

APLICAÇÃO DO MÉTODO RQD PARA ANÁLISE DO QUARTZITO BACARAT DA MINA COREAÚ

APPLICATION OF THE RQD METHOD FOR THE ANALYSIS OF BACARAT QUARTZITE FROM THE COREAÚ MINE

Fábio José Bezerra de Sousa*
Francisco Diones Oliveira Silva**

RESUMO

O mercado de rochas ornamentais é um dos setores da mineração que apresentou grande crescimento no Brasil. Diversos estados brasileiros possuem a produção das rochas ornamentais com diferentes características, ainda que na mesma litologia, bem como possuem dificuldade para a exploração de cada material, haja vista as condições geológicas de cada mina. Ao mesmo tempo há a constante demanda do mercado por produtos inéditos e que se adequem às necessidades de uso. Sob tais perspectivas há em atividade, no Ceará, a mina com produção de quartzito branco, comercialmente denominado Bacarat. A mesma possui em seu processo de lavra algumas dificuldades relacionadas à presença de trincas, ao mesmo tempo que planeja expandir as frentes de lavra e, para tanto, realizou uma campanha de sondagem, de modo a realizar uma análise estrutural dos testemunhos recuperados através do método RQD e análise das características do material quanto a cor. Deste modo, uma vez recuperados e analisados os testemunhos de sondagem, o material foi classificado, segundo os parâmetros do método, como frágil e bastante frágil, estando em geral abaixo dos 25%, condição atribuída às famílias de juntas e trincas identificadas nas faces do material ao longo de todo o corpo geológico. Ao mesmo tempo o material recuperado apresentou, em geral, as mesmas características do material lavrado quanto ao tom branco. Desse modo, a lavra deverá tender um padrão vertical, ao mesmo tempo que são propostos mecanismos disponíveis no mercado que potencializem a recuperação e produção, como o envelopamento dos blocos e bancadas, a redução da altura de corte destas últimas e também a variação da sequência de cortes com o fio diamantado para destacamento das bancadas.

Palavras-chave: Rocha ornamental. Análise estrutural. Lavra.

ABSTRACT

The ornamental stone market is one of the mining sectors that has shown great growth in Brazil. Several Brazilian states have the production of ornamental rocks with different characteristics, although in the same lithology, as well as having difficulty in the exploitation of each material, given the geological conditions of each mine. At the same time, there is a constant market demand for new products that adapt to the needs of use. From such perspectives, there is a mine in operation in Ceará with the production of white quartzite, commercially called Bacarat. It has in its mining process some difficulties related to the presence of cracks, at the same time it plans to expand the mining fronts and, for that, it carried out a drilling campaign, in order to carry out a structural analysis of the cores recovered through the method RQD and

* Aluno do Curso de Bacharelado em Engenharia de Minas da Universidade Federal do Ceará – Campus Crateús – E-mail: fabiojose@alu.ufc.br.

** Geól, Dr. e Professor do Curso de Bacharelado em Engenharia de Minas da Universidade Federal do Ceará - Campus – E-mail: franciscodiones@crateus.ufc.br.

analysis of material characteristics in terms of color. Thus, once the drill cores were recovered and analyzed, the material was classified, according to the parameters of the method, as fragile and quite fragile, being generally below 25%, a condition attributed to the families of joints and cracks identified on the faces of the material throughout the entire geological body. At the same time, the recovered material presented, in general, the same characteristics of the mined material regarding the white tone. In this way, the mining should tend to a vertical pattern, while mechanisms available on the market are proposed that enhance recovery and production, such as the enveloping of blocks and benches, the reduction of the cutting height of the latter and also the variation of the sequence. of cuts with diamond wire to detach the benches.

Keywords: Ornamental rock. Structural analysis. Mining.

Data de Submissão: 22/07/2022.

Data de aprovação: 22/07/2022.

DOI:

1 INTRODUÇÃO

No mercado de commodities relacionadas à mineração, as rochas ornamentais compõem um setor particular no qual o Brasil apresentou crescimento nos últimos anos, inclusive no cenário internacional. Tal setor se mantém ativo com a descoberta de perfis de rochas com novas características nos estados brasileiros, seja na cor ou no desenho apresentado, o que gera também uma relativa volatilidade dos preços entre novos e antigos tipos de rocha.

As rochas ornamentais estão muito associadas com o setor de construção civil, no qual as propriedades mecânicas e físicas, como resistência ao impacto e ao atrito, grau de porosidade, grau de refração da luz, entre diversas outras, proporcionam a definição dos nichos de aplicação, como por exemplo, se serão para uso em pisos ou revestimentos, para áreas molhadas ou não, para zonas de grande ou pequeno tráfego de pessoas, entre diversos outros, de modo que, quanto melhor corresponder as necessidades de uso, maior será o proporcional custo associado aquele tipo de rocha.

Uma outra condição que deve ser considerada, e que envolve o preço de mercado de determinado tipo de rocha, é o volume natural disponível para ser explorado, que, quando baixo, representa exclusividade do material e, portanto, valoriza o produto.

No Brasil, segundo os dados de Chiodi (2021), em 2019 os estados que se destacaram na produção de rochas ornamentais foram Espírito Santo com 2.8 M de toneladas, Minas Gerais com 1.8 M de toneladas, Bahia com 1.2 M toneladas e Ceará com 1.0 M de toneladas, os quais apresentam ainda uma diversidade de produtos gerados e que abastecem o mercado interno e externo.

Adicionalmente, Chiodi (2021) destaca que o Brasil apresentou alta no mercado de exportação nos últimos 20 anos, com um faturamento de R\$ em 489 milhões em 2000 para R\$ 5.132 milhões em 2020, o que demonstra a relevância do setor mineral no país.

Acerca da exploração do material, há diversas dificuldades que variam de acordo com a natureza da rocha e com o contexto geológico associado, o que promove também as características exclusivas em rochas ornamentais. Nesse contexto, no Ceará ocorre a formação de um tipo de quartzito, denominado comercialmente como Bacarat, característico pelo tom de branco puro e pelo produto de primeira categoria apresentar baixa ou nenhuma quantidade de trincas e fissuras, ao mesmo tempo que aquele com menor padrão possui trincas e juntas

aparentes.

A empresa responsável pela lavra é a Coreaú Minerações LTDA, a qual é pertencente ao grupo IMARF Limestones e Granitos, com sede em Fortaleza. O grupo empresarial possui mais de 43 anos de experiência, com a produção de uma grande variedade de materiais e tipologias de rochas, que estão aplicadas nos mais diversos empreendimentos, seja no estado, país e exterior, contemplando prédios públicos e privados, justificando o reconhecimento como uma das referências ramo de produção de rochas ornamentais.

Entretanto, apesar de haver a exploração de um quartzito com características únicas no país, conforme as especificidades destacadas, o aproveitamento de produção pode ser considerado baixo, parâmetro atribuído principalmente pelo fato do corpo geológico possuir diversas famílias de trincas e fissuras em suas orientações, o que reduz o nível de produção e exige maior atenção no dia a dia da lavra.

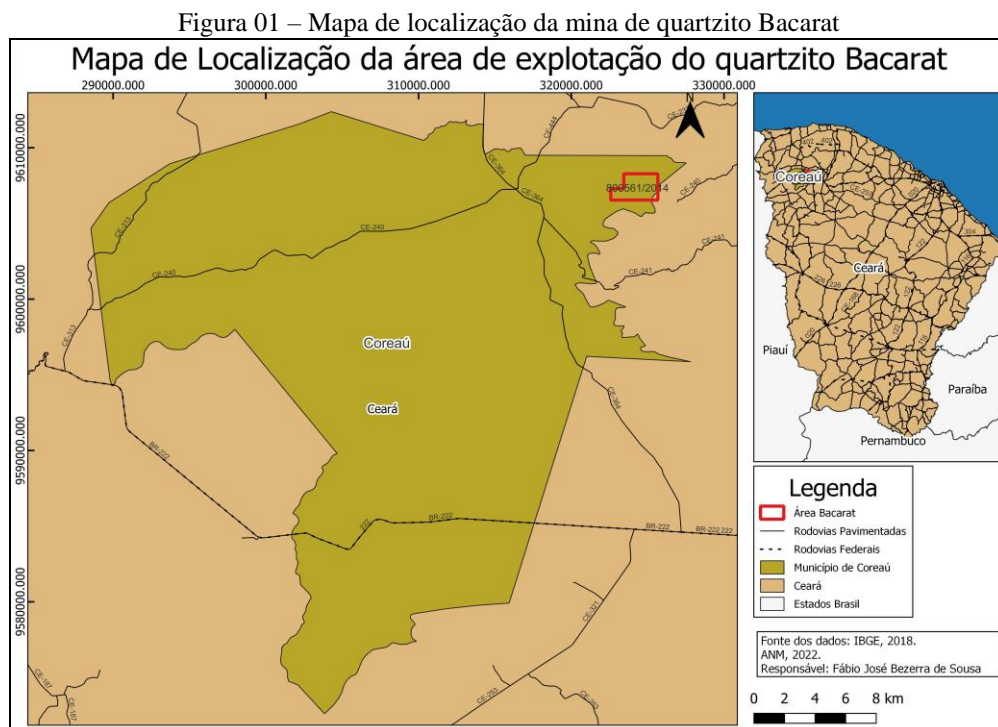
Para tanto, dentro da proposta da empresa, foi realizada, no primeiro semestre de 2022, uma campanha de sondagem na área, de modo a determinar novas frentes de lavra para o planejamento a curto prazo.

Desse modo, o objetivo desta pesquisa é realizar uma análise de testemunhos de sondagem pelo método de RQD (*Rock Quality Designation*) para o auxílio na determinação das novas aberturas de frentes com base nos parâmetros estruturais básicos relacionados, além de promover a avaliação das características geológicas do material.

2 CARACTERÍSTICAS DA MINA COREAU

2.1 Localização

A mina do quartzito Bacarat está localizada na porção nordeste da zona rural do município de Coreaú, como descrito na Figura 01, a 290 km da capital do estado. Ela é caracterizada por ser no modelo a céu aberto com registro de processo na ANM (Agência Nacional de Mineração) n° 800.561/2014, substituindo o anterior processo n° 800.352/2006, abrangendo ainda uma área de 452,42 hectares.



Fonte: Elaborado pelo autor.

2.2 Características da mineração

O método de lavra da mina Coreaú é a céu aberto, executada no formato de C, o qual possibilita a observação do comportamento estrutural e a identificação das trincas e fissuras no corpo conforme os avanços, além de permitir a manutenção do padrão de design característico do quartzito comercializado.

O corpo geológico está relativamente compactado espacialmente, o que promove a necessidade de uma operação que intercale o desenvolvimento contínuo dos acessos, lavra e gerenciamento das zonas de materiais descartados.

O desmonte da mina é necessariamente mecanizado, devido à existência das diversas fraturas no material, o que promove algumas dificuldades na operação e também a necessidade de equipe mais experiente e capacitada atuante. Além disso, por tratar-se de um quartzito, os equipamentos possuem maior desgaste, haja vista a natureza do material ser muito duro, o que tende a diminuir a vida útil dos mesmos e, ao mesmo tempo, exige a necessidade de melhor gerenciamento dos mesmos.

O escoamento do material é realizado através de caminhão prancha, o qual é facilitado pelas vias de acesso existentes como a CE 240, que encontra-se próxima à mina e que conduz também ao centro da cidade de Coreaú, situado a cerca de 20 km, com a adição do restante do trecho em pavimento o que reduz o risco de acidentes e desgaste do material.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

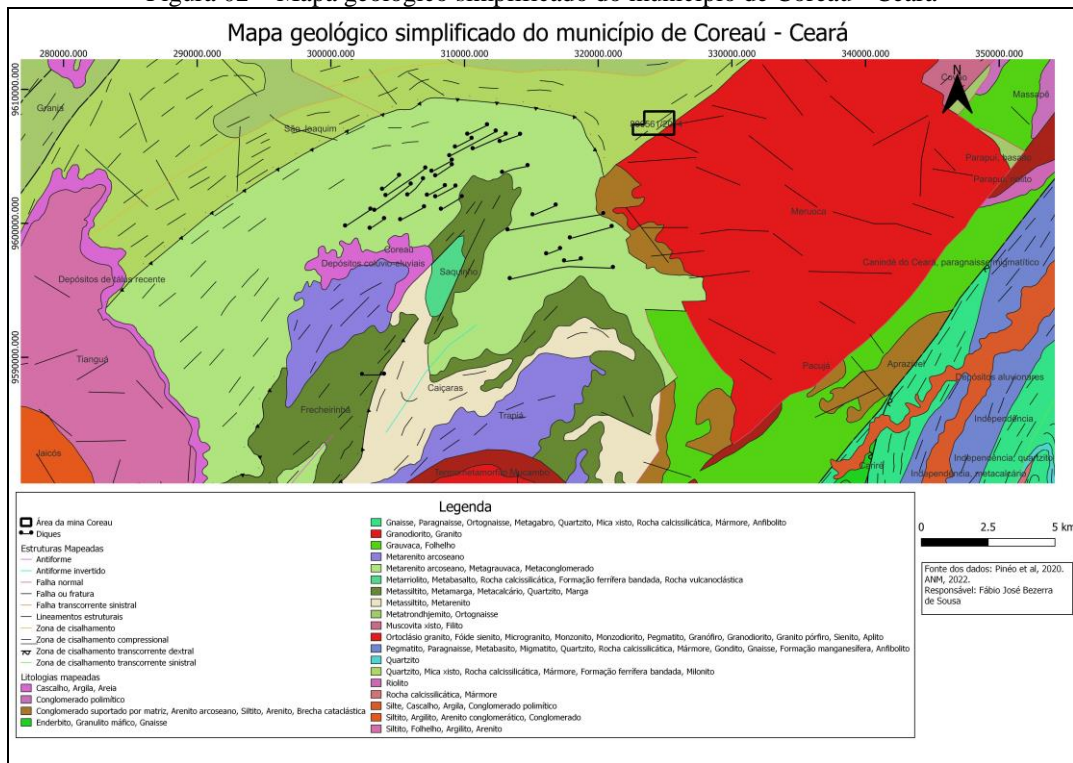
3.1 Contexto geológico

A área da mina de Coreaú está inserida na zona da Província Borborema, no Grupo Martinópole, o qual é constituído por muscovita-sericita xistos, estaurolita xistos, muscovita-clorita xistos, cianita xistos, paragnaisse e lentes de quartzito, conforme Neves (1975). A área é pertencente ainda a Formação São Joaquim, definida por Prado *et al.* (1981) com composição predominantemente de quartzitos puros e micáceos, contendo cianita, slimanita e muscovita.

No período de conhecimento e exploração de campo foi constatado que o corpo geológico possui formato quase elíptico, com dimensões aproximadas de 300m de comprimento, 110m de largura e 200m de altura acima do nível do solo. No que se refere ao contexto geológico adicional do material da capa, tem-se a descrição da área apresentada na Figura 02, adaptada de Pinéo *et al.*, (2020), de modo que a mesma encontra-se inserida na formação Coreaú composta de arenitos arcóseos com intercalações de pelitos, próximo a uma zona de cisalhamento compressional, que representa um grande estresse de tensões. Estas são refletidas no material, que possui diversas famílias de trincas ao longo de todo o corpo, resultando em especificidades de lavra para maior aproveitamento.

As estratigrafias secundárias estão definidas como complexo granja: ortognaisse TTG associado a migmatito bandado localmente milonitizado e suíte intrusiva Meruoca: biotita e/ou hornblenda granito, monzonito e sienito, grossos e porfiroídes.

Figura 02 – Mapa geológico simplificado do município de Coreaú - Ceará



3.2 O índice RQD

O índice RQD foi criado por Deere, em 1964, e corresponde a um parâmetro de análise inicial e classificação da rocha, partindo da quantificação do testemunho de sondagem. Ao mesmo tempo, a determinação do RQD auxilia na base de avaliação dos fatores estruturais como estabilidade da rocha, identificação de falhas, entre outros. O parâmetro RQD é determinado conforme a fórmula abaixo:

$$RQD(\%) = \frac{\sum Li(> 10cm)}{L} \times 100$$

Onde: L: Comprimento total furado numa manobra $L = \sum Li$

Alves (2005) destaca que o índice RQD permite primordialmente, uma quantificação da qualidade do maciço em relação ao seu fraturamento, também servindo como mecanismo de análise geomecânica.

Deste modo, o RQD estabelece um índice de grande suporte no conhecimento interno do material, que pode ser determinado de maneira relativamente simples e com baixo custo, comparado a métodos mais elaborados como o método de acompanhamento de movimento das trincas e fissuras a partir de lasers ou mesmo aqueles que envolvam a análise gráfica e estatística através de softwares, os quais, embora mais precisos, demandam maior tempo. Além disso, as informações relacionadas podem ser determinadas de modo rápido, sem a necessidade de grandes mecanismos tecnológicos.

A classificação do material descrita pelo índice RQD pode ser realizada conforme a Tabela 01, descrita abaixo:

Tabela 01 – Classificação dos maciços a partir do parâmetro RQD

RQD	Qualidade do maciço rochoso
0 - 25%	Muito fraco
25 - 50%	Fraco
50 - 75%	Razoável
75 - 90%	Bom
90 - 100%	Excelente

Fonte: Adaptado de Deere e Deere (1989)

O método RQD é aplicado aos testemunhos, que correspondem às peças coletadas nas manobras de sondagem. Tais peças auxiliam, entre outras características, na avaliação das espessuras de camadas do material de interesse, conhecimento prévio do comportamento geomecânico interno conforme os avanços, além de serem utilizados para a construção de ensaios em laboratório para a determinação de índices mais precisos como resistência do material ao impacto, cor, grau de desgaste por atrito, entre diversos outros aplicados ao campo de rochas ornamentais.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a campanha de sondagem foi utilizado o maquinário de sondagem rotativa hidráulica MACH 920, a qual permite avanços com angulações de 0° a 90° a partir da base estacionária. A campanha durou 30 dias com uma perfuração final de 184 metros com um total de 10 furos. Estes foram construídos no sentido horizontal e vertical e distribuídos no perímetro do corpo, posicionados desde o topo do corpo, para estruturar uma cubagem do volume de material para desmonte, até pontos favoráveis às novas aberturas de frentes de lavra no mesmo nível da atual execução, considerando ainda o histórico da mina. A locação dos furos apresentava uma distância mínima de 50 metros entre sí, quando estes estavam no mesmo nível. O maquinário e uma das caixas de testemunho recuperados são apresentados na Figura 03.

Figura 03 – Maquinário de sondagem e testemunhos gerados – (a) Aplicação da máquina Mach 920 em um dos furos (b) Modelo de caixa com testemunhos de sondagem recuperados



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na escolha das coordenadas de cada furo, foi realizado um estudo preliminar de campo observando as características do material minerado, bem como a proximidade das zonas de acesso e traslado dos maquinários existentes, assim como as demais instalações de suporte das atividades da mina.

Para a determinação dos pontos de sondagem foi considerado também o planejamento futuro da mina, considerando os critérios de expansão das vias de acesso,

definição de novas zonas de bota fora, controle dos impactos ambientais possíveis, principalmente com relação a ação do vento para carreamento do material particulado para zonas agrícolas vizinhas, dimensionamento da camada de capeamento do material entre outros fatores que influenciam diretamente no custo de produção, assim como vida útil da mina.

Os testemunhos recuperados nas sondas foram lavados e armazenados nas caixas de maneira correspondente a posição de avanço, para a eventual aferição de tamanhos e características visuais, sendo realizado o imediato registro. Posteriormente, as caixas foram identificadas e cobertas com lona para conservação do material e utilização em ensaios futuros.

Para a determinação do parâmetro RQD os testemunhos foram medidos individualmente com uma trena metálica de mão, registrando-se todas as informações pertinentes à localização do metro perfurado e as fatias passíveis de aplicar o método, numa planilha previamente ajustada para o modelo descrito.

Posteriormente foram realizados os cálculos de determinação do RQD e registro em nova planilha. Os resultados podem ser visualizados de modo integral no Anexo I.

5 RESULTADOS

5.1 Descrição geológico-estrutural do quartzito Bacarat

O quartzito lavrável é composto por mais de 92% de quartzo leitoso em tons variando de branco a bege claro com a presença de faixas escuras de argila intercaladas nas camadas, além de possuir um alto grau de fraturas, preenchidas ou não.

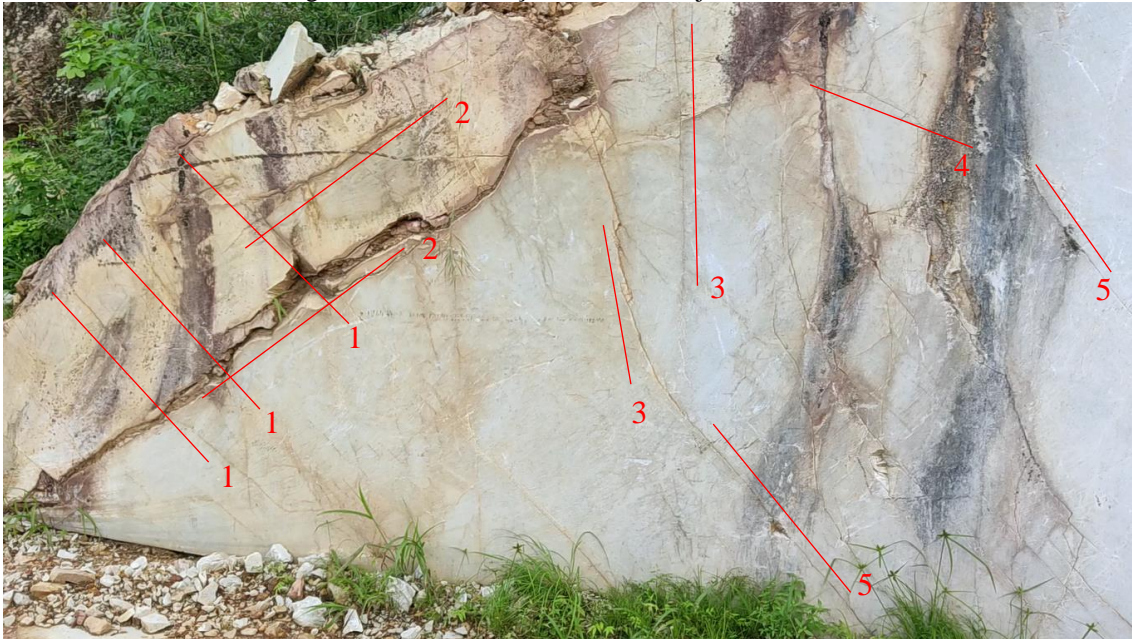
O corpo encontra-se em um vale cercado por morros maiores, o que, ao longo dos períodos geológicos, pode representar uma zona de acumulação de água e, possivelmente, deterioração do material pela aceleração da etapa de intemperismo químico.

A camada de capa pode ser definida como um material estratificado e dobrado, principalmente a partir do topo em direção a oeste, cobrindo um dos comprimentos do corpo. A outra metade resultante do movimento de dobra, e que cobriria o material lavrável, sofreu o intemperismo, ação que possibilitou a visualização da camada de quartzito como está atualmente. Adicionalmente uma camada de solo encontra-se definida, variando de centímetros a metros em alguns pontos do topo do morro.

As faces ao longo do corpo apresentam famílias de fissuras e trincas com variação de aberturas desde milímetros até a casa de centímetros as quais, por vezes, apresentam-se preenchidas, seja por material como o pó de talco, resultante do intemperismo do material lavrável ou da camada de capeamento, seja com resquícios de água.

No período de conhecimento de campo para definição dos pontos de sondagem, foram identificadas pelo menos 6 famílias de trincas e juntas as quais, por diversas vezes se cruzam e possuem direção para a parte interna do corpo. Estas famílias se apresentam nas duas faces ortogonais previamente lavradas, mesmo em diferentes alturas dentro da mina, possibilitando identificar os encontros gerados entre as mesmas. Numa mesma família, as trincas e fissuras são afastadas irregularmente, podendo variar de centímetros a metros em alguns trechos, das quais algumas podem ser identificadas na Figura 04.

Figura 04 – Identificação das trincas e juntas numa das faces



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os encontros de trincas, descritos anteriormente, permitem ainda, a formação de cunhas, como descrito na Figura 05, e a possibilidade do desprendimento de material durante o processo de lavra, o que se torna prejudicial para a produção, considerando ainda as possíveis perdas de blocos e bancadas que possuam algumas destas famílias e que sofram pela propagação dos esforços resultantes do destacamento. Algumas das zonas que possuem zonas de trincas mais perceptíveis a olho nu e que podem minorar a produção, entretanto, como as famílias de juntas foram identificadas em todo o comprimento do corpo, o processo de lavra necessita sempre lidar com as mesmas, ainda que me menor escala.

Figura 05 – Formação em cunha identificada



Fonte: Elaborada pelo autor.

Os esforços compressionais podem ser detectados, além das faces, pelo design das peças geradas, no qual a camada de material apresenta-se ondulada em pequenos comprimentos, ação decorrente do período de formação.

5.2 Análise do índice RQD

O material recuperado provou ser bastante fraturado, estando relacionado a propagação das famílias de trincas e fissuras detectadas ainda nas faces da superfície da rocha. Os pontos de sondagem escolhidos mostraram, a princípio, baixa recuperação, principalmente para a aplicação do método RQD. Os resultados da aplicação do método podem ser visualizados, de modo simplificado, na Tabela 02, descrita abaixo.

Tabela 02 – Resumo da aplicação do método RQD

Tabela Resumo da Aplicação de RQD para a campanha de sondagem					
Número do furo	Cota de altura (m)	Direção perfurada	Metragem perfurada total (m)	Somatório dos intervalos para RQD (cm)	RQD
Furo 1	160	Horizontal	30.00	494.00	16.47%
Furo 2	200	Vertical	20.00	0.00	0.00%
Furo 3	200	Vertical	15.00	0.00	0.00%
Furo 4	174	Vertical	20.00	73.50	3.68%
Furo 5	172	Permutado	-	-	-
Furo 6	177	Vertical	10.00	254.50	25.45%
Furo 7	179	Vertical	20.00	242.50	12.13%
Furo 8	178	Vertical	25.00	484.00	19.36%
Furo 9	175	Vertical	15.00	251.00	16.73%
Furo 10	150	Horizontal	10.00	143.00	14.30%
Furo 11	150	Vertical	10.00	273.00	27.30%

Fonte: Elaborado pelo autor.

O parâmetro RQD calculado mostrou-se baixo em todos os furos analisados, estando em maior parte abaixo dos 25%, quando aplicado a todo o comprimento do furo, sendo considerado muito fraco na classificação RQD. Entretanto, quando analisados os intervalos menores de um mesmo furo de sondagem, houve maior variação do índice de RQD e, portanto, a qualidade mecânica se apresentou parcialmente comprometida quando considerado todo o comprimento do furo correspondente.

Tais intervalos correspondem às fatias de materiais não recuperados, os quais podem ser interpretados como a existência de alguns veios secos na parte interna. Estes intervalos variaram desde centímetros a metros num mesmo furo ou, quando recuperados, consistiu num material bem frágil e com dimensões abaixo dos 10 centímetros, não sendo considerado para o cálculo.

Tal parâmetro é apresentado na Figura 06, referente ao Furo 8, o qual apresentou os intervalos do 7°, 9°, 11°, 21°, 22°, 23°, 24° e 25° metros, identificados da esquerda para a direita, sem material contabilizado para o índice RQD.

Figura 06 – Modelo de testemunhos com intervalos não recuperados



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os furos 1 e 10 construídos na direção horizontal e em locais com prévia atividade de lavra, apresentaram baixa recuperação de material intacto a ser contabilizado no RQD, o que pode ser indicativo de que as famílias de trincas detectadas apresentam maior quantidade de encontros na parte interna do corpo, ainda que em maiores distâncias perfuradas, como a do furo 1 com 30 metros, inviabilizando, a princípio, o avanço de lavra horizontal nesses setores.

Os furos 2 e 3, os quais foram locados no topo, apresentaram as mesmas características entre si, recuperando um material granular em quase todo o comprimento perfurado, o que demonstra a ação de intemperismo sob a camada mais frágil de capeamento que cobre o quartzito. Entretanto, essa mesma camada, apesar de frágil, revelou ser espessa, o que indica a necessidade de maiores custos com o desmonte para a liberação e avanço da lavra.

O furo 4, apresentou baixo percentual de RQD, de modo que, dentre o material recuperado, parte apresentava características similares aos furos do topo. Neste mesmo furo, a sonda apresentou perca após 20 metros.

O furo 5 foi realocado durante a fase de execução devido critérios de orçamento. Os furos 6, 7, 8 e 9 foram desenvolvidos na direção vertical e quase no mesmo nível de elevação. Destes, apenas o furo 6 apresentou um RQD maior que 25%, entretanto, é aquele com menor comprimento, uma vez que, durante o período de avanço da sonda, apresentou baixa recuperação após os 5 metros perfurados, proporcionando a paralização do mesmo.

O furo 11 foi construído na direção vertical próximo a zona mais recente de lavra, obtendo o maior valor do parâmetro RQD dentre os perfurados, o que mostrou maior estabilidade da camada.

A partir dos testemunhos de sondagem recuperados foi possível identificar ainda a existência do quartzito na mesma qualidade daquele produzido, exceto nos furos 2 e 3 que não possuíram material recuperado suficiente para a análise de cores. Entretanto, há algumas secções com contaminação nesse aspecto, descrito como cinza-azulado nos furos 4, 6, 7, 8 e

11, similar a cor do material de capa, que deverão ser observadas durante o período de lavra destes setores.

6 CONCLUSÃO

O método de análise estrutural por RQD se mostrou eficiente, ao mesmo tempo que auxiliou no planejamento a curto prazo, uma vez que os resultados alcançados demonstram que a lavra tenderá a seguir um padrão vertical. Entretanto, em paralelo a ação de lavra, são recomendadas as ações de conhecimento estrutural determinados por novas campanhas de sondagem, ainda que menor escala, mas que permitam o conhecimento imediato para o avanço da lavra com maior segurança e qualidade.

Como proposição das técnicas que potencializem a recuperação do material e consequente produção, são indicadas a aplicação do método de envelopamento do material, ainda nas bancadas, o que permitirá o controle de propagação das fissuras e trincas durante o corte. Ao mesmo tempo a redução do tamanho das bancadas e aumento do acamamento para tombamento são medidas imediatas que permitem maior controle sobre as mesmas.

Adicionalmente, pode ser alterada a sequência de cortes das bancadas e blocos pelo fio diamantado, iniciando-se pelos cortes laterais, reduzindo o prolongamento das trincas conforme os esforços dos próximos cortes, como o de levante. Ainda, é recomendada a continuidade de pesquisas voltadas para o campo estrutural que possam auxiliar para a continuidade de trabalhos a médio e longo prazo, aumentando a vida útil da mina.

REFERÊNCIAS

- ALVES, C. S. **Caracterização do maciço rochoso com o uso de testemunhos de sondagem na mina Ipueira 3, Andorinha – Bahia.** Campina Grande. Paraíba. 2005.
- CHIODI, C. F. **O desempenho brasileiro no setor de rochas ornamentais.** ABIROCHAS – Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais. Abril. 2021.
- DEERE, Don U.; DEERE, Don W. **Rock Quality Designation (RQD) after Twenty Years.** DEERE (DON U) CONSULTANT GAINESVILLE FL, 1989.
- DEERE, D. U. 1964. Technical description of rock cores for engineering purposes. *Rock Mechanics and Engineering Geology*, 1:17-22.
- PINÉO, T. G. R.; PALHETA, E. S. M.; COSTA, F. G.; VASCONCELOS, A.M.; GOMES, F. E. M.; BESSA, M. D. M. R.; LIMA, A. F.; HOLANDA, J. L. R.; FREIRE, D. P. C. **Mapa Geológico do Estado do Ceará.** Projeto Geologia e Recursos Minerais do Estado do Ceará. Escala 1:500.000. Fortaleza. CPRM, 2020, 1 mapa.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos a empresa Coreau Mineração LTDA e ao Grupo IMARF Limestones e Granitos pela disposição de espaço, colaboradores e tempo, além da confiança nos dados disponibilizados que puderam estruturar toda esta pesquisa.

ANEXO A – DADOS COMPLETOS DA ANÁLISE DO PARÂMETRO RQD NOS TESTEMUNHOS DE SONDAJEM

Tabela 1 – Análise do parâmetro RQD para os testemunhos recuperados

Número do furo	Posição	Análise	Intervalos para RQD	Somatório dos intervalos (cm)	RQD
Furo 1	1° metro		23.5 a 41; 52 a 66 e 86 a 96	41.50	41.50%
	2° metro		42.5 a 69 e 82 a 98	44.50	44.50%
	3° metro		Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	4° metro		71.5 a 83	11.50	11.50%
	5° metro		10 a 50 e 59 a 71	52.00	52.00%
	6° metro		3 a 22 e 88 a 99	30.00	30.00%
	7° metro		35 a 48	13.00	13.00%
	8° metro		Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	9° metro		Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	10° metro		33 a 44; 44 a 58; 60 a 71 e 78 a 98	56.00	56.00%
	11° metro		Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	12° metro		46.5 a 62 e 74 a 84	25.50	25.50%
	13° metro		3 a 33	30.00	30.00%
	14° metro		42 a 56 e 70 a 90	34.00	34.00%
	15° metro		16 a 33 e 44.5 a 56.5 e 68 a 78	39.00	39.00%
	16° metro		Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	17° metro		Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	18° metro		3 a 14 e 54.5 a 79	35.50	35.50%
	19° metro		26 a 37 e 67 a 77 e 78.5 a 99	31.50	31.50%
	20° metro		Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	21° metro		Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	22° metro		Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	23° metro		47 a 67 e 81 a 91	30.00	30.00%
	24° metro		Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	25° metro		Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	26° metro		Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	27° metro		Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	28° metro		Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%

Horizontal

		considerado		
	29° metro	1 a 20	20.00	20.00%
	30° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
		Soma	494.00	16.47%
Furo 2	1° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	2° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	3° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	4° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	5° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	6° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	7° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	8° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	9° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	10° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	11° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	12° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	13° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	14° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	15° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	16° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	17° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	18° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	19° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	20° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
		Soma	0.00	0.00%
Furo 3	1° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	2° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	3° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	4° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%

		considerado		
	5° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	6° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	7° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	8° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	9° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	10° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	11° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	12° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	13° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	14° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	15° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
		Soma	0.00	0.00%
Furo 4	1° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	2° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	3° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	4° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	5° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	6° metro	69 a 79 e 80 a 92	22.00	22.00%
	7° metro	73 a 83	10.00	10.00%
	8° metro	64 a 77.5 e 79 a 89	23.50	23.50%
	9° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	10° metro	59 a 87	18.00	18.00%
	11° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	12° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	13° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	14° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	15° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	16° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%

Vertical

		17° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
		18° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
		19° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
		20° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
			Soma	73.50	3.68%
Furo 5	Vertical	1	Realocado	-	-
				-	-
Furo 6	Vertical	1° metro	20 a 37	17.00	17.00%
		2° metro	1 a 29 e 52.5 a 83	47.50	47.50%
		3° metro	27 a 43; 45.5 a 74 e 78 a 96	62.50	62.50%
		4° metro	3 a 24.5; 26 a 38; 46 a 73 e 85 a 95	70.50	70.50%
		5° metro	21 a 37; 38 a 57; 58 a 69 e 84 a 95	57.00	57.00%
		6° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
		7° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
		8° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
		9° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
		10° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
				Soma	254.50
Furo 7	Vertical	1° metro	10 a 30; 36 a 51 e 57 a 84	62.00	62.00%
		2° metro	29 a 50 e 74 a 90	37.00	37.00%
		3° metro	1 a 11; 18 a 29; 39 a 52 e 53 a 73	55.00	55.00%
		4° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
		5° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
		6° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
		7° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
		8° metro	31 a 42	11.00	11.00%
		9° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
		10° metro	28 a 46; 57 a 68 e 70 a 82	41.00	41.00%
		11° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
		12° metro	1 a 14	14.00	14.00%
		13° metro	14 a 36	22.00	22.00%
		14° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%

	15° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%	
	16° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%	
	17° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%	
	18° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%	
	19° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%	
	20° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%	
		Soma	242.00	12.10%	
Vertical	Furo 8	1° metro	17 a 31	14.00	14.00%
	2° metro	81 a 97	16.00	16.00%	
	3° metro	28 a 60 e 62 a 73	43.00	43.00%	
	4° metro	45 a 85	40.00	40.00%	
	5° metro	66 a 77	11.00	11.00%	
	6° metro	34 a 75	41.00	41.00%	
	7° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%	
	8° metro	1 a 24	24.00	24.00%	
	9° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%	
	10° metro	60 a 81 e 82 a 92	31.00	31.00%	
	11° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%	
	12° metro	10 a 29.5 e 30 a 64	53.50	53.50%	
	13° metro	10 a 20 e 74 a 85	21.00	21.00%	
	14° metro	67.5 a 90	22.50	22.50%	
	15° metro	6 a 18 e 20 a 41	33.00	33.00%	
	16° metro	31 a 47	16.00	16.00%	
	17° metro	30 a 52	22.00	22.00%	
	18° metro	44.5 a 65.5; 66 a 76 e 79 a 94	36.00	36.00%	
	19° metro	47 a 65	18.00	18.00%	
	20° metro	35 a 62	27.00	27.00%	
	21° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%	
	22° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%	
	23° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%	
	24° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%	
	25° metro	10 a 25	15.00	15.00%	
		Soma	484.00	19.36%	
Vertical	Furo 9	1° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	2° metro	44 a 58 e 65 a 78	27.00	27.00%	

	3° metro	20 a 34 e 36 a 87	65.00	65.00%
	4° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	5° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	6° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	7° metro	1 a 20 e 30 a 44	34.00	34.00%
	8° metro	1 a 28; 29 a 39 e 50 a 60	48.00	48.00%
	9° metro	70 a 84 e 86 a 98	26.00	26.00%
	10° metro	33 a 43 e 70 a 94	34.00	34.00%
	11° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	12° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	13° metro	78 a 95	17.00	17.00%
	14° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	15° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
		Soma	251.00	16.73%
Furo 10	1° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	2° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	3° metro	50 a 60	10.00	10.00%
	4° metro	6 a 23 e 47 a 67	37.00	37.00%
	5° metro	4 a 17; 18 a 39; 40 a 51; 66 a 85 e 88 a 98	74.00	74.00%
	6° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	7° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	8° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	9° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	10° metro	14 a 24 e 63 a 75	22.00	22.00%
			Soma	143.00
Furo 11	1° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	2° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	3° metro	10 a 26; 32 a 45 e 53 a 63	39.00	39.00%
	4° metro	2 a 14	12.00	12.00%
	5° metro	1 a 42 e 42 a 65	65.00	65.00%
	6° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	7° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
	8° metro	2 a 42.5; 43.5 a 60.5 e 74 a	75.50	75.50%

92			
9° metro	9.5 a 32; 34 a 82 e 88 a 99	81.50	81.50%
10° metro	Não teve intervalo a ser considerado	0.00	0.00%
Soma		273.00	27.30%

Fonte: Elaborado pelo autor.

A tabela apresentada possui a descrição de “Não teve intervalo a ser considerado” utilizado para descrever aqueles intervalos perfurados que não tiveram peças recuperadas ou ainda que o material recuperado não possuiu as características para serem considerados no cálculo de RQD, seja por as fatias serem menores que 10 centímetros, seja pela característica do material.

ANEXO B – FIGURAS DAS CAIXAS DE TESTEMUNHOS DE SONDAGEM DOS FUROS REALIZADOS

Figura 01 – Caixas com testemunhos de sondagem do Furo 01



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 02 – Caixas com testemunhos de sondagem do Furo 02



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 03 – Caixas com testemunhos de sondagem do Furo 03



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 04 – Caixas com testemunhos de sondagem do Furo 04



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 05 – Caixas com testemunhos de sondagem do Furo 06



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 06 – Caixas com testemunhos de sondagem do Furo 07



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 07 – Caixas com testemunhos de sondagem do Furo 08



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 08 – Caixas com testemunhos de sondagem do Furo 09



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 09 – Caixas com testemunhos de sondagem do Furo 10



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 10 – Caixas com testemunhos de sondagem do Furo 11



Fonte: Elaborado pelo autor.