

CAPÍTULO 13

NOVA SISTEMÁTICA DE AVALIAÇÃO ESTRUTURAL DE JAZIDAS DE ROCHAS ORNAMENTAIS

Vanildo Almeida Mendes¹, Julio César de Souza, Oberdan José de Santana

RESUMO

A análise estrutural de um maciço rochoso constitui uma ferramenta de fundamental importância no planejamento da lavra de rochas ornamentais. O texto em tela, trata de estudos desenvolvidos na pedreira do Granito Frevo, o qual compreende um paragneisse migmatizado de cor róseo-avermelhado.

Os parâmetros obtidos durante o levantamento foram tratados em projeção estereográfica (rede de Schmidt), com a finalidade de determinarem-se os eixos de compressão máxima e mínima. A análise do fraturamento distinguiu duas direções principais do cisalhamento dispostas nas direções 50°Az e 350°Az, com fraturas de tensão orientadas nos intervalos de 20° a 30°Az e 300° a 320°Az. A interpretação dos diagramas, conjugada com a análise do elipsóide de tensão, permitiu concluir que a melhor direção para se efetuar o corte da pedreira, de forma a provocar o alívio das tensões, sem fissurar à rocha é a de SE-NW.

INTRODUÇÃO

As dimensões e qualidade dos blocos obtidos nas operações de lavra dependem principalmente da natureza e equidistância dos fraturamentos associados à distribuição das tensões atuantes em um maciço rochoso.

Esta pesquisa foi realizada em um amplo maciço aflorante do migmatito róseo-avermelhado, situado no município de Sertânia-PE. Durante o transcorrer das atividades foi realizado, em consonância com o estudo estrutural da área, o mapeamento geológico de detalhe do setor, em escala 1:1000.

Para a análise destas deformações rupturais, inicialmente efetuou-se a medição e caracterização geométrica dos cisalhamentos observados, incluindo as fraturas verticais e as preenchidas por veios pegmatíticos. Em seguida, foi elaborado o tratamento dos dados, através do método de projeção estereográfica (rede de Schmidt), determinada a distribuição das tensões ao longo maciço e a melhor direção de corte para a abertura da pedreira.

¹ Mestrando PPGEMinas/UFPE. E-mail: vamendes@cprm.gov.br

LOCALIZAÇÃO

A área estudada situa-se no Sítio Jaú, distando cerca de 10 km a sudeste do município de Sertânia, na Região Semi-árida do Estado de Pernambuco. Compreende um maciço aflorante, com cerca de 220 m de extensão, por 150 m de largura e altura média de 10 m. Topograficamente destaca-se no relevo arrasado que circunda a área, dispendo-se na direção ESE – NNW em concordância com a estruturação regional (figura 1).



Figura 1: Mapa de Situação da Pedreira do Sítio Jaú

CONTEXTO GEOLÓGICO DA PEDREIRA

Em termos geológicos o jazimento insere-se no Terreno Alto Moxotó, mais precisamente nos gnaisses mesoproterozóicos do Complexo Sertânia, localmente submetida à intensa migmatização. A rocha mostra-se constituída por faixas cinza-escura com leitos de tonalidade róseo-avermelhada, os quais se apresentam deformados e dobrados. Os níveis róseo-avermelhados constituem o denominado neossoma e possuem composição granítica, sendo formados essencialmente por quartzo, K-feldspato e pontuações de biotita. As faixas escuras correspondem ao paleossoma, mostram-se ricas em biotita, contendo ainda quartzo e granada. Tal composição, rica em alumossilicatos confirma uma origem paraderivada para a rocha. No geral, trata-se de um biotita gnaisse granadífero intensamente migmatizado, onde se observam estruturas flebíticas, nebulíticas e localmente schlieren (Figura 2).

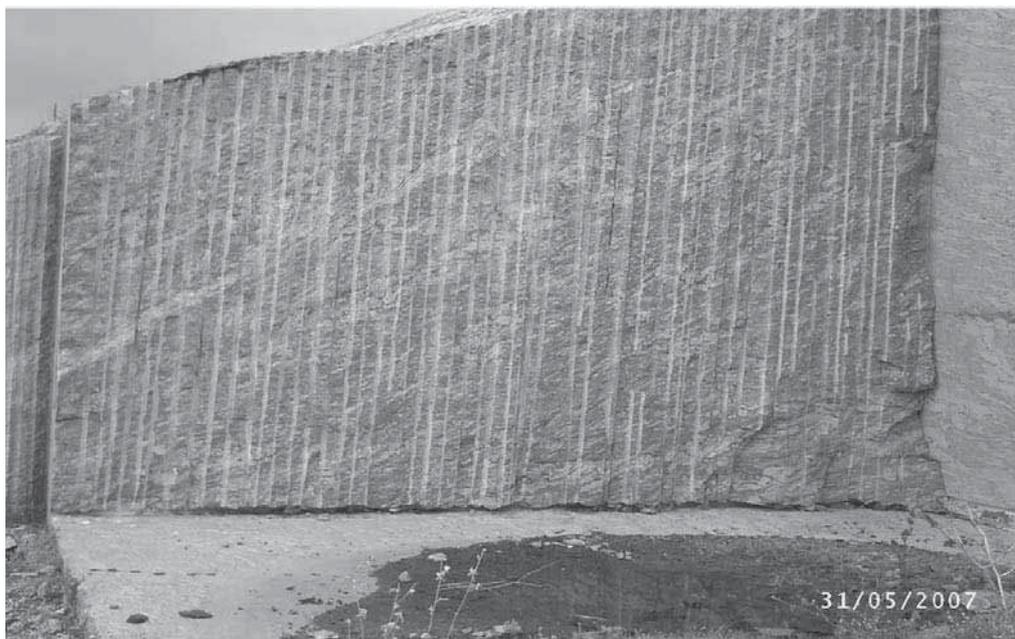


Figura 2I: Vista do Migmatito em bancada, onde nota-se a intensa deformação plicativa a que foi submetido.

O estudo em secção delgada identificou uma textura lepidoblástica, bem orientada, com neossoma granular definido por níveis félsicos, intercalados com leitos máficos ricos em biotita, granada e opacos, contendo ainda quartzo e plagioclásio. A ausência de microfissuras e de minerais de alteração nos permite antever, que a rocha deve possuir baixo índice de porosidade e boa resistência mecânica, para aplicação em termos de material para fins ornamentais. Em placa polida, este migmatito se apresenta constituído por faixas alternadas de tonalidade róseo-avermelhada e preta. Os níveis félsicos mostram-se mais espessos, visivelmente dominantes e intensamente deformados. Tal feição empresta ao conjunto um aspecto uniforme e harmonioso, de rara beleza e notável aspecto estético-decorativo (figura 3).

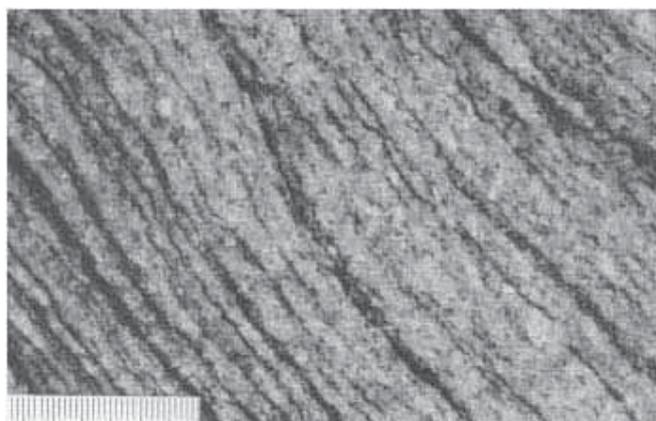


Figura 3: Feição em chapa polida do Granito Frevo

O maciço aflorante mostra-se pouco afetado por fraturas, veios, enclaves máficos, pegmatitos e corpos de leucogranitos. Além da pequena quantidade, tais imperfeições dispõem-se de forma espaçadas pelo afloramento, o que facilita as operações de exploração de blocos dentro dos padrões do exigente mercado internacional.

Em contato com estes migmatitos (vide mapa Geológico-Figura 4), têm-se biotita gnaisses granadíferos bastante deformados e eventualmente migmatizados, com neossoma rico em quartzo e plagioclásio. Tais paragnaisses ocorrem também como restitos, no interior da massa migmatítica de cor róseo-avermelhada. Dispostos de forma discordantes e em certos casos concordantes com a estrutura regional ocorrem corpos e diques de pegmatitos de coloração róseo-avermelhada e de leucogranitos equigranulares de granulação média, rico em quartzo, k-feldspato e com pouca biotita. Tais plutonitos, mostram-se destituídos de foliação e devem ter-se intrudidos na fase tardia pós-tectônica ao Neoproterozóico, o qual constitui o último evento que afetou a área.

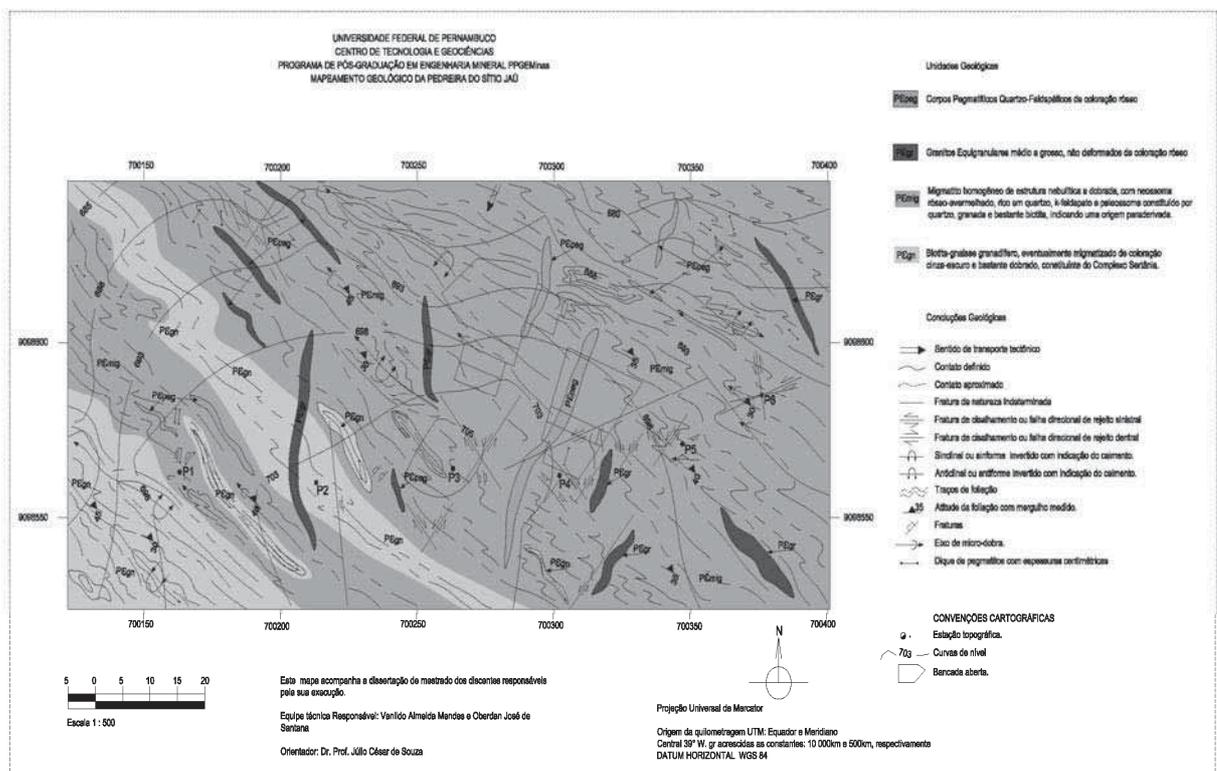


Figura 4: Mapa Geológico de Detalhe do Maciço Rochoso

Análise Estrutural da Área

A área em apreço foi palco de uma intensa atividade tectônica, documentada por 03 (três) fases de deformações plicativas. A primeira evidenciada pela foliação S_n e dobras intrafoliais apertadas, afetadas por dobramentos inclinados a recumbentes da fase F_2 de plano axial sub-horizontal com caimento do eixo entre 15° e 25° na direção $310^\circ Az$, sendo coaxial aos dobramentos anteriores.

Tais deformações foram geradas em um regime nitidamente tangencial, o qual foi responsável também pelo alto grau metamórfico (fácies anfíbolito), que afetou toda esta seqüência metasedimentar. Progressivamente a área foi palco da atuação de uma tectônica de fase transcorrente, a qual originou as dobras F_3 de plano axial sub-vertical e deformou os dobramentos pretéritos, tendo inclusive afetado e crenulado a foliação S_n e S_{n+1} . Observa-se ainda o fechamento da foliação formando estruturas dômicas tipo padrão casca de ovos, correspondendo provavelmente a figuras de interferência tipo I de Ransay (1967).

Como resultado deste esforço compressivo e da tectônica transcorrente que atuou sobre a área, originaram-se fraturas de cisalhamento nas direções $50^\circ Az$ e $350^\circ Az$, com movimentos de rejeito sinistral e dextral respectivamente. Convém frisar, que tais fraturas acham-se relacionadas às direções de falhamento regionais. Tal disposição das estruturas rúpteis, quando confrontadas com a foliação S_n de direção $300^\circ Az$, permite afirmar que os cisalhamentos em questão, constituem um par conjugado, estando o eixo de compressão máxima τ_1 disposto na bissetriz do ângulo formado entre os dois cisalhamentos, isto é na direção $30^\circ Az$, enquanto as fraturas de tensão situam-se nos intervalos de 20° a $30^\circ Az$ e 300° a $320^\circ Az$ respectivamente.

Análise do Fraturamento e Uso das Técnicas de Projeção Estereográfica

Além do mapeamento e levantamento detalhado das estruturas detectadas, foi executado um processamento minucioso dos dados relativos aos planos de fraturas, e em seguida criado um banco de dados, para a elaboração de futuros modelos de descontinuidades. Posteriormente os parâmetros obtidos sobre o fraturamento estudado foram tratados e correlacionados com a interpretação dos mesmos através do diagrama de rosetas.

Análise dos diagramas de projeção estereográfica (figuras 5 e 6) e o de rosetas (figura 7) mostram que as fraturas de cisalhamento detectadas dispõem-se nas direções $350^\circ Az$, com movimento dextral e $50^\circ Az$ de rejeito sinistral. Tais fraturamentos formam um par conjugado, cuja bissetriz do ângulo formado pelo cruzamento destes cisalhamentos, corresponde à direção de compressão máxima atuante representada por Π_1 . A interpretação destes diagramas, representada na figura VI permite visualizar que paralela ao Π_1 ($30^\circ Az$), têm-se uma direção de fraturas de tensão, e uma outra também de distensão perpendicular ao eixo de compressão máxima e disposto nas direções 300° a $310^\circ Az$.

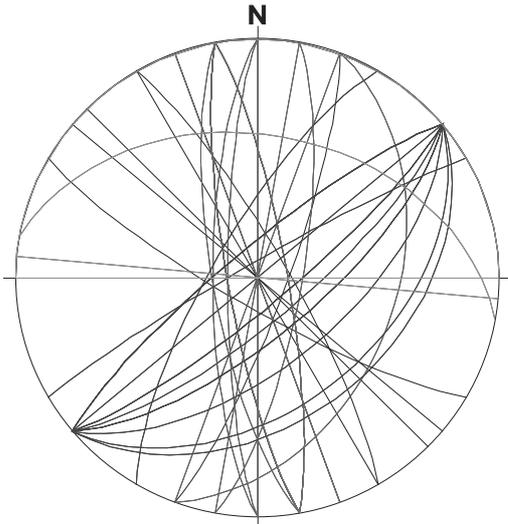


Figura 5: Diagrama da Rede de Schmidt, onde os planos azuis e vermelhos constituem o par conjugado de cisalhamento

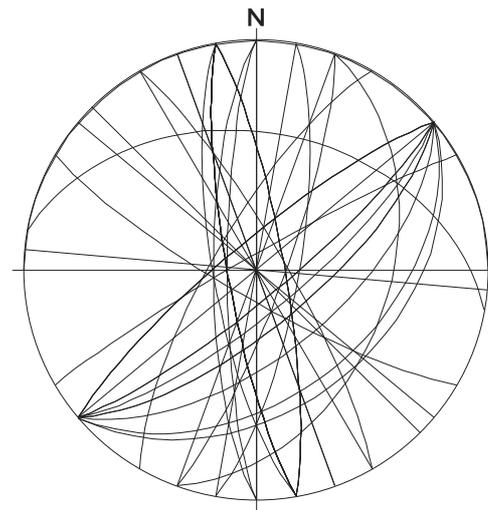


Figura 6: Diagrama da rede de Schmidt com os planos de fratura de cisalhamento, cuja bissetriz do ângulo formado entre eles representa a direção de compressão máxima.

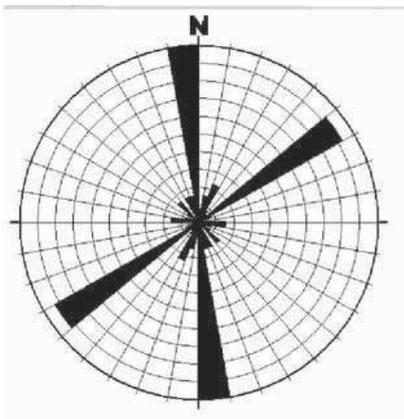


Figura 7: Diagrama de rosetas onde se visualiza um par conjugado nas direções 50° Az e 3500Az.

A correlação destas estruturas, com a análise dos sigmóides, observados em bancada aberta na rocha (figura 8), confirma que as deformações plicativas citadas no item anterior, apresentam mergulho da foliação para NE e sentido de transporte tectônico para SW, ao longo de uma direção compressiva SW-NE.



Figura 8: Pela disposição dos sigmóides observa-se o sentido de transporte tectônico para SW.

Convém salientar que as fraturas sub-horizontais somente, foram detectadas em corte de bancada, não sendo visualizadas nos afloramentos em planta. Em certos casos encontram-se preenchidas por minerais de argila e não foram originadas durante a atuação do esforço compressivo tangencial de amplitude regional, que afetou intensamente a região, mas sim durante a ascensão do material.

A reorientação deste strain (ϵ_1), também explica o porque da disposição de fraturas associadas à distensão, orientadas nos intervalos de 15° a 20° Az e entre 270° a 300° Az respectivamente.

Discussão dos Resultados

Sabe-se que a disposição do fraturamento observado em um determinado padrão de orientação, natureza e equidistância são resultantes dos esforços atuantes sobre o maciço. A análise da fig. VI permite visualizar, que a partir da definição do elipsóide de tensão, podem ser definidas as direções de tensões máxima e mínima atuantes sobre o corpo rochoso e conseqüentemente no elipsóide de deformação, têm-se posicionado as estruturas deformacionais geradas pelo campo de tensões atuantes.

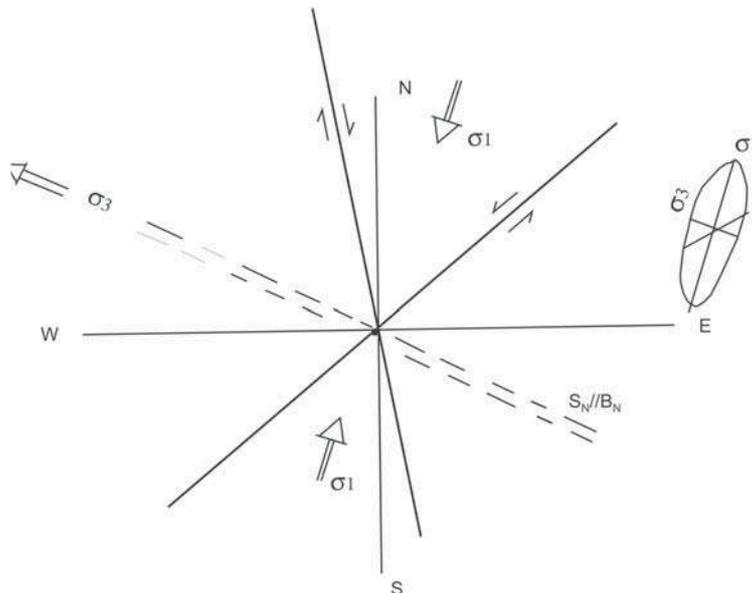


Figura 9: Mostra o par conjugado formado pelas fraturas de cisalhamento, o eixo de compressão máxima e o elipsóide de tensão.

A análise estrutural do afloramento e a interpretação dos diagramas acima expostos mostram, de acordo com o elipsóide de tensão, que a melhor direção para a abertura da pedra deverá ser a de 300° Az, disposta perpendicular ao eixo de compressão máxima (τ_1), e paralela ao de tensão mínima ϵ_3 . O corte da pedra, a ser dado nesta, direção deverá propiciar o alívio do maciço e em seguida deve-se processar a extração dos blocos com eixo maior paralelo a direção de estruturação da rocha.

Tal interpretação é de suma importância para a condução das futuras operações de exploração, inclusive para a obtenção do nível de qualidade desejado, para o bloco extraído, cujo padrão depende do controle das superfícies de fraqueza da rocha. Em síntese, o conhecimento prévio destas discontinuidades possibilita estabelecer-se um correto planejamento das futuras operações de extração, as quais deverão ser adaptáveis a cada situação.

Salienta-se que o tratamento das informações contidas no mapa geológico da pedra, em modelo 3D, permitiu visualizar o comportamento tridimensional dos sistemas de fraturas ora analisados.

Tal modelamento, quando associado à interpretação dos diagramas das figuras III e IV e do elipsóide de tensão vêm reforçar a assertiva na qual a direção de 3000Az constitui a melhor direção para o corte de abertura da pedreira. Tal consideração é confirmada pela abertura de bancadas segundo esta concepção, durante as operações de lavra experimental desenvolvida no local e que propiciou a retirada de blocos dentro dos padrões de qualidade exigidos pelo mercado.

CONCLUSÕES

O estudo em apreço mostra que nas operações de lavra em maciço rochoso, o conhecimento da distribuição das fraturas e da orientação do campo de tensões atuantes sobre o mesmo é de fundamental importância, para o planejamento das futuras operações de exploração. Sabe-se que a correta visualização tridimensional dos planos de fratura, permite a definição não apenas do correto sentido de abertura da pedreira, mas também o tamanho e orientação dos blocos a serem extraídos.

Convém frisar, que o levantamento estrutural de detalhe, seguido do estudo do campo de tensões atuantes sobre o maciço, constituem ferramentas importantes para o planejamento das operações de extração. Entretanto, devem ser complementados pela modelagem tridimensional das estruturas, uso do extensômetro e do GPR (Ground Penetration Radar).

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- BARBOSA, A. J.; PAIVA, I. P. Sistemática metodológica baseada em fatores físicos das rochas e infra-estrutura, para uso em mapas de atratividade econômico-geológica de rochas para fins ornamentais. Recife; CPRM, 1998 (inédito).
- LOCZY, L.; LADEIRA, E. A. – Projeção Estereográfica Aplicada a Geologia Estrutural IN Geologia Estrutural e Introdução a Geotectônica. Editora Brücher. São Paulo. 1976-627 p.
- HOLANDA, C. J. de CUNHA, A. C. da; SILVA, F. A. F.; SERENO FILHO, J. A. Catálogo dos Granitos do Estado de Pernambuco-Minérios de Pernambuco. Recife, 1987. 109p.
- MEDEIROS, V. C. de – Folha Garanhuns- SB. 24_X_B-Integração Geológica - Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil-CPRM-Recife, 1998.
- SANTOS, E. J. do Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Folha Floresta-SC. 24_X-A: Província Borborema, Nordeste do Brasil. Integração Geológica e Metalogenética Escala. 1:250. 000
- PAIVA, I. P. - Rochas Ornamentais de Pernambuco - Folha Belém do São Francisco Escala: 1: 250.000-CPRM-Recife, 2000(inédito).
- MENDES, V. A.; PAIVA, I. P, Rochas Ornamentais de Pernambuco - Folha Garanhuns Escala 1:250. 000-CPRM-Recife, 2003 (inédito).