

## RQD EM IMAGENS DE TELEVISIONAMENTO E TESTEMUNHOS DE SONDAGENS

Mariane Borba de Lemos<sup>1</sup>; Marcelo Denser Monteiro<sup>2</sup>; Edilson Pizzato<sup>3</sup>, Hugo Cássio Rocha<sup>4</sup>, Daniela Garroux de Oliveira<sup>5</sup>, Tiago Fabrin Manzolli<sup>6</sup>

**Resumo** – Em projetos de obras subterrâneas, o conhecimento do maciço rochoso é de extrema importância para a previsão do comportamento do maciço e para a escolha do método construtivo. As investigações geotécnicas vêm sendo aprimoradas ao longo do tempo, com o desenvolvimento de novas tecnologias, como o televisionamento de sondagens, que permite a visualização direta da rocha em profundidade, fornecendo um maior conhecimento do maciço rochoso. Trata-se de uma tecnologia relativamente recente, porém já muito utilizada. Algumas projetistas defendem a substituição da classificação realizada em testemunhos de sondagens pela efetuada em imagens de televisionamento, pois estas indicam apenas as fraturas intrínsecas ao maciço e não são influenciadas pelo processo de perfuração e pelo desconfinamento das amostras, que ocorre durante a execução das sondagens. Não há no Brasil normas padronizando os parâmetros geomecânicos a serem obtidos em imagens de televisionamento. Alguns autores propuseram alguns métodos de interpretação e o presente trabalho tem como objetivo sugerir adequações na abordagem do cálculo do RQD à essa tecnologia. Para tanto, os índices foram calculados tanto em testemunhos de sondagem como em imagens de televisionamento, comparando o grau de influência de cada método de investigação na qualificação do maciço.

**Abstract** – In underground works the knowledge of the rock mass is of extreme importance to foresee its behavior, as well as a guide for the choice of the most suitable construction method. Some investigation methodologies have been implemented including innovations, such as the optical televiewer, which allows the direct visualization of the rock, allowing a better understanding of the rock mass. It's a fairly recent technology, however already widely used. Some designers suggest the replacement of the traditional borehole core investigation by the borehole televising method, claiming that it shows only the joints intrinsic to the rock mass, therefore, not influenced by the drilling process and pressure relief fracturing. However, in Brazil, there is a lack of any methodological standardization of such method and its generated products. Some authors have proposed some interpretation guidance for such case and this paper suggests adjustments to the approach of the Rock Quality Designation (RQD) to this technology. To do so, the indexes were calculated for borehole cores and televising images, comparing the influence of each method in the rock mass qualification.

**Palavras-Chave** – Televisionamento de sondagens, Índices de Qualidade de Rocha, IQR, RQD

---

<sup>1</sup> Geól, Msc student, Universidade de São Paulo, (11) 95398-7570, mariane.lemos@usp.br

<sup>2</sup> Geól, Msc, Companhia do Metropolitano de São Paulo (Metrô-SP), mdmonteiro@metrosp.com.br

<sup>3</sup> Geól, PhD, Universidade de São Paulo (11) 99144-4365, pissato@usp.br

<sup>4</sup> Geól, Msc, Companhia do Metropolitano de São Paulo (Metrô-SP), hcrocha@metrosp.com.br

<sup>5</sup> Geól, Msc, PhD Candidate, Herrenknecht AG, +49 1525 2006610, garroux.daniela@herrenknecht.de

<sup>6</sup> Geól, São Paulo-SP, (11) 99421-4416, tiagofmanzolli@gmail.com

## 1. INTRODUÇÃO

Em obras subterrâneas, a definição das características geológicas e geomecânicas dos materiais em estudo é de extrema importância para a previsão do comportamento do maciço e do método construtivo escolhido. Sendo assim, uma classificação adequada do maciço rochoso é essencial para o sucesso de uma obra.

Atualmente no Brasil, os métodos de classificação de maciços mais utilizados são os sistemas RMR (*Rock Mass Rating*), de Bieniawski (1989), e Q (*Rock Quality Index*), desenvolvido por Barton et al. (1974). Ambos os sistemas quantificam a qualidade do maciço rochoso levando em consideração alguns dos principais parâmetros geomecânicos do material.

Um fator considerado tanto no sistema Q quanto no RMR é o RQD (*Rock Quality Designation*). Desenvolvido por Deere et al. (1967), o fator consiste em um parâmetro que avalia a qualidade de uma rocha com base em seu grau de fraturamento por manobra de perfuração, a partir de análises de testemunhos de sondagens rotativas. O RQD é considerado uma adequação da medida da recuperação por manobra, onde fragmentos de rocha e trechos muito alterados não são contabilizados. É obtido pela relação entre o somatório dos fragmentos de testemunhos com comprimentos maiores ou iguais a 10 cm e o comprimento da manobra (*core run*).

Também é usual a utilização do RQD calculado para trechos de isofraturamento, considerando trechos com fraturamento homogêneo ao invés do comprimento da manobra. No Brasil, este índice é denominado IQR (Índice de Qualidade de Rocha). Atualmente, há no meio técnico inúmeras discussões acerca da metodologia adequada de obtenção do RQD, onde se questiona como deve ser utilizado nos principais métodos de classificação de maciços. Há muitos posicionamentos de projetistas favoráveis ao cálculo do IQR, realizado por trechos de isofraturamento. Em uma tentativa de avaliar as diferenças entre os dois métodos de cálculo do RQD, este trabalho apresenta os resultados de um estudo onde foi realizada a comparação entre o RQD calculado por comprimentos de manobras e por trechos de isofraturamento em testemunhos de sondagem.

Em paralelo, com o crescente uso do televisionamento de sondagens, em função dos bons resultados e de outras vantagens frente à observação de testemunhos, algumas projetistas recomendam o uso do televisionamento como principal ferramenta de avaliação de padrões de fraturamento, em detrimento dos testemunhos de sondagens. Por não existirem normas brasileiras específicas para o método, os principais textos orientativos são de Oliveira (2015) e a Especificação Técnica de televisionamento de sondagens do Metrô de São Paulo (CMSP, 2013), publicada inicialmente no estudo de Oliveira et al. (2012).

O presente estudo tem o objetivo de fornecer subsídios para a discussão da utilização da técnica de televisionamentos de sondagens na determinação do IQR, trazendo estudos comparativos entre os índices de qualidade de rocha medidos diretamente em testemunhos de sondagem e em imagens de televisionamento, analisando o grau de influência de cada método nas classificações geomecânicas de maciços rochosos. Para tanto, foi aplicado a utilização do RQD\* (RQD teórico) nas imagens de televisionamento, como sugerido por Oliveira et al. (2012).

## 2. RQD (*Rock Quality Designation*)

O índice RQD (Deere, 1967) representa o método pioneiro que tem como objetivo a avaliação quantitativa da qualidade de um maciço rochoso. Antes de sua criação, as informações acerca da qualidade de rocha eram provenientes apenas de descrições geológicas e da porcentagem de recuperação em furos de sondagem.

Foi desenvolvido como um aprimoramento da medida da recuperação por manobra para sondagens com diâmetro NX, onde fragmentos de rocha e trechos muito alterados não são contabilizados. Corresponde à relação, em porcentagem, entre o somatório dos fragmentos de testemunhos com comprimentos maiores ou iguais a 10 cm e o comprimento da manobra (*core run*), de acordo com a equação (1).

$$RQD = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} L_i}{L_m} \cdot 100\% \quad (1)$$

Onde,  $L_i$  representa o comprimento das peças maiores ou iguais a 10 cm e  $L_m$ , o comprimento total da manobra. Em sua determinação prática, todos os blocos com extensão maiores ou iguais a 10 cm e pouco alterados devem ser medidos e seus comprimentos devem ser somados para o cálculo do RQD.

O índice RQD também é usualmente calculado considerando trechos de fraturamento homogêneo, ao invés do comprimento das manobras. No Brasil este índice é denominado de IQR (Índice de Qualidade de Rocha) e pode ser definido como o percentual entre os comprimentos das peças de no mínimo 10 cm e o trecho de isofraturamento, de acordo com a equação (2) (ABGE, 2013).

$$IQR = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} L_i}{L_n} \cdot 100\% \quad (2)$$

Sendo  $L_i$  o comprimento das peças maiores ou iguais a 10 cm e  $L_n$  o comprimento do trecho de faturamento homogêneo.

O índice RQD foi rapidamente difundido no meio técnico, devido à simplicidade do método e grande aplicabilidade. A princípio, o índice RQD foi utilizado como único parâmetro para a caracterização da qualidade do maciço, como proposto por Deere et al. (1967). A partir dele eram definidos os sistemas de suporte e estaqueamento em escavações subterrâneas. Posteriormente, Bieniawisk (1973) e Barton et al. (1974) aplicaram o índice RQD na formulação de seus sistemas de classificação de maciços, RMR e Q respectivamente. Em ambos os sistemas, o RQD apresenta-se como um fator preponderante, influenciando na classificação da qualidade do maciço. O índice RQD apresenta, entretanto, algumas limitações, de acordo com Deere et al. (1989), o índice RQD não considera a orientação das descontinuidades e, em alguns casos, caracteriza o maciço com uma qualidade diferente da apresentada pela rocha, geralmente estimando qualidade inferior que a real, no chamado “*Red-Flag Effect of Low RQD*”. Tal efeito pode ser causado por erros técnicos durante o processo de perfuração (baixa recuperação e excesso de falhas mecânicas em sondagens mal executadas) e por razões naturais, (rupturas geradas por alívio de pressão no desconfinamento das amostras ou por perda de umidade).

Deere et al. (1967), sugeriu que o índice RQD pode ser obtido diretamente em maciços rochosos, de maneira análoga ao procedimento realizado em furos de sondagens, a partir da definição de linhas de medida (*scanlines*). De acordo com Deere et al. (1989), alguns autores propuseram correlacionar o índice RQD com o grau de fraturamento ou o volume de juntas, apresentando expressões matemáticas para realização de conversões, porém, Deere et al. (1989) adverte que tais correlações devem ser realizadas cautelosamente, uma vez que o índice RQD é influenciado por uma série de fatores, como grau de alteração, presença de planos de fraqueza e resistência da rocha ao processo de perfuração, e não apenas pelo grau de fraturamento.

A correlação entre fraturamento e RQD utilizada atualmente é a de Priest & Hudson (1976), que desenvolveram um método de cálculo do RQD, denominado RQD teórico (RQD\*) a partir da contabilização do número de fraturas em linhas de pesquisa (*scanlines*).

O RQD\* é calculado considerando o número de fraturas por metro ( $\lambda$ ) para trechos de fraturamento homogêneo, ou isofraturamento, a partir de uma função exponencial negativa, como visto na equação (3):

$$RQD^* = 100e^{-0.1\lambda(0.1\lambda+1)} \quad (3)$$

Os valores de RQD\* foram comparados com RQD obtidos a partir de furos de sondagem em dados experimentais por Priest & Hudson (1976) e, de acordo com os autores, a discrepância entre os valores estimados foi de no máximo 5%.

Oliveira et al. (2012) propõem a aplicação da metodologia de cálculo do RQD teórico em testemunhos virtuais de televisionamento de sondagens, de maneira análoga à uma *scanline*, baseando-se no espaçamento médio das fraturas para cada trecho de isofraturamento. A

utilização do RQD\* em imagens de televisionamento foi testada e os resultados obtidos serão apresentados neste estudo.

### 3. TELEVISIONAMENTO ÓPTICO DE SONDAGENS

O televisionamento óptico (*Optical Televiewer*) consiste em um método de aquisição de imagens, com varredura de 360° das paredes de um furo de sondagem, resultando em um “testemunho virtual de sondagem”, onde é possível identificar as principais feições litológicas e estruturais da superfície de perfuração. O equipamento de televisionamento consiste em uma sonda com corpo de aço, que apresenta em seu interior um sistema constituído por um espelho cônico, um anel de iluminação e uma câmera, além de magnetômetros e acelerômetros tri-ortogonais. Este sistema possibilita a filmagem em 360° das paredes de um furo de sondagem, resultando em imagens contínuas, orientadas e com controle de profundidade (Oliveira et al., 2012).

A partir da análise das imagens de televisionamento é possível identificar os seguintes parâmetros: tipo de litologia, grau de fraturamento, grau de alteração e a descrição das descontinuidades (Oliveira, 2015). Tais parâmetros podem ser aplicados diretamente na classificação de maciços rochosos, podendo eventualmente substituir ou complementar as análises realizadas nos testemunhos reais de sondagem.

Baillet (2012) afirma que a aplicação da técnica de televisionamento pode reduzir o tempo e o custo da campanha de investigação de projeto, pois possibilita a realização de furos destrutivos, sem coleta de testemunhos, que podem ser substituídos por filmagens subsequentes. Outra vantagem é a possibilidade de observar os trechos não recuperados em sondagens convencionais, utilizando a técnica de televisionamento, tais trechos podem ser analisados e devidamente caracterizados.

Além disso, de acordo com Baillet et al. (2002), a filmagem de furos de sondagem traz a possibilidade da caracterização detalhada das descontinuidades. Com ela é possível observar com maior veracidade a abertura de fraturas, juntas e falhas. No processo de retirada de amostras, os preenchimentos de descontinuidades muitas vezes não são recuperados, pois geralmente trata-se de materiais finos ou granulares que podem ser facilmente lavados durante o processo de perfuração. Tal fato, além de causar uma caracterização deficiente do maciço, também resulta em um mal posicionamento das fraturas, alterando as estimativas de RQD e afetando a subsequente classificação do maciço.

O autor também afirma que outra vantagem da utilização da técnica de televisionamento é a medida do grau de fraturamento que pode apresentar maior acurácia em imagens de televisionamento do que em testemunhos de rocha. Testemunhos de sondagem muitas vezes apresentam um grau de fraturamento maior do que o fraturamento real, observado no maciço rochoso. Isso se deve à vibração gerada no processo de perfuração e retirada de amostras que pode causar rupturas, causando quebras mecânicas, que em alguns casos são indistinguíveis das fraturas naturais (Baillet, 2012). O processo de retirada de testemunhos também pode gerar fraturas ocasionadas por alívio de pressão devido o desconfinamento da amostra (Oliveira, 2015). As rupturas causadas por desconfinamento são observadas com frequência em testemunhos de sondagem, em rochas foliadas e estratificadas, como gnaisses, arenitos e basaltos acamadados.

### 4. MÉTODOS DE OBTENÇÃO DE DADOS

Os estudos foram realizados em parceria com a Companhia do Metropolitano de São Paulo (Metrô - SP), no decorrer dos seus estudos de investigação geológico-geotécnica em fase de Projeto Básico.

Foram contempladas amostras pertencentes aos gnaisses migmatíticos do Complexo Embu, retiradas na região do Capão Redondo, extremo sul do Município de São de Paulo, além de granitos e gnaisses, por vezes milonitizados, associados ao Complexo Embu, localizados na zona leste da cidade São Paulo e no Município de Guarulhos.

A análise dos testemunhos de sondagem foi realizada através da determinação dos seguintes parâmetros geotécnicos: cálculo de recuperação por manobra, delimitação de trechos de isofraturamento, avaliação do grau de fraturamento e determinação do RQD, calculado para trechos de isofraturamento ( $RQD_i$ ) e por manobras ( $RQD_m$ ). Tais parâmetros foram obtidos seguindo as recomendações presentes nas “Diretrizes de Classificação de Sondagens” (ABGE, 2013).

Os índices RQD calculados por manobras foram confrontados com aqueles obtidos por trechos de isofraturamento. Pelo fato de tais índices serem obtidos em trechos distintos, os valores foram comparados em trechos pré-definidos de 20 cm, possibilitando a avaliação de seus comportamentos ao longo das perfurações.

Após as classificações dos testemunhos de sondagens, as respectivas imagens de televisionamento foram analisadas. Foram identificados nas imagens de televisionamento o grau de fraturamento e o Índice de Qualidade de Rocha, por meio do  $RQD^*$ , para cada furo analisado. Estes parâmetros foram obtidos utilizando os trechos de isofraturamento determinados previamente nos testemunhos de sondagem, permitindo comparações posteriores.

## 5. RESULTADOS OBTIDOS

### 5.1. RQD por manobra versus RQD por isofraturamento

Com o objetivo de avaliar a qualidade de representação do RQD calculado em trechos de isofraturamento e do RQD obtido a partir dos comprimentos de manobras de perfuração, tais índices foram obtidos em testemunhos de sondagens e seus valores foram comparados. No total, foram avaliados 366,14 metros de testemunhos, contemplando rochas gnáissicas e graníticas do Complexo Embu (São Paulo, Brasil). Devido ao fato dos índices serem obtidos em trechos distintos, a comparação foi realizada pontualmente, em intervalos de 20 centímetros ao longo da perfuração. Dessa forma, foram obtidos 1971 pontos de comparação. Para cada ponto, foi calculado a diferença ( $D_i$ ) entre os índices (Equação 4), possibilitando quantificar a discrepância de representação de cada método de obtenção do RQD.

$$D_i = RQD_m - RQD_i \quad (4)$$

Sendo  $RQD_m$ , o índice obtido por manobras e  $RQD_i$ , obtido por trechos de isofraturamento. Dessa forma, valores de  $D_i$  positivos representam um valor de RQD por manobra maior que o RQD por isofraturamento, para um mesmo ponto de análise. Já valores negativos representam RQD por manobra menor que o RQD por isofraturamento.

Analisando a distribuição dos valores de  $D_i$  obtidos, observa-se um comportamento homogêneo, com um número de  $D_i$  positivos próximo ao número de  $D_i$  negativos obtidos, como ilustrado na Figura 01.

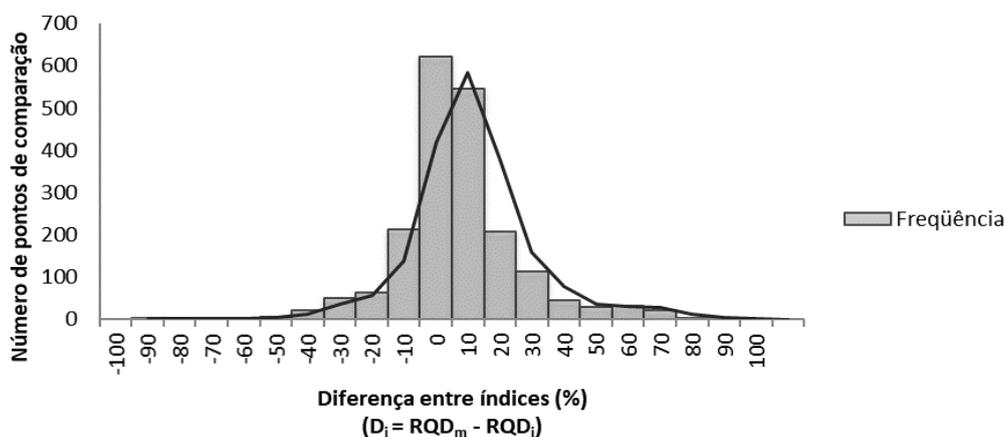


Figura 01: Histograma de frequências, representando a distribuição dos valores de  $D_i$  (diferença entre os índices  $RQD_m$  e  $RQD_i$ ), com linha de média móvel.

A Figura 02 traz um histograma de frequências, representando as diferenças de  $D_i$  obtidas em módulo, possibilitando a quantificação das diferenças absolutas. Observou-se que grande parte dos pontos analisados apresenta diferenças pequenas entre os índices - cerca de 60% dos pontos avaliados possuem  $D_i$  menores que 10%. Dos pontos de comparação analisados, 8% apresentem um valor de  $D_i$  nulo, com índices  $RQD_i$  e  $RQD_m$  equivalentes.

Também foram observados valores discrepantes, chegando a  $D_i$  de 90%, porém com menor frequência. Apenas 10% dos pontos analisados apresentaram diferenças significativas, maiores que 30%.

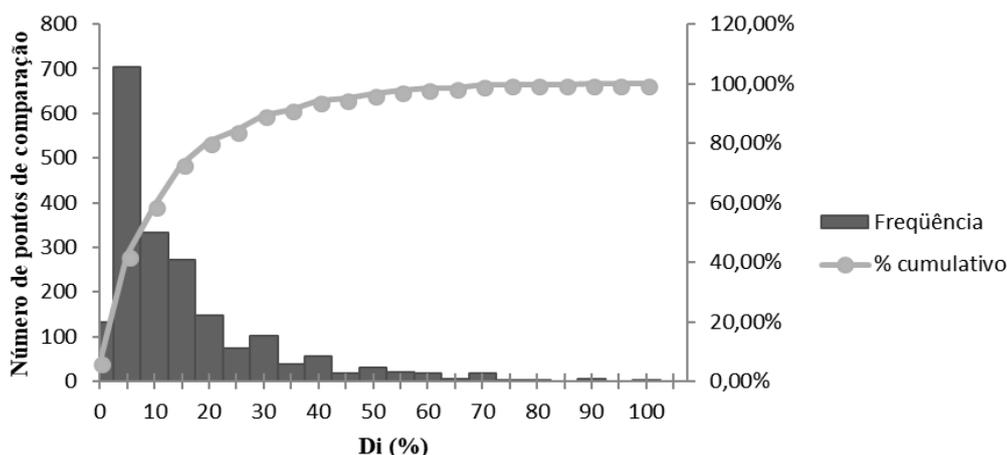


Figura 02: Histograma de frequências, representando a distribuição dos valores de  $D_i$  em módulo, com linha de porcentagem cumulativa.

A média das diferenças entre índices dos pontos analisados é de 12,69%, com um coeficiente de correlação de 0,66. De forma geral, os índices  $RQD$  medidos em manobras e os medidos em trechos de isofraturamento apresentam valores com boa correlação e com médias próximas. Entretanto, estes índices apresentam comportamentos distintos ao longo do furo, como observado na Figura 03, que apresenta gráficos que comparam os valores de  $RQD_m$  e  $RQD_i$  ao longo de duas perfurações – uma realizada em um litotipo granítico e outra em uma rocha gnáissica.

Nota-se que os valores de  $RQD_m$  e  $RQD_i$  não apresentam distribuição conforme. O índice  $RQD$  obtido por trechos de manobras, por possuir trecho de análise definido pelo processo de perfuração e não por uma característica da rocha, tende a medianizar as medidas, não representando as transições de qualidade de rocha. Por isso, as estimativas de  $RQD_m$  tendem a rebaixar trechos com boa qualidade e superestimar trechos ruins.

Em relação às diferenças observadas nos litotipos analisados, obteve-se maiores valores de  $D_i$  em rochas graníticas. Nas perfurações realizadas nas intrusões graníticas, a média das diferenças entre os índices é de 15,23% com desvio padrão de 16,91% e coeficiente de correlação de 0,62. Nos gnaisses, a diferença cai para 10,46%, com desvio padrão de 11,61% e 0,75 de coeficiente de correlação. A correlação entre os índices  $RQD_m$  e  $RQD_i$  é maior nos gnaisses devido sua estruturação, que apresentam padrão de foliação pervasiva e homogênea, resultando em quebras mais constantes e equiespaçadas.

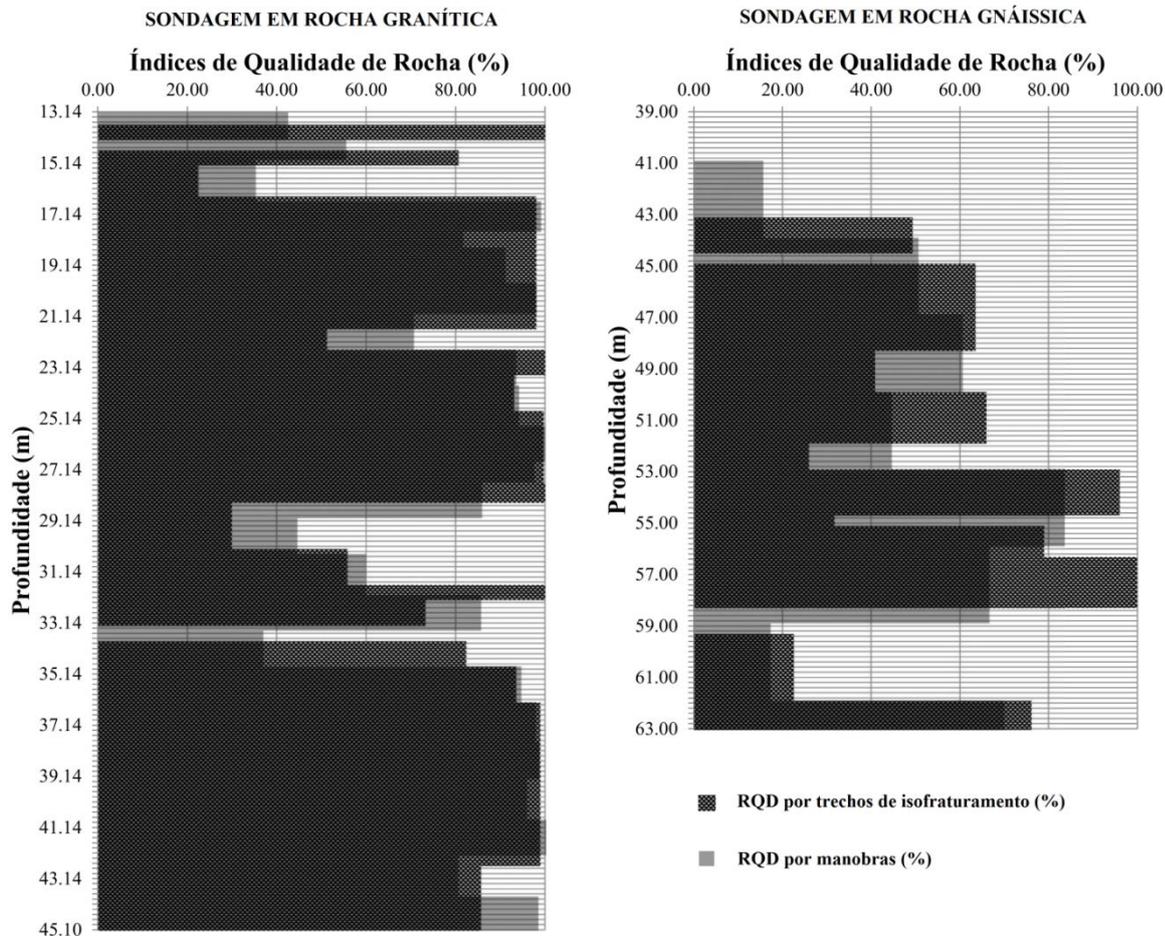


Figura 03: Distribuição de Índices de Qualidade de Rocha (RQD<sub>m</sub> e RQD<sub>i</sub>) para uma perfuração em rocha granítica e gnáissica.

## 5.2. Índice RQD, por isofraturamento, obtido a partir de imagens de televisionamento

Com o objetivo de avaliar a proposta de Oliveira et al. (2012), que sugere aplicar o cálculo do RQD teórico (RQD\*) em imagens de televisionamento, foram analisados testemunhos de sondagem e suas respectivas imagens televisionadas, comparando os índices de qualidade de rocha obtidos em cada caso.

Para que a comparação do RQD\* com os índices obtidos em testemunhos ocorresse de maneira efetiva, os trechos de isofraturamento foram determinados nos testemunhos de sondagens e foram transpostos, posteriormente, para as respectivas imagens de televisionamento, possibilitando o cálculo do RQD teórico. No total, foram avaliados 296,24 metros de sondagens e 169 trechos foram comparados.

Em todas as imagens e amostras analisadas, observou-se um número consideravelmente maior de fraturas nas imagens. Tal fato resultou em índices RQD\* elevados para todos os trechos avaliados, com média de 96,41%. Em contrapartida, os índices RQD obtidos em testemunhos de sondagem, para os mesmos trechos, apresentaram média 63,91%.

Os histogramas presentes na Figura 04 apresentam a distribuição dos índices RQD obtidos testemunhos e dos valores de RQD\* calculados em imagens de televisionamento. Os valores de RQD\* e de RQD obtidos em testemunhos apresentam distribuições distintas, com valores de RQD\* elevados, majoritariamente acima de 90%, e valores obtidos em testemunhos com maior distribuição.

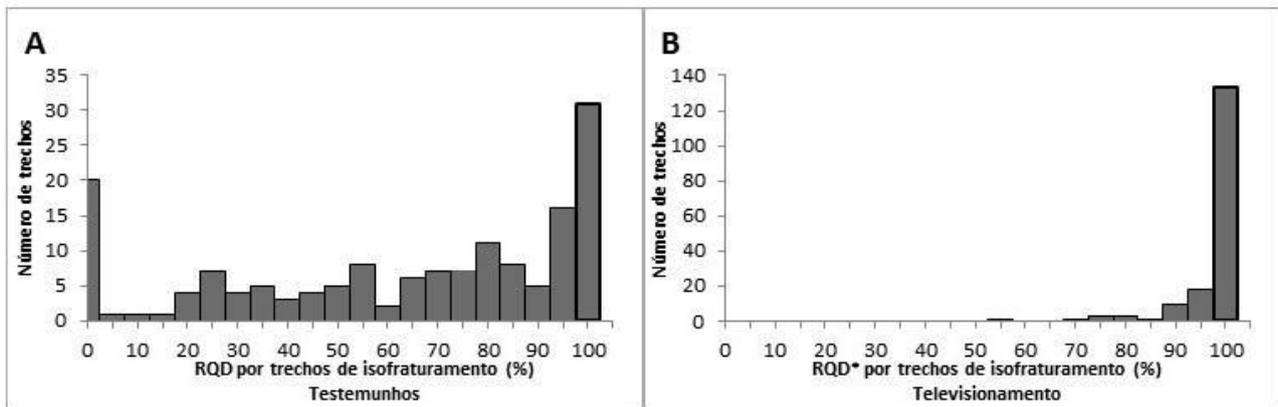


Figura 04: Histograma de frequências, indicando em (A) a distribuição dos valores de RQD obtidos em testemunhos de sondagem e em (B), os valores de RQD\* calculados a partir de imagens de televisionamento.

A Figura 05 traz gráficos comparativos que exemplificam o comportamento do RQD\* e do RQD obtido em testemunhos de sondagem. Observa-se valores elevados e constantes de RQD\* ao longo das perfurações.

Os valores de RQD\* foram elevados independentemente dos respectivos índices RQD obtidos nos testemunhos, não havendo nenhuma correlação entre os índices. Tal fato está ilustrado nos diagramas de dispersão apresentados na Figura 05. Não foram observadas diferenças significativas nos padrões de comportamento nos litotipos analisados.

A discrepância dos valores obtidos foi ocasionada devido ao fato de que as imagens de televisionamento apresentam apenas as fraturas intrínsecas ao maciço, enquanto os testemunhos sofrem quebras mecânicas geradas pelo processo de perfuração e alívio de pressão pelo desconfinamento da amostra, potencializadas pela estruturação das rochas.

Apesar do televisionamento apresentar com maior fidelidade a realidade do maciço em profundidade, os valores de RQD obtidos a partir do televisionamento (RQD\*) não representam adequadamente a qualidade da rocha no contexto do seu comportamento para obras subterrâneas, uma vez que este não considera a importância do processo de desconfinamento a que o maciço é submetido quando escavado.

Com relação ao RQD obtido em testemunhos, durante o processo de perfuração, há o desconfinamento das amostras. Porções destas amostras com menor resistência mecânica se rompem com maior facilidade, gerando quebras nos testemunhos, muitas vezes indistinguíveis das fraturas intrínsecas ao maciço, reduzindo os valores de RQD (quando comparado ao RQD\*).

Em imagens de televisionamento o único fator influente ao RQD\* é o grau de fraturamento, já que não são consideradas quebras derivadas do processo mecânico, que muitas vezes ocorrem aproveitando-se de planos de fraqueza da rocha, como foliações e zonas de elevado grau de alteração. Por isso, os valores de RQD\* obtidos nas imagens de televisionamento não apresentam a mesma representatividade dos índices RQD medidos em testemunhos de sondagem. A adaptação do índice RQD para imagens de televisionamento (por meio do RQD\*) e sua aplicação em obras subterrâneas ainda necessita de maiores estudos.

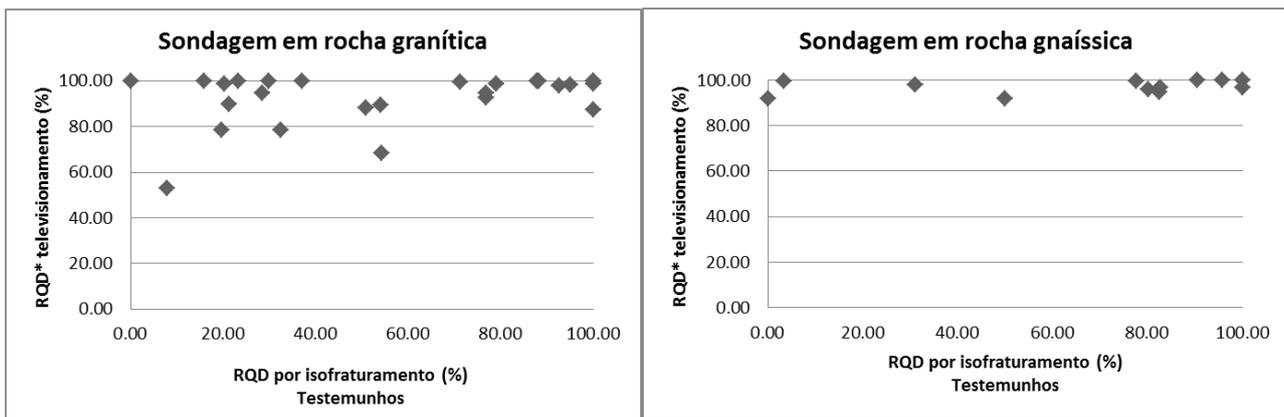


Figura 05: Diagramas de dispersão de uma sondagem realizada em rocha granítica e uma sondagem realizada em rocha gnáissica, ilustrando o contraste de resultados entre o índice de qualidade obtido em testemunhos frente o índice calculado em imagens de televisionamento.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As imagens de televisionamento representam fielmente as condições de fraturamento do maciço confinado e permitem a obtenção de dados estruturais das descontinuidades, estes de fundamental importância para o desenvolvimento de projetos de obras subterrâneas. Ainda assim, este não permite fazer avaliações voltadas ao comportamento do maciço escavado, quando ocorre o processo de desconfinamento. Neste contexto, as condições de interação de uma obra com o maciço se aproximam das observadas nos testemunhos de sondagens, por meio da aplicação do RQD.

No processo de contabilização do RQD em testemunhos, os autores sugerem a contabilização das fraturas mecânicas no cálculo do índice (excluindo-se os casos em que nitidamente há má qualidade executiva). As fraturas geradas durante o processo de perfuração tendem a ocorrer em planos de fraqueza da rocha e em zonas de menor resistência, sendo válidas na quantificação da qualidade do maciço

Com relação à utilização do RQD calculado em trechos de isofraturamento ou por manobras de perfuração, conclui-se que os índices obtidos em trechos de isofraturamento representam com maior fidelidade as mudanças de qualidade geomecânica da rocha, indicando com maior precisão os trechos com valores críticos. Já o RQD calculado por manobras de perfuração tende a medianizar os valores. Desta forma, compete as projetistas a decisão técnica na seleção da forma de utilização do RQD (manobra ou isofraturamento), de acordo com o processo executivo previsto para a realização das escavações. Tendo como exemplo um projeto com uso de tuneladoras, haverá a escavação do maciço como um todo, sendo neste caso adequada a medianização supracitada da qualidade geomecânica na porção do maciço que estará em interação com a ferramenta de corte.

O uso do RQD obtido por meio do televisamento não deve ser utilizado diretamente nas classificações geomecânicas convencionais, uma vez que os fatores de segurança seriam diminuídos significativamente (exemplo: um trecho de classe III alta poderia ser classificado como classe II, reduzindo os tratamentos previstos). A utilização do RQD a partir de imagens de televisamento é assunto ainda não apaziguado no meio técnico e bastante delicado, apenas o autor da classificação geomecânica deve decidir pela sua adoção.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem à Companhia do Metropolitano de São Paulo (Metrô-SP) pelo apoio e por permitir a publicação deste estudo; ao Instituto de Geociências (IGc – USP) pelo apoio institucional; ao Téc. Manuel Xavier Lemos Filho, pelo acompanhamento e apoio nas etapas de campo.

## Referências Bibliográficas

- ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia. *Diretrizes Para Classificação de Sondagens*. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia. 2013, São Paulo, ABGE.
- BAILLOT, R. T. (2012) “*Televisionamento 360° das Paredes de Furos de Sondagem*” in Revista ABGE. N.92.
- BAILLOT, R. T.; BARTON, N.; ABRAHÃO, RIBEIRO, R. (2002) “*A Comparing 360° televising of drill hole walls with core logging*” in In Situ investigation conference. Porto-Portugal.
- BARTON, N.R., LIEN, R. AND LUNDE, J. (1974) “*Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support*”, in Rock Mech, 189-239.
- BIENIAWSKI, Z.T. (1973) “*Engineering Classification of Jointed Rock Masses*”, in Trans. S. Afr. Inst. Civil Eng., 15.
- BIENIAWSKI, Z.T. (1989). *Engineering rock mass classifications*. New York: Wiley.
- DEERE, D.U. HENDRON, A.J., PATTON, F.D. AND CORDING, E.J. (1967) “*Design of Surface and Near Surface Construction in Rock*” In Symp. Rock Mech, Am. Inst. Min. Metall & Pet. Eng., 8, Minneapolis, Minn. Proceedings, p. 237 – 302.
- DEERE, D.U. (1989) “*Rock Quality Designation (RQD) After Twenty Years.*” U.S. Department of commerce – NTIS – National Technical Information Service, Springfield, 67p.
- CMSP – Companhia do Metropolitano de São Paulo(01). “*Televisionamento de furos de sondagem: Especificação Técnica. ET-9.00.00.00/3W8-001*”. São Paulo. 13 p.
- LEMOIS, M. B (2015) “*Obtenção de Índices de Qualidade de Rocha (RQD e IQR) a partir de Testemunhos e Televisionamento de Sondagens e Implicações em Sistemas de Classificação Geomecânicas de Maciços Rochosos (RMR E Q)*”. Trabalho de Formatura, Instituto de Geociências - Universidade de São Paulo.
- OLIVEIRA, D. G. G. (2015) *Televisionamento óptico de sondagens – proposta metodológica para execução e suas aplicações em obras subterrâneas*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências – Universidade de São Paulo.
- OLIVEIRA, D.G.G., FRANÇA, D.D., MONTEIRO, M.D., MASSONI, F., TAIOLI, F., LEMOS FILHO, M.X. ROCHA, H.C. (2013) *Evolução da Proposta Metodológica para Execução e Análise de Televisionamento de Sondagens: A Especificação Técnica do Metrô de São Paulo*. In Anais do 14º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, Rio de Janeiro.
- OLIVEIRA, D. G. G.; MONTEIRO, M. D.; MASSONI, F.; ROCHA, H. C (2012) “*Televiamento de furos de sondagens nos estudos do Metrô de São Paulo – Proposta metodológica para execução e análise*”. In Revista Brasileira de Geologia de Engenharia, v. 2, ABGE.
- PRIEST, S.D. & HUDSON, J.A., (1976) “*Discontinuity Spacings in Rock*”. In Internacional Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics Abstracts, 13, p.135-148.