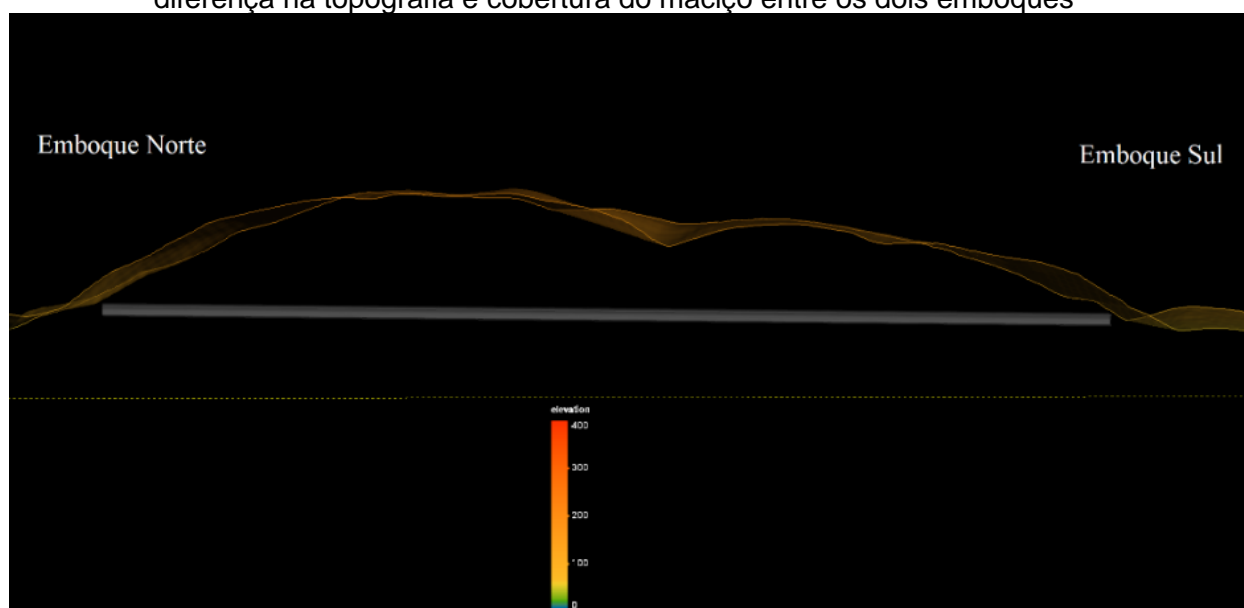
Condicionantes geológicas

É possível observar que, como esperado, as regiões dos emboques do túnel apresentam pontuações baixas em todos os parâmetros avaliados. Esse comportamento é atribuído ao fato de que os emboques estão localizados diretamente no manto de alteração do maciço rochoso do morro, em uma zona caracterizada por material de comportamento mecânico inferior, em comparação às porções centrais do túnel. Parâmetros como RQD, resistência da rocha intacta e grau de alteração, que são diretamente proporcionais à integridade da rocha, demonstram pontuações baixas nessas regiões. Contudo, observa-se uma variação nos padrões dos valores dos parâmetros entre os dois emboques. No emboque norte, as pontuações majoritariamente são muito baixas, mas essa condição se estende por uma curta distância. Em contrapartida, o emboque sul apresenta valores relativamente mais altos que o emboque norte, embora estes se mantenham constantes por uma extensão mais longa.

Com o conjunto de informações do presente estudo, não é possível determinar de forma conclusiva a causa desse comportamento diferenciado entre os emboques. Entretanto, ao observar a morfologia do relevo no emboque sul, pode-se especular que tenha permitido um maior acúmulo e espessamento do saprólito, aprofundando-o em direção ao centro do morro (Figura 3). Além disso, nota-se a presença de um lineamento que atravessa diretamente a área do emboque norte, criando um curso de drenagem superficial que provavelmente intensifica o intemperismo do maciço naquela região, promovendo uma alteração mais acentuada e uma redução da integridade da rocha.

No parâmetro de Fluxo de Água, é visto que há alguns avanços na região central da pista sul com valores baixos anômalos, delimitados por frentes de pontuação alta. Uma condição relativamente similar também é encontrada em regiões próximas no parâmetro de abertura. Ao analisar o padrão de lineamentos presentes no maciço, nota-se que há presença de cursos de drenagem retilíneos orientados de maneira que cruzam o traçado do túnel. Este lineamento também pode ser visto na Figura 3, marcado por um baixo estrutural no centro do perfil do morro.

Figura 3 – Perfil longitudinal do Morro da Rússia, incluindo o traçado do Túnel 4, mostra a diferença na topografia e cobertura do maciço entre os dois emboques



Fonte: Dos autores (2025).

A presença desse lineamento pode indicar uma provável causa para a redução dos valores observados nessa região do túnel. Considerando que o lineamento representa uma zona de fraqueza no maciço, é plausível que ele inclua descontinuidades de maior expressividade, as quais atravessam o maciço e interceptam o traçado do túnel nesse setor. Além disso, por ser uma feição que condiciona a drenagem do morro, é justificável afirmar que ocorre maior infiltração de água nas descontinuidades inclusas no lineamento, o que favorece a condução de água em direção ao maciço naquela região.

Classes geomecânicas

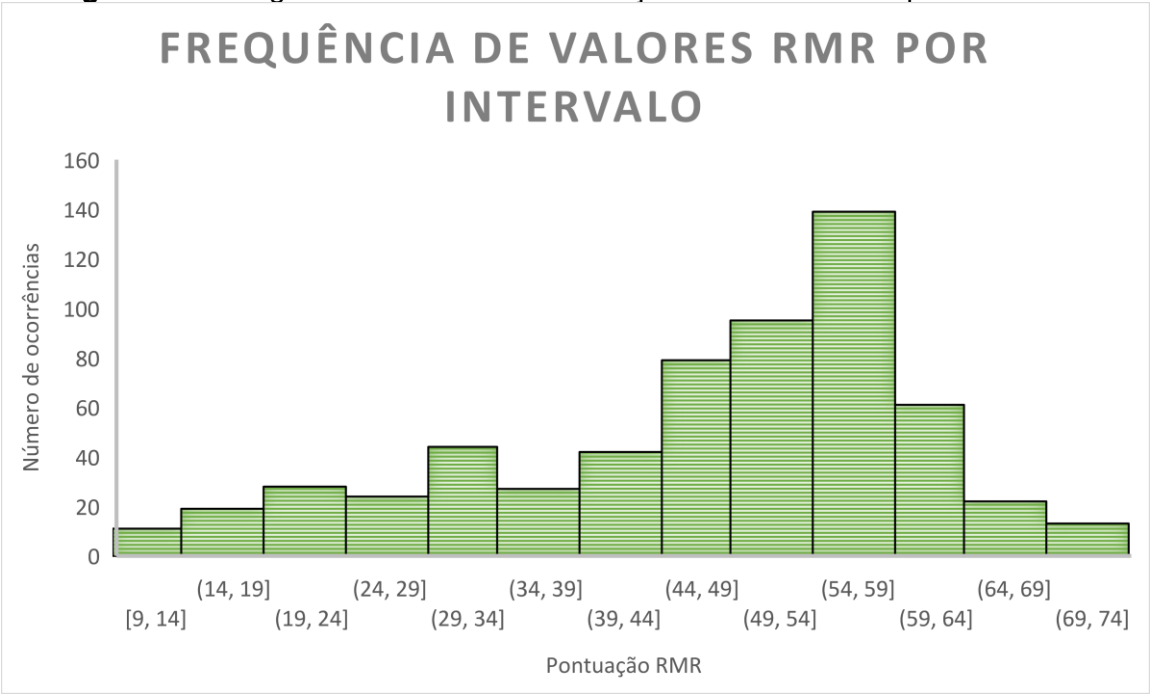
Analisando estatisticamente os valores das pontuações RMR para todos os avanços, observa-se que o maciço apresenta qualidade normal, ou seja, é um maciço de Classe III em grande parte da extensão do Túnel 4, conforme a **Tabela 1** e a Figura 4. Além disso, não foram observadas condições de qualidade de maciço em Classe I, com o maior valor RMR encontrado sendo 74.

Tabela 1 – Estatística geral dos valores RMR para todo o Túnel 4

Pontuação RMR	Média	Desvio Padrão	Moda
	47,50	14,01	56

Fonte: Dos autores (2024).

Figura 4 – Histograma mostrando a distribuição de valores RMR para o Túnel 4



Fonte: Dos autores (2025).

Com relação à distribuição destes valores, foi possível identificar que, como esperado, as regiões de piores qualidades de maciço são os emboques. No emboque norte, observa-se uma predominância de avanços em Classe V, com transição para Classe III em um trecho relativamente curto. O emboque sul apresenta menor frequência de avanços em Classe V, sendo caracterizado por uma ocorrência mais expressiva da Classe IV. Ao longo da extensão do túnel, verifica-se uma alternância entre as classes III e II, com a classe III predominando em intervalos contínuos extensos. A Classe II ocorre de forma intercalada, com intervalos menores e descontínuos, sendo mais representativa na pista norte. A **Tabela 2** mostra a representatividade de cada uma das classes escavadas.

Tabela 2 – Classes encontradas na escavação e seus comprimentos correspondentes, total e para as pistas individuais.

Classe do Maciço	Comprimento (PN) (m)	Comprimento (PS) (m)	Comprimento Total (m)
Classe V	28,64	10,79	39,43
Classe IV	92,54	65,94	158,48
Classe III	508,22	620,23	1128,45
Classe II	198,12	120,54	318,66

Fonte: Dos autores (2025).

Os gráficos a seguir (**Figura 5**) representam a distribuição dos valores dos parâmetros do RMR para as quatro classes geomecânicas, onde o eixo y corresponde à porcentagem de cada pontuação dentro dos parâmetros individuais. Os dados foram estruturados desta forma para atenuar a influência da significativa discrepância na quantidade de dados entre as diferentes classes.

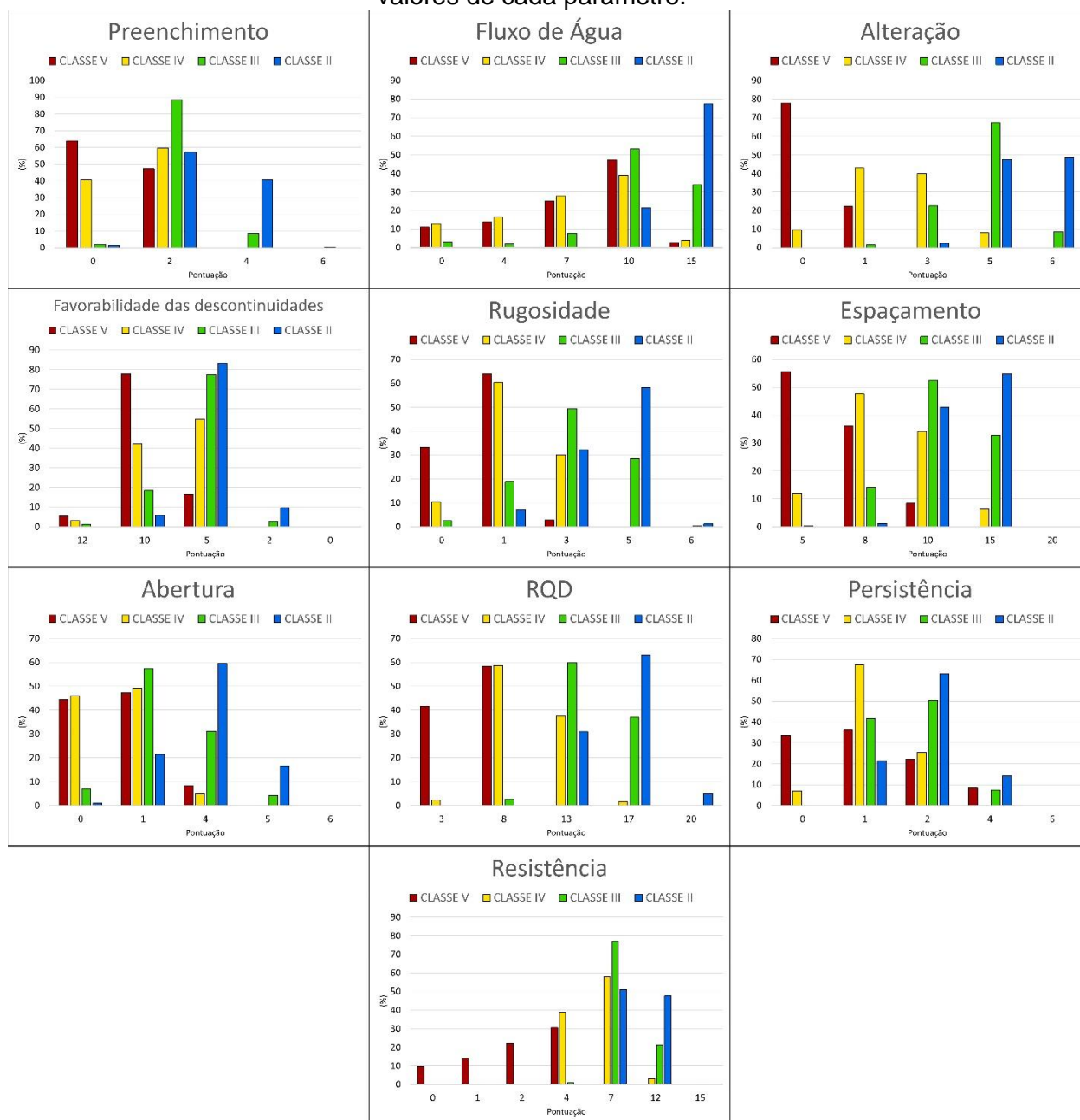
A Classe V de modo geral, como esperado, possui a maior representatividade nos valores baixos em todos os 10 parâmetros do RMR. Os parâmetros que mais refletem essa baixa qualidade são a resistência da rocha intacta, o RQD e o grau de alteração, que tendem a atingir apenas as pontuações baixas nessa classe. Os parâmetros de espaçamento, preenchimento, abertura, rugosidade e o ajuste da direção das descontinuidades apresentam valores baixos, com uma tendência a valores intermediários. Valores ligeiramente mais altos são observados para os parâmetros de persistência das descontinuidades e infiltração d'água.

As classes IV e III representam segmentos intermediários da classificação geomecânica, com parâmetros que apresentam maior variação e dispersão. A Classe IV abrange valores geralmente medianos e raramente altos, e apresenta pontuações baixas nos parâmetros de abertura e infiltração d'água. A Classe III, embora também mostre uma distribuição ampla, tende a alcançar pontuações mais elevadas nos parâmetros de alteração, RQD, resistência e infiltração d'água, o que sugere uma qualidade estrutural superior. No entanto, ambas as classes ainda exibem valores relativamente baixos em abertura e persistência das descontinuidades.

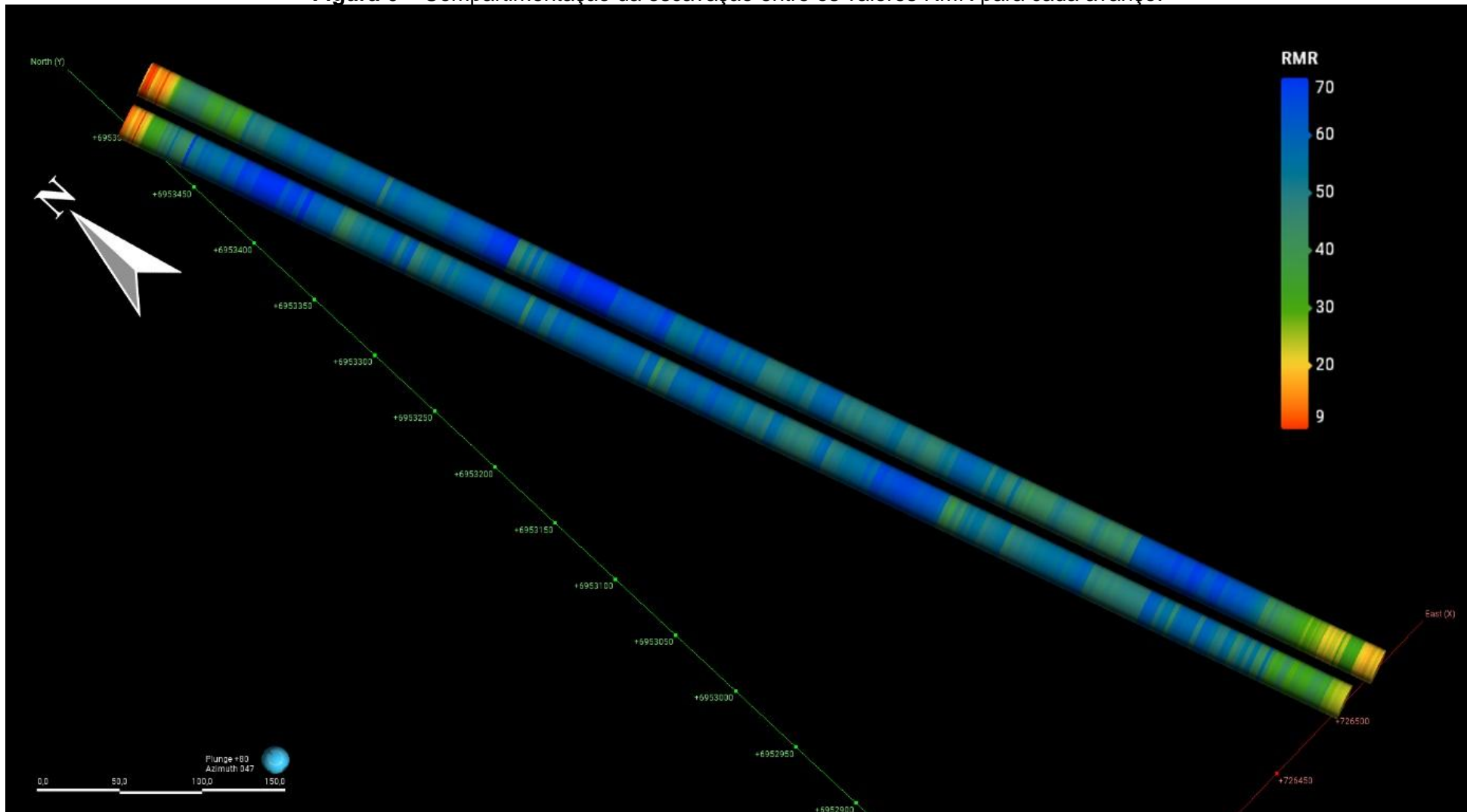
Na Classe II predominam pontuações altas no geral. Os parâmetros relacionados à infiltração d'água, alteração, RQD e rugosidade demonstram alta frequência de valores elevados. Os parâmetros de persistência, abertura e preenchimento das descontinuidades se mantêm contidos em valores médios à altos.

Ao verificar a classificação do maciço em maior detalhe, através da compartimentação do túnel em suas pontuações RMR por avanço (**Figura 6**), nota-se que as classes IV e III apresentam valores mais uniformemente distribuídos, enquanto as classes V e II tendem a permanecer em intervalos relativamente mais restritos.

Figura 5 - Perfil de distribuição dos parâmetros analisados em cada classe geomecânica. O eixo y representa a porcentagem total dentro da classe e no eixo x estão distribuídos os valores de cada parâmetro.



Fonte: Dos autores (2025).

Figura 6 – Compartimentação da escavação entre os valores RMR para cada avanço.

Fonte: Dos autores (2025).

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, G. **Túneis escavados em solo por máquina tuneladora: conceituação, comportamento do maciço e modelagem numérica** / G. Aguiar -- versão corr. -- São Paulo, 2017. 148 p.
- BARTON et al. **A New Method for Quantitative Geological Classification of Rock Masses**. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts. 1974.
- BASEI, M. A. S et al. **Tectonic evolution of the Brusque Group, Dom Feliciano belt, Santa Catarina, Southern Brazil**. Journal of South American Earth Sciences, v. 32, n. 4, p. 324-350, 2011.
- BIENIAWSKI, Z. T. **Geomechanics classification of rock masses and its application in tunneling**. In: Proc. 3rd Int. Congress on Rock Mechanics. 1974.
- BIENIAWSKI, Z.T. **Engineering classification of jointed rock masses**. 1989.
- HOEK, E., BROWN, E.T. (1980), **Underground Excavations in Rock**, The Institution of Mining and Metallurgy, London.
- PRADO, O. F.; ESPÍNDOLA, M. S.; ESTEVAM, C. N.. **Elaboração e validação de banco de dados de sondagem e construção de um modelo geomecânico de uma cava do Quadrilátero Ferrífero**. *Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental*, v. 13, n. 2-3, p. XX-XX, 2025. DOI: 10.29327/241867.13.2-3.
- SIVAKUGAN, N.; SHUKLA, S. K; DAS, B. M. **Rock Mechanics: an introduction**. Taylor & Francis Group, 2013.
- WILDNER, W.; CAMOZZATO, E.; TONIOLO, J.A.; BINOTTO, R.B.; IGLESIAS, C.M.F.; LAUX, J.H. **Mapa geológico do estado de Santa Catarina**. Porto Alegre: CPRM, 2014. Escala 1:500.000. Programa Geologia do Brasil. Subprograma de Cartografia Geológica Regional.
- ZANINI, L.F.P.; BRANCO, P.M.; CAMOZZATO, E. & RAMGRAB, G.E. **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Folhas Florianópolis (SH.22-Z-D-V) e Lagoa (SH.22-Z-D-VI), Escala 1:100,000**. CPRM, Brasília, 1997. 252p.

NOTAS DE AUTOR

CONTRIBUIÇÃO DE AUTORIA

Yan Budni de Souza Costa – Concepção, coleta de dados, análise de dados, elaboração do manuscrito, revisão e aprovação da versão final do trabalho

Murilo da Silva Espíndola – Concepção, discussão dos resultados, orientações, revisão e aprovação da versão final do trabalho.

Bruno Osmar Gonzatto –Discussão dos resultados e elaboração do manuscrito.

FINANCIAMENTO

Este trabalho não recebeu financiamento em espécie. Entretanto, os autores contaram com a cessão de licença acadêmica gratuita do software Leapfrog Geo, desenvolvido pela Seequent, The Bentley Subsurface Company, integrante do grupo Bentley Systems, Incorporated, o que foi de extrema importância para a modelagem geológica tridimensional e as análises geomecânicas apresentadas neste estudo

CONSENTIMENTO DE USO DE IMAGEM

Não se aplica

APROVAÇÃO DE COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

Não se aplica.

CONFLITO DE INTERESSES

Não se aplica.

LICENÇA DE USO

Este artigo está licenciado sob a [Licença Creative Commons CC-BY](#). Com essa licença você pode compartilhar, adaptar, criar para qualquer fim, desde que atribua a autoria da obra.

HISTÓRICO

Recebido em: 12-03-2025

Aprovado em: 26-11-2025

