

ARTIGO



**CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DAS FRACTURAS DOS
MACIÇOS ROCHOSOS NA MINERADORA PROMAC LDA,
DISTRITO DE NHAMATANDA/SOFALA**

***GEOTECHNICAL CHARACTERIZATION OF ROCK MASSIF FRACTURES AT
PROMAC LDA MINING COMPANY, NHAMATANDA DISTRICT/SOFALA***

***CARACTÉRISATION GÉOTECHNIQUE DES FRACTURES DE LA MASSE
ROCHEUSE DE LA SOCIÉTÉ MINIÈRE PROMAC LDA, DISTRICT DE
NHAMATANDA/SOFALA***

Por Gerson Constantino Alexandre Mavulule & Ernesto Domingos Victorino

Gerson Constantino Alexandre Mavulule

Licenciado em Geologia com Habilitação na
Mineração na Universidade Licungo Campus
do Dondo (LGHM/ULCD).

E-mail: mavululegerson@gmail.com

Ernesto Domingos Victorino

Mestrando do Programa de Pós-Graduação em
Geologia pela Universidade Federal da Bahia
(PPGEO/UFBA).

E-mail: ernestodomingos13@gmail.com

Como citar

MAVULULE, Gerson Constantino Alexandre;
VICTORINO Ernesto Domingos.
Caracterização geotécnica das fracturas dos
maciços rochosos na mineradora PROMAC
LDA, Distrito de Nhamatanda/Sofala
(Moçambique). **Boletim GeoÁfrica**, v. 4, n. 13,
p. 183-197, jul.-dez. 2025.



RESUMO

A presente pesquisa, intitulada “Caracterização Geotécnica das Fracturas dos Maciços Rochosos na Mineradora Promac Lda.”, tem como principal objectivo caracterizar geotecnicamente os carbonatitos da empresa, com vista a definir as principais famílias de fracturas que possam facilitar o processo de desmonte dos carbonatitos aplicados na construção civil. Para alcançar os objectivos propostos, foram utilizados os seguintes parâmetros geotécnicos: abertura das fracturas, preenchimento, espaçamento e orientação espacial. Com recurso ao software Stereonet 11, foi determinado o número de famílias de fracturas existentes. As fracturas têm interferido nas actividades da mineradora, nomeadamente devido ao engate da haste durante a perfuração e à dispersão dos explosivos ao longo das descontinuidades. As fracturas pré-existentes têm servido como pontos de partida para novas fracturas induzidas pela detonação dos explosivos. Os carbonatitos apresentam ainda uma intrusão de basalto. Com base nos parâmetros geotécnicos analisados, concluiu-se que apenas uma fractura em cada *stop* se encontra preenchida por areia avermelhada ligeiramente compacta. O *stop* 1 apresenta uma única família de fracturas, com espaçamento moderado; o *stop* 2 apresenta duas famílias, igualmente com fracturas moderadamente espaçadas. No que respeita à abertura, as fracturas do primeiro *stop* são moderadamente abertas, enquanto as do segundo *stop* variam entre moderadamente abertas e largas, podendo assim permitir a percolação de fluidos.

Palavras-chave: Carbonatitos; Fracturas; Geotecnia; Stereonet.

ABSTRACT

The present research entitled “Geotechnical Characterization of the Fractures of the Rock Massifs at Mineradora Promac Lda”, with the main objective of geotechnically characterizing the carbonatites of the company, with a view to defining the main families of fractures that can facilitate the process of dismantling the carbonatites. To achieve the objectives, the following geotechnical parameters were used: opening of the fractures, filling, spacing and spatial orientation of the fractures. With Stereonet 11 Software, the number of families of fractures was determined. They have interfered in the company's activities, due to the engagement of the rod in the drilling and dispersion of the explosives in the fractures. The pre-existing fractures have served as a starting point for the fractures caused by the detonation of explosives, the carbonatites present basalt intrusion. Considering the geotechnical parameters, it was concluded that only one fracture in each stop is filled with reddish sand a little compact, the stop 1 has one and only family with moderately distant fractures, the stop 2 has two families, with moderately distant fractures. And in terms of opening, the first stop is moderately open and the second stop is moderately open to wide and allowing fluid percolation.

Keywords: Carbonatites. Fractures. Geotechnics. Stereonet.

RÉSUMÉ

La présente recherche, intitulée « Caractérisation géotechnique des fractures des massifs rocheux de la société minière Promac Lda », a pour objectif principal caractériser géotechniquement les carbonatites de la société minière afin de définir les principales familles de fractures susceptibles de faciliter le démantèlement des carbonatites utilisées en génie civil. Pour atteindre ces objectifs, les paramètres géotechniques suivants ont été utilisés : ouverture des fractures, remplissage, espacement orientation spatiale des fractures. Le logiciel Stereonet 11 a permis de déterminer le nombre de familles de fractures. Ces dernières ont perturbé les activités de la société minière, en raison de l'engagement de la tige lors du forage et de la dispersion des explosifs dans les fractures. Les fractures préexistantes ont servi de point de départ aux fractures causées par la détonation des explosifs. Les carbonatites présentent une intrusion basaltique. Compte tenu des paramètres géotechniques, il a été conclu qu'une seule fracture par barrage est remplie de sable rougeâtre légèrement compact ; barrage 1 présente une seule famille de fractures modérément espacées. La figure 2 présente deux familles, avec des fractures modérément distantes. L première butée est modérément ouverte et la seconde butée est modérément ouverte à large, permettant percolation des fluides.

Mots clés : Carbonatites. Fractures. Géotechnique. Stéréonet.

INTRODUÇÃO

Na presente pesquisa, intitulada “Caracterização Geotécnica das Fracturas dos Maciços Rochosos na Mineradora Promac Lda., no distrito de Nhamatanda, província de Sofala”, o estudo incide especificamente sobre os carbonatitos extraídos para comercialização pela mineradora em epígrafe. Segundo Guerra & Guerra (2011), rocha é um agregado sólido, de ocorrência natural, formado por um ou mais minerais. Os carbonatitos, de acordo com a Convenção da União Internacional de Ciências Geológicas, são rochas ígneas que apresentam, em volume, mais de 50% de minerais carbonatados. Morfologicamente, segundo GTK2 (2006), os carbonatitos de Xiluvo possuem uma estrutura anelar composta pela seguinte sequência:

- um núcleo central constituído por carbonatito à base de calcite;
- um anel envolvente formado por brechas vulcânicas, que podem conter fragmentos de rochas carbonatíticas com calcite, cimento ferruginoso e componentes de quartzo, feldspato, xisto, quartzito e rocha básica;
- uma zona externa complexa, onde rochas traquíticas e porfíricas cortam densamente a rocha encaixante quartzo-feldspática, conforme ilustrado no Mapa 1.

Geologicamente, segundo Fossen (2017), fracturas são deformações por ruptura, constituindo planos que dividem um bloco de rocha ou uma camada em duas partes, ao longo dos quais não ocorre deslocamento. Estas fracturas podem ter origem no arrefecimento das rochas ou nos movimentos tectónicos das placas. Considerando estes conhecimentos geológicos, escolheu-se o presente tema porque as fracturas podem induzir a queda de blocos dos maciços rochosos, dependendo do grau de fracturamento e do nível de alteração, colocando em risco a segurança dos trabalhadores. Além disso, as fracturas encontram-se precisamente na área onde o maciço está a ser extraído para fins comerciais. Assim, a caracterização das fracturas é fundamental para trabalhos de prevenção e controlo, tendo em conta que o desenvolvimento da humanidade sempre esteve associado à exploração de recursos naturais desde a pré-história, quando o ser humano extraía minerais e os transformava em bens essenciais à sua sobrevivência. Neste contexto, procura-se responder à seguinte questão: “Até que ponto as fracturas podem interferir na extracção dos carbonatitos na Mineradora Promac Lda.?”. Para a realização deste trabalho, foram adoptados os seguintes procedimentos metodológicos:

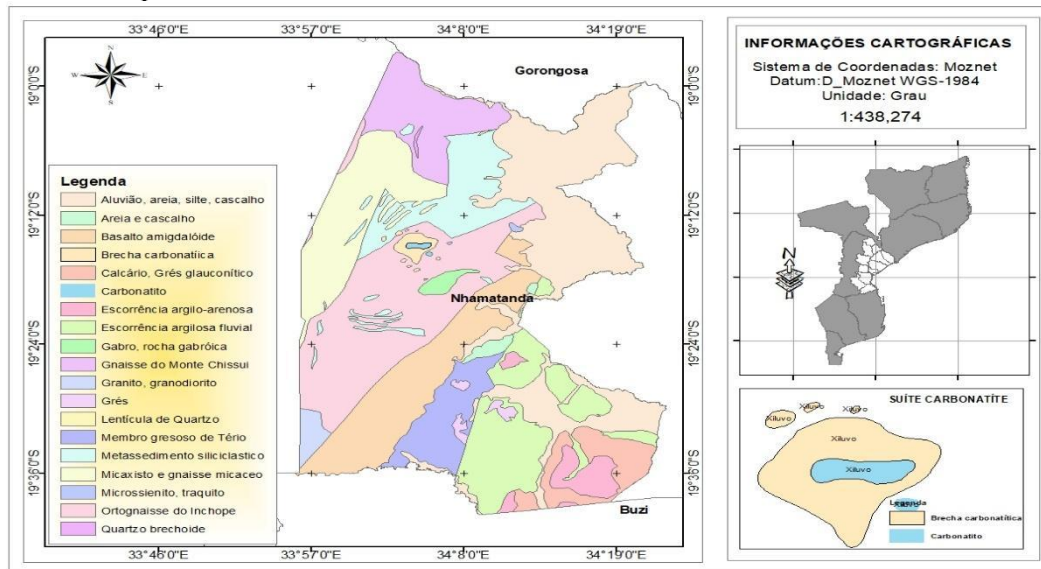


- Pesquisa bibliográfica, consistindo na consulta de obras, relatórios, mapas, artigos e livros sobre fracturas e parâmetros geotécnicos, com o objectivo de reunir informações essenciais. Segundo Gil (2002), a pesquisa bibliográfica baseia-se em material já elaborado, permitindo ao investigador abranger uma gama de fenómenos muito mais ampla do que aquela que poderia estudar directamente.
- Trabalho de campo, que consistiu na recolha de dados de acordo com os objectivos definidos e com base nos parâmetros seleccionados.
- Trabalho de gabinete, destinado à compilação e discussão dos resultados, conforme também sustentado por Gil (2002).

A determinação dos parâmetros geotécnicos baseou-se nas obras de Wolpp (2018), Nummer (2003) e Gomes (2008), que utilizaram os mesmos parâmetros nos seus estudos e explicam os critérios para a sua definição e aplicação. Estes parâmetros foram avaliados da seguinte forma:

- A orientação espacial dos planos de descontinuidade foi determinada com recurso à bússola geológica, para medir o mergulho e a direcção do mergulho, segundo as orientações de Nummer (2003).
- O espaçamento e a abertura das descontinuidades foram medidos com fita métrica, seguindo as indicações de Priest e Hudson (1976).
- O preenchimento das descontinuidades foi avaliado por observação directa a olho nu e com auxílio de lupa.
- Com o software Stereonet 11, foi determinado o número de famílias de fracturas.

Mapa 1: Estrutura anelar dos Carbonatitos do Monte Xiluvo/Nhamatanda



Fonte: Mavulule; Victorino (2024).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os carbonatitos do monte Xiluvo, concretamente na pedraira da Promac Lda., apresentam intrusões de rochas basálticas nas seguintes coordenadas geográficas: 19° 14' 50,2" S e 34° 3' 29,5" E, com orientação 290°/73° NE e espessura variável entre 16 e 20 cm, conforme ilustrado na figura seguinte. Se quiser, posso também harmonizar este trecho com o restante texto técnico para garantir uniformidade terminológica.

Imagem 1: Ilustração da Intrusão do basalto nos carbonatitos na Mineradora



Fonte: Mavulule; Victorino (2024)

A colecta de dados das fracturas nos carbonatitos de Xiluvo foi dividida em dois stops, onde, em cada um deles, se procedeu ao levantamento das coordenadas, das orientações das fracturas e de outros dados, de acordo com os parâmetros geotécnicos utilizados no estudo.

Levantamento de dados no Stop 1

O stop 1 encontra-se localizado nas seguintes coordenadas geográficas: 19° 14' 50,5" S e 34° 3' 30" E. A ilustração seguinte apresenta as fracturas observadas neste primeiro stop, e a Tabela 4 contém os dados colectados relativos às mesmas.

Imagem 2: Ilustração das fracturas do primeiro stop na Mineradora



Fonte: Mavulule; Victorino (2024)

Tabela 1: Dados colhidos no stop 1 na Mineradora Promac Lda, com base nos parâmetros geotécnicos.

Nº	Orientação	Espaçamento	Abertura	Preenchimento
1	043°/39°NW	60cm de 1-2	8mm	Não
2	052°/12°NW	22,5 cm de 2-3	6mm	Não
3	046°/12°NW	39,2cm de 3-4	10mm	Areia vermelha
4	064°/3°NW		7mm	Não

Fonte: Mavulule; Victorino (2024)

Levantamento de Dados no Stop 2

O stop 2 localiza-se nas seguintes coordenadas geográficas: 19° 14' 49,8" S e 34° 3' 28,8" E. Nestas coordenadas foram observadas diversas fracturas, como se pode verificar na

figura seguinte. De acordo com os parâmetros geotécnicos utilizados no estudo, a tabela seguinte apresenta os dados recolhidos neste stop.

Imagem 3: Fracturas observadas no segundo stop na Mineradora



Fonte: Mavulule; Victorino (2024)

Tabela 2: Dados colhidos no stop 2 na Mineradora Promac Ltda referentes aos parâmetros geotécnicos.

Nº	Orientação	Espaçamento	Abertura	Preenchimento
1	N316°/36°NE	27 cm de 1 a 2	32mm	Não
2	N282°/27°NE		20mm	Não
3	N280°/24°NE	19 cm de 2 a 3	11mm	Não
4	N276°/15°NE	83 cm de 3 a 4	15mm	Não
5	N66°/62°NW	97 cm de 5 a 6	10mm	Areia cinzenta a preta
6	N74°/82°NW		9mm	Não

Fonte: Mavulule; Victorino (2024)

Caracterização das fracturas do stop 1

No primeiro *stop* foram observadas quatro fracturas, numeradas de 1 a 4 na Tabela 4, juntamente com os restantes dados obtidos de acordo com os parâmetros geotécnicos definidos. Assim, apresenta-se a seguinte caracterização geotécnica.

Quanto ao espaçamento

Relativamente ao espaçamento das fracturas, Hudson (1976) refere que as medições deste parâmetro devem ser realizadas utilizando uma fita graduada (fita métrica). O espaçamento médio é determinado pela razão entre o somatório das distâncias medidas entre as fracturas e o número total dessas discontinuidades.

Para avaliar o grau de proximidade entre fracturas, a Sociedade Internacional de Mecânica das Rochas (1981) estabelece os seguintes critérios:

- Muito afastadas: distância superior a 200 cm
- Afastadas: entre 60 e 200 cm
- Mediamente afastadas: entre 20 e 60 cm
- Próximas: entre 6 e 20 cm
- Muito próximas: inferior a 6 cm

Com base nas medições efectuadas no *stop* 1, verificou-se que:

- As fracturas 1 e 2 são mediamente afastadas, separadas por 60 cm.
- As fracturas 2 e 3 distam 22,5 cm, sendo também mediamente afastadas.
- As fracturas 3 e 4 apresentam uma distância de 39,2 cm, classificando-se igualmente como mediamente afastadas.

O espaçamento médio das fracturas observadas é de 30,425 cm, conforme demonstrado no cálculo apresentado a seguir.

$$e = \frac{l}{n}$$
$$e = \frac{121.7cm}{4}$$
$$e = 30.425cm$$

Quanto à abertura

Relativamente ao parâmetro abertura das fracturas, Pereira (2013) refere que as medições devem ser realizadas com instrumentos adequados para determinar a distância entre as duas paredes da fractura. O autor salienta ainda que uma fractura pode apresentar maior abertura à superfície e, com o aumento da profundidade, reduzir alguns milímetros ou até mesmo encontrar-se fechada. Para determinar se uma fractura está aberta ou fechada, a ISRM (1978, 1981) estabelece critérios baseados no afastamento entre as paredes, classificando-as da seguinte forma:



- Muito apertadas: abertura inferior a 0,1 mm
- Apertadas: entre 0,1 e 0,25 mm
- Parcialmente abertas: entre 0,25 e 0,5 mm
- Abertas: entre 0,5 e 2,5 mm
- Moderadamente largas: entre 2,5 e 10 mm
- Muito largas: entre 10 e 100 mm
- Extremamente largas: entre 100 e 1000 mm
- Cavernosas: abertura superior a 1000 mm

Com base nas medições efectuadas no *stop* 1, verificou-se que todas as fracturas são moderadamente largas, com aberturas compreendidas entre 2,5 e 10 mm: a primeira fractura apresenta 8 mm, a segunda 6 mm, a terceira 10 mm e a quarta 7 mm.

Quanto ao preenchimento

No que respeita ao preenchimento das fracturas, Pereira (2013) e Gomes (2008) definem este parâmetro como a porção de material existente entre as paredes de uma descontinuidade, desde que exista abertura. As fracturas podem apresentar preenchimento total ou parcial constituído por diversos materiais, tais como minerais (calcite, quartzo), materiais detríticos (clastos, conglomerados) ou solos (argilas, areias, siltes), com diferentes graus de consolidação ou cimentação. O preenchimento pode ainda resultar de materiais externos ou da própria rocha-mãe, devido a processos de intemperismo. Os autores destacam que o material de preenchimento pode ser observado a olho nu, com lupa ou ao microscópio, devendo a sua descrição considerar tipo, granulometria e cor. De acordo com estas recomendações e com as observações realizadas durante o levantamento de campo no *stop* 1, constatou-se que nenhuma das fracturas apresenta indícios de preenchimento, excepto a quarta fractura, que se encontra totalmente preenchida por areia vermelha, de granulação fina e ligeiramente compacta.

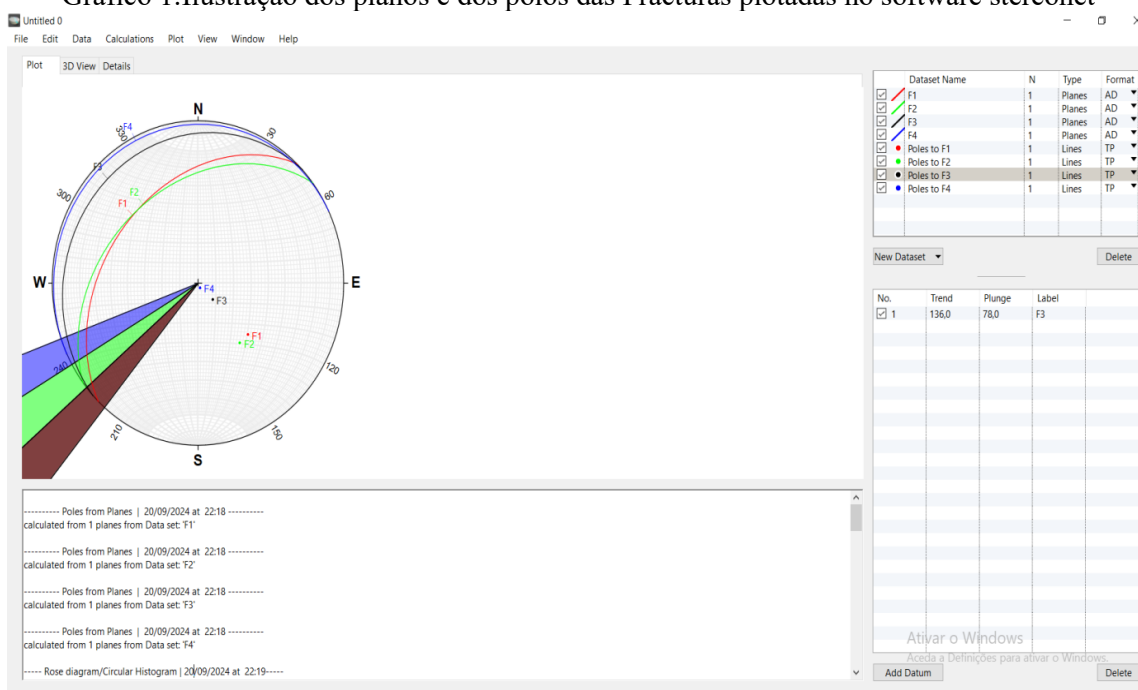
Quanto ao número de famílias

No que diz respeito ao número de famílias das descontinuidades, Wolpp (2018) refere que este é definido com base no paralelismo entre as descontinuidades, podendo, em alguns casos, existir famílias isoladas. Allmendinger (2020) acrescenta que, com o auxílio do software

Stereonet, é possível determinar o número de famílias através da observação do paralelismo dos dados relativos às suas orientações geológicas. Assim, os dados recolhidos no campo — em particular as orientações das fracturas —, quando plotados na rede de Schmidt e no diagrama de rosetas do software Stereonet, permitiram observar que todos os planos das fracturas são paralelos, o que indica que todas pertencem a uma única família, conforme ilustrado na figura seguinte.

Se quiser, posso também rever o parágrafo anterior ou o seguinte para garantir uniformidade em todo o capítulo.

Gráfico 1: Ilustração dos planos e dos pólos das Fracturas plotadas no software stereonet



Fonte: Mavulule; Victorino (2024)

Caracterização das fracturas do stop 2

No segundo stop, foram observadas 6 fracturas que na tabela 5 estão ordenadas de 1 a 6 junto com outros dados referentes aos parâmetros geotécnicos, por isso, tem-se a seguinte caracterização geotécnica:

Quanto ao espaçamento

No que diz respeito ao espaçamento das fracturas, Hudson (1976) refere que as medições deste parâmetro devem ser realizadas com o auxílio de uma fita graduada (fita métrica). O espaçamento médio é determinado pela razão entre o somatório das distâncias

medidas entre as fracturas e o número total das mesmas. Para avaliar o grau de proximidade entre fracturas, a Sociedade Internacional de Mecânica das Rochas (1981) estabelece os seguintes critérios:

- Muito afastadas: distância superior a 200 cm
- Afastadas: entre 60 e 200 cm
- Mediamente afastadas: entre 20 e 60 cm
- Próximas: entre 6 e 20 cm
- Muito próximas: inferior a 6 cm

Com base nas medições efectuadas no *stop 2*, foi possível constatar que:

- As fracturas 1 e 2 são próximas, separadas por 27 cm.
- As fracturas 2 e 3 também são próximas, com uma distância de 19 cm.
- As fracturas 3 e 4 são afastadas, distando 83 cm.
- As fracturas 5 e 6 são igualmente afastadas, com 97 cm de separação.

O espaçamento médio da primeira família (fracturas 1, 2, 3 e 4) é de 32,25 cm, enquanto o espaçamento médio das fracturas 5 e 6 é de 48,5 cm, conforme demonstrado nos cálculos apresentados a seguir.

Cálculo do espaço médio da família 1

$$e = \frac{l}{n}$$
$$e = \frac{129cm}{4}$$
$$e = 32,25cm$$

Cálculo do espaço médio da família 2

$$e = \frac{l}{n}$$
$$e = \frac{97cm}{2}$$
$$e = 48,5cm$$

Quanto à abertura

Relativamente ao parâmetro abertura das fracturas, Pereira (2013) refere que as medições devem ser realizadas com instrumentos adequados para determinar a distância entre as duas paredes da fractura. O autor salienta ainda que uma fractura pode apresentar maior abertura à superfície e, com o aumento da profundidade, reduzir alguns milímetros ou até mesmo encontrar-se fechada. Para determinar se uma fractura está aberta ou fechada, a ISRM (1978, 1981) estabelece a seguinte classificação, baseada no afastamento entre as paredes:

- Muito apertadas: abertura inferior a 0,1 mm
- Apertadas: entre 0,1 e 0,25 mm
- Parcialmente abertas: entre 0,25 e 0,5 mm
- Abertas: entre 0,5 e 2,5 mm
- Moderadamente largas: entre 2,5 e 10 mm
- Muito largas: entre 10 e 100 mm
- Extremamente largas: entre 100 e 1000 mm
- Cavernosas: abertura superior a 1000 mm

Com base nas medições efectuadas no *stop 2*, verificou-se que:

- A primeira fractura (32 mm), a segunda (20 mm), a terceira (11 mm) e a quarta (15 mm) são muito largas, situando-se no intervalo de 10 a 100 mm.
- A quinta fractura (10 mm) e a sexta (9 mm) são moderadamente largas, com aberturas entre 2,5 e 10 mm.

Quanto ao preenchimento

No que respeita ao preenchimento das fracturas, Pereira (2013) e Gomes (2008) definem este parâmetro como a porção de material existente entre as paredes de uma descontinuidade, desde que exista abertura. O preenchimento pode ser total ou parcial e constituído por diversos materiais, tais como minerais (calcite, quartzo), materiais detríticos (clastos, conglomerados) ou solos (argilas, areias, siltes), com diferentes graus de consolidação ou cimentação. Pode ainda resultar de materiais externos ou da própria rocha-mãe, devido a processos de intemperismo. Os autores destacam que o material de preenchimento pode ser observado a olho nu, com lupa ou ao microscópio, devendo a sua descrição considerar tipo, granulometria e cor. De acordo com as observações realizadas no *stop 2*, constatou-se que a

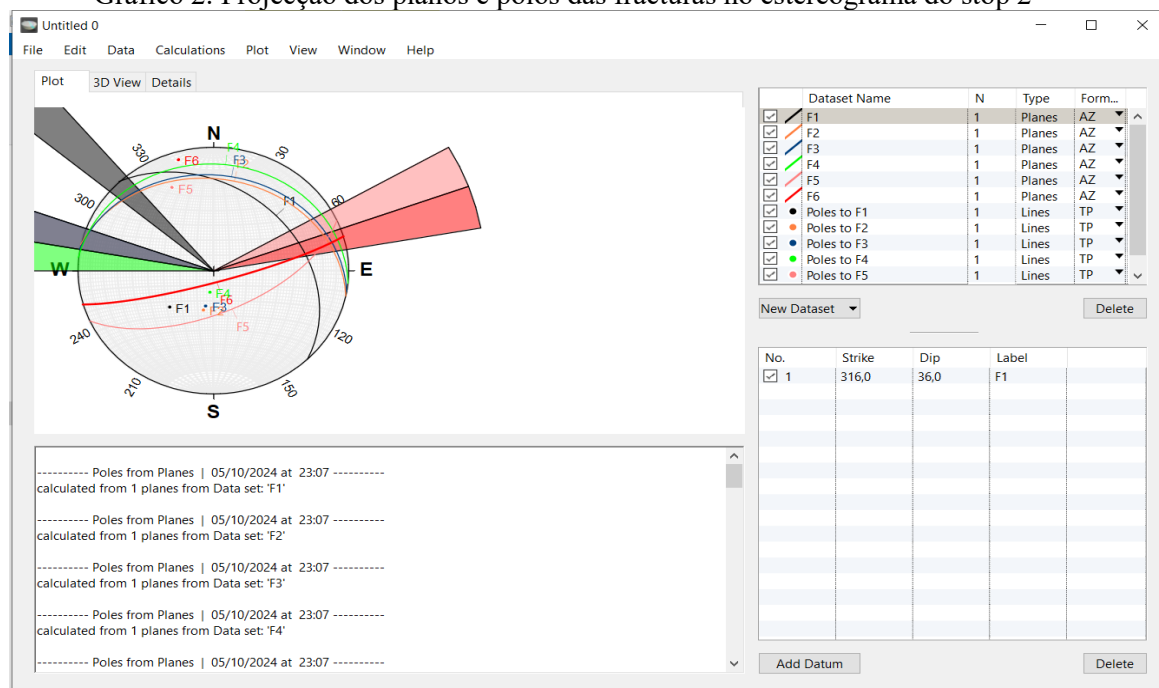
maioria das fracturas não apresenta qualquer indício de preenchimento, excepto a quinta fractura, que se encontra totalmente preenchida por areia cinzenta a preta, de granulação fina e ligeiramente compacta.

Quanto ao número de famílias

No que diz respeito ao número de famílias de descontinuidades, Wolpp (2018) refere que este é determinado com base no paralelismo entre as descontinuidades, podendo existir famílias isoladas. Allmendinger (2020) acrescenta que, com o auxílio do software Stereonet, é possível identificar o número de famílias através da análise do paralelismo dos dados de orientação geológica. Assim, os dados recolhidos no campo — particularmente as orientações das fracturas —, quando plotados na rede de Schmidt e no diagrama de rosetas do software Stereonet, permitiram observar o paralelismo entre determinados planos de fractura, possibilitando identificar duas famílias:

- a primeira com orientação NE,
 - a segunda com orientação NW,
- conforme ilustrado na figura seguinte.

Gráfico 2: Projecção dos planos e pólos das fracturas no estereograma do stop 2



Fonte: Mavulule; Victorino (2024).

CONCLUSÃO

Os carbonatitos do Monte Xiluvo, no distrito de Nhamatanda (Sofala), concretamente na área de exploração da mineradora Promac Lda., apresentam, por observação directa, fracturamento significativo e intrusões de rochas basálticas. A determinação dos parâmetros geotécnicos permitiu efectuar o levantamento de dados em campo, recorrendo a instrumentos e critérios específicos: a bússola geológica do tipo Burton para registar as orientações das fracturas; a fita métrica graduada para medir parâmetros como o espaçamento e a abertura; e a observação directa, a olho nu e com auxílio de lupa, para identificar eventuais materiais de preenchimento. A partir da avaliação dos parâmetros geotécnicos nos dois *stops* das frentes de exploração, foi possível concluir o seguinte:

Espaçamento:

- No *stop* 1, as fracturas apresentam um espaçamento médio de 30,425 cm, sendo classificadas como mediamente afastadas. No *stop* 2, as fracturas 1, 2, 3 e 4 apresentam um espaçamento médio de 32,25 cm, enquanto as fracturas 5 e 6 apresentam 48,5 cm. Todas se enquadram igualmente na categoria de mediamente afastadas.

Abertura:

- No *stop* 1, as fracturas apresentam aberturas entre 2,5 e 10 mm, classificando-se como moderadamente largas, segundo a Sociedade Internacional de Mecânica das Rochas. No *stop* 2, as fracturas 1, 2, 3 e 4 são muito largas, com aberturas entre 10 e 100 mm, enquanto as fracturas 5 e 6 são moderadamente largas, com aberturas entre 2,5 e 10 mm.

Preenchimento:

- A maioria das fracturas dos dois *stops* não apresenta qualquer indício de preenchimento. As excepções são a quarta fractura do *stop* 1 e a quinta fractura do *stop* 2, ambas totalmente preenchidas por areia de cor vermelha, de granulação fina e ligeiramente compacta.

Número de famílias:



- Com base nas orientações recolhidas em campo e tratadas no software Stereonet 11, verificou-se que o *stop* 1 apresenta uma única família de fracturas. No *stop* 2 foram identificadas duas famílias, formando um sistema de fracturamento distinto.

RECOMENDAÇÕES

Com base no trabalho realizado e nas conclusões obtidas, apresentam-se as seguintes recomendações para a mineradora e para estudos futuros: Realização de estudos geotécnicos adicionais na matriz, com enfoque na resistividade do maciço, de modo a determinar o tipo de explosivo mais adequado e, assim, minimizar a geração de fracturas induzidas

REFERÊNCIAS

- DUARTE, R. S. **Análise cinemática e aplicação do método Q-slope em maciço rochoso marginal à rodovia ES-482 / Rafael Spilaris Duarte**. Biblioteca do Campus Cachoeiro de Itapemirim: Renata Lorencini Rizzi CRB6-ES nº 085, 2022.
- GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. São Paulo: Atlas, 4 Edição, 2002.
- GOMES, I. P. **A importancia das fracturas no desenvolvimento de feicoes cársticas em calcários da formacao Jandaíra (Cretácio da Bacia Potiguar)**, Filipe Guerra-RN (Mestrado em Geologia) Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal do Ceará, 2008.
- GTK2. **Noticia explicativa 2**. Geology of Degree Sheets, Espungabera/Chibabava, Nova/Mambone, Massangena, Chidoco, Save/Bazaruto, Chicualacuala, Machaila, Chigubo, Mabote/Vilanculos, Rio Singuédzi/Massingir, Rio Changana, Funhalouro/Inhambane, Chilembene, Chókwè, Zavala/Inharrime, Maputo, Xai-Xai/Zavala and Bela-Vista, República de Mocambique: Ministerio dos recursos minerais, 2006.
- MINISTÉRIO DE ADMINISTRAÇÃO ESTATAL. **Perfil do distrito do Nhamatanda provincia de Sofala**. Nhamatanda: Ministerio da Administracao Estatal, 2005, disponivel em: <http://www.govnet.gov.mz..>
- NUMMER, A. V. **Parâmetros Geológicos-Geotécnicos Controladores dos Movimentos de Massa na Rota do sul/RS 486-ITATI**, RS (Doutoramento em Engenharia) Programa Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal Rio de Janeiro. Porto Alegre, 2003.
- PEREIRA, M.. **Utilizacao de parametros de furacao para previsoes geologico e geotecnicas na fase de execucao de obras subterraneas** (Mestrado em Geologia). Faculdade de Ciências, Universidade Porto, 2013.
- WOLPP, L. F.. **Caracterização e Classificação Geomecanica de um Talude da Santa Helena Mineração LTDA**. Araxa (Bacharel em Engenharia de Minas), Curso de Engenharia de Minas, Centro Federal de educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET/MG 2018.