

OS NOVOS TÚNEIS DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO: SUPERVISÃO E ACOMPANHAMENTO TÉCNICO DAS ESCAVAÇÕES

Luiz José R. O. B. da Silva¹; Alex Lara²;

Resumo – Para adequar a cidade para os Jogos Olímpicos de 2016 do Rio de Janeiro, foram realizadas diversas obras de infraestrutura, algo que não ocorria com tanta intensidade nos últimos 50 anos. Muitas dessas obras tinham a finalidade de melhorar o sistema viário da cidade e incluíam a construção de túneis rodoviários.

No presente trabalho são descritas, sucintamente, as características gerais e geológico-geotécnicas dos túneis do Desvio do Rio Joana, TransOlímpica, Porto Maravilha e da ampliação do Complexo Viário do Joá, como resultado de uma supervisão realizada pela equipe de geólogos e engenheiros geotécnicos da GEO RIO, juntamente com profissionais contratados para dar suporte ao acompanhamento. Diferente das demais escavações, os túneis do desvio do Rio Joana fazem parte de um conjunto de obras de macro drenagem da sub bacia do canal do Mangue, associadas a reservatórios de acumulação (piscinões). Contudo, suas dimensões de seção se aproximam de um túnel rodoviário, tornando-a uma escavação muito significativa no conjunto de obras recentes realizadas no município. Para a TransOlímpica foram escavadas 4 galerias de túneis rodoviários. Na área do Porto Maravilha encontra-se o maior número de túneis construídos na cidade, um dos quais é o atual maior túnel rodoviário urbano do mundo. No Complexo Viário do Joá, foram construídas duas novas galerias paralelas às existentes (túneis do Pepino e do Joá).

Abstract – A large number of infrastructure works were carried out in the city of Rio de Janeiro to adapt it to the mobility standards required for the 2016 Olympic Games. These works involved a considerable amount of underground excavations, something that had never been seen in the last 50 years.

This paper briefly describes the general and geological-geotechnical characteristics of the tunnels of the Joana River, Trans-Olympic, Porto Maravilha and the expansion of the Joá Road Complex, as a result of a supervision carried out by GEO RIO geologists and geotechnical engineers, along with professionals hired to support the monitoring. Different from the other excavations, the deviation tunnels of the Rio Joana are part of a set of macro drainage works of the sub basin of the Mangue channel, associated to accumulation reservoirs. However, its section dimensions approximate a road tunnel, making it a very significant excavation in the set of recent works carried out in the municipality. For the TransOlímpica, 4 tunnel galleries were excavated. In the area of Porto Maravilha is the largest number of tunnels built in the city, one of which is the current largest urban road tunnel in the world. In the Joá Road Complex, two new galleries were built parallel to the existing ones (Pepino and Joá tunnels)

Palavras-Chave – Túneis, escavações subterrâneas, macro drenagem.

¹ Geól. , MSc, Fundação GEO RIO, Rio de Janeiro - RJ, (21) 3878-5230, lbrandao@pcrj. rj. gov. br

² Geól. , MSc, TWG Consultoria e Projetos Geológicos, Niterói - RJ, (21) 2717-4209, alex. lara@thalweg. com. br

1. INTRODUÇÃO

Para atender as exigências do COI e deixar a cidade preparada para receber o grande fluxo de pessoas que se deslocaram durante os jogos olímpicos e paraolímpicos foram executadas diversas obras viárias pela Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. Como contrapartida do município, foram realizadas numa primeira fase, as obras do BRT da TransOeste e TransCarioca, entregues para a realização da Copa do Mundo e, posteriormente as obras que são objeto do presente artigo: TransOlímpica, Porto Maravilha e do ampliação do Complexo Viário do Joá, concluídas antes do início das olimpíadas. As obras do desvio do Rio Joana, iniciadas em 2013, apesar de fazerem parte de um conjunto de obras de macro drenagem, irão contribuir para a melhoria da circulação do trânsito na cidade, eliminando a costumeira inundação na área da Praça da Bandeira, que resulta num congestionamento que se reflete por diversos bairros da cidade. É a única obra não concluída até a elaboração deste artigo. Todo esse conjunto de intervenções foram executadas simultaneamente e não havia pessoal suficiente no corpo técnico da prefeitura para acompanhar o seu andamento. A situação que se colocou, levou à contratação de uma empresa para fornecer equipe técnica, supervisionada pela Fundação GEO RIO, de modo a assegurar a qualidade das obras, certificando-se que todas as medidas foram adotadas para evitar acidentes como a ruptura no teto ocorrida em 07/01/2013 no túnel da TransOeste (GEOENGE, 2013), poucos meses após ter sido entregue ao município. Além disso, grande parte do acervo técnico dessas obras também ficou também conservado em poder da GEO RIO, podendo ser facilmente resgatado no órgão geotécnico do município.

2. NOVOS TÚNEIS DO RIO DE JANEIRO

2.1. TÚNEIS DO DESVIO DO RIO JOANA

Consiste num conjunto de 5 galerias, três delas com seção de escavação de 38,5 m² a 42 m² e duas galerias (túneis singelos) de 28,7 m², captando a água a partir do Maracanã, e desaguardo próximo à foz do Canal do Mangue, no porto do Rio de Janeiro. O acesso às frentes de escavação foi feito através de cinco pontos de ataque (A a E), dos quais três deles eram poços (A, B e C) com 16 metros de diâmetro e profundidade variável de acordo com a cota das galerias no ponto. Os outros dois pontos de acesso (D e E) eram escavações em rampa. O par de túneis singelos está situado entre os poços C e B (Figura 1), medindo 243 e 278 metros de extensão (singelo A e Singelo B, respectivamente) e passa sob a via férreas (Supervia e Metrô). Entre os poços A e B e A e D, encontram-se os túneis mais extensos (1191 e 898 m, respectivamente) e com maior recobrimento, que atravessam dois morrotes com desnível de mais de 45 metros. No trecho entre os pontos D e E não há túneis; foi escavado em VCA, com posterior instalação de aduelas pré-moldadas. O túnel de deságue, com 118 metros de comprimento, inicia a partir do ponto E, passando sob a Avenida Brasil e atingindo a baía da Guanabara, próximo à foz do Canal do Mangue.

O maior desafio, neste conjunto de túneis, foi a escavação subterrânea em trechos com baixo recobrimento, compostos por aterros, solos aluvionares e residuais, ocupadas em superfície por prédios e moradias antigas com fundações rasas, avenidas e ruas importantes (Avenida Brasil, Radial Oeste, Visconde de Niterói) e também por vias férreas (Supervia e Metrô). Também foram encontradas diversas interferências como, fundações profundas de prédios no eixo da escavação e redes subterrâneas de esgoto, gás, energia elétrica de alta tensão, que exigiam reforços na estrutura inicialmente projetada, remanejamentos e interações com diversas concessionárias de serviços públicos, atrasando o cronograma. Os túneis foram todos escavados pelo método NATM. As escavações começaram pelos poços de ataque A e B (Figura 1).

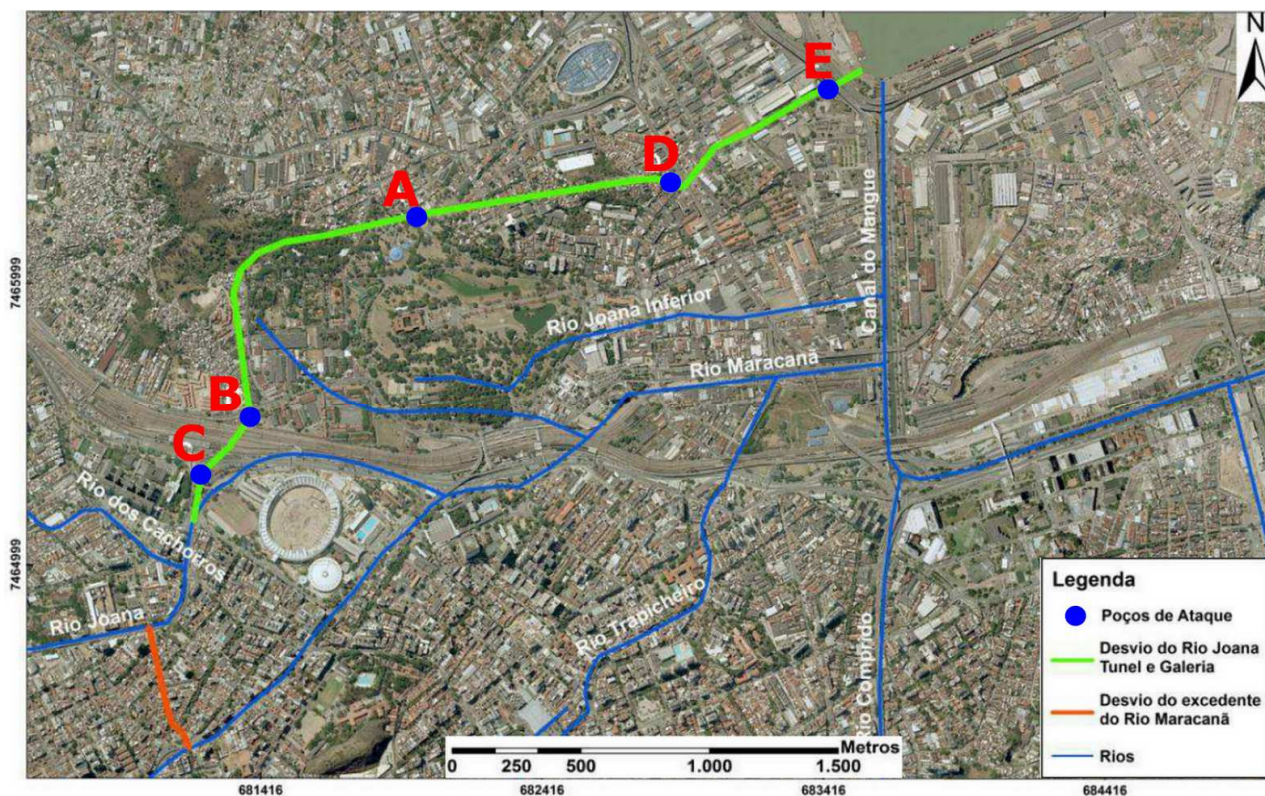


Figura 1. Localização dos túneis do desvio do Rio Joana.

No poço A, com duas frentes de avanço, as escavações tanto em direção ao poço B como ao poço D, transcorreram sem maiores problemas, uma vez que se desenvolveram na maior parte do percurso através de maciços rochosos de biotita gnaisses de A a D e gnaisses de textura oftálmica de A a B, ocasionalmente fraturados. A quantidade de escavação em seção mista foi significativamente superior à prevista no edital de licitação, impactando negativamente o cronograma da obra. Tal fato se deu em face ao número reduzido de sondagens, obtidas a partir de um banco de dados da Fundação GEO RIO, a maior delas compostas por sondagens a percussão. Durante a realização do projeto executivo, foi realizado um programa de investigações diretas e indiretas bem mais abrangente.

No poço B foram abertas três frentes de escavação, duas para montante (túneis singelos A e B) e uma para jusante em direção ao poço A. A construção dos túneis singelos foi um recurso adotado para aumentar a espessura de recobrimento e permitir um maior controle das deformações nas vias férreas que não poderiam ser significativas, sob pena de interromper vital transporte de massa. Todas as vias férreas foram também reforçadas além de ter sido instalada instrumentação específica para manter dos níveis de deformação dentro dos limites pré-estabelecidos com as concessionárias. O método construtivo para atingir esse objetivo foi através do uso de enfilagens duplas, escavação para instalação das cambotas e manutenção do núcleo central e após conclusão das cambotas a escavação do núcleo e execução do arco invertido. Os avanços médios eram inferiores a 40 cm/dia. Na escavação em direção ao poço A, o maior problema encontrado inicialmente foi a constatação de uma estaca no eixo da escavação, que teve de ser incorporada à estrutura do revestimento do túnel.

No poço C se dá a ligação com o canal de adução do rio Joana e com os dois túneis singelos que passam sob a Avenida Radial Oeste e as vias férreas. Neste poço as frentes de escavação dos túneis singelos A e B em direção ao poço B foram iniciadas pelo último consórcio construtor. A geologia da escavação também foi composta por aterros, solos aluvionares e residuais. O método construtivo foi semelhante ao utilizado no poço B.

No denominado poço D, não houve nenhuma frente de escavação, apenas faz a ligação do túnel de montante com as galerias escavadas a céu aberto a jusante.

No poço E, onde se iniciou o túnel de deságue a geologia da escavação também foi composta por aterros, solos arenosos (com cerca de 2 metros de espessura) cobrindo solos residuais e rocha decomposta escavada a frio. Parte desse material apresentava-se contaminado por hidrocarbonetos. As lentes arenosas, aceleraram o rebaixamento do nível d'água, levando ao surgimento de recalques perceptíveis na pista da Avenida Brasil, na qual a estrutura da abóbada do túnel apresentava um recobrimento de cerca de 2 m. O método construtivo inicialmente apresentado previa a execução de enfilagens manchetas duplas, de aproximadamente 12 metros de comprimento, para aumentar a resistência do aterro e solo arenoso. O avanço seria realizado após a execução de cambotas com espaçamento de 0,60 m entre si, mantendo o núcleo central até a cura das mesmas. Tal método foi submetido à equipe de supervisão. Esta, por sua vez, pontuou que a constatação de contaminação por hidrocarbonetos poderia trazer problemas de aderência do concreto ao solo de contato, resultando na possibilidade de problemas com relação às enfilagens que seriam realizadas. O projetista do consórcio construtor, determinou a manutenção de um comprimento maior do núcleo e seu revestimento com tela e concreto projetado, para posterior remoção e construção do invert, mantendo sempre um maior afastamento deste com a frente de escavação. A travessia da Avenida Brasil foi então concluída sem problemas significativos no pavimento ou no trânsito de veículos.

Até o final de 2017, para a conclusão dos túneis, faltavam menos de 30 metros de escavação de cada túnel singelo entre os poços B e C (sob a faixa de domínio do metrô) e cerca de 170 metros de escavação entre os poços A e B e cerca de 20 metros do túnel sob a faixa de domínio do Cia. Docas do Rio de Janeiro, até Baía de Guanabara.

2.2. Túneis do BRT Transolímpica

Esta obra acompanhada desde o início pela equipe de supervisão da GEO RIO, teve as escavações concluídas em dezembro de 2015 e foi aberta ao público em julho de 2016.

Os túneis atravessam os maciços da Serra do Engenho Velho e da Pedra da Boiúna, em dois pares de galerias de 1400 e 170 metros, respectivamente, fazendo a ligação entre os bairros Jardim Sulacap, ao norte e Taquara, ao sul.

A Serra do Engenho Velho está inserida no contexto litoestratigráfico do Maciço da Pedra Branca, constituído por biotita-gnaisses bandados e ocorrências de corpos granodioríticos e dioríticos, diques de diabásio e traquitos e de características semelhantes ao maciço escavado no túnel da Grota Funda, da TransOeste. A Pedra da Boiúna é um batólito granítico localizado ao sul da Serra do Engenho Velho.

O método construtivo principal utilizado foi o de escavação de rocha com explosivos DB ("Drill and Blast") em seção plena em média de 104,3 m², tanto na Serra do Engenho Velho como na Pedra da Boiúna. Cerca de 40 metros no emboque norte e 30 no emboque sul do túnel da Serra do Engenho Velho foram executados a frio usando a metodologia do NATM, com execução de enfilagens. A galeria da direita (pista sentido Taquara) do emboque norte foi a primeira a ser escavada.

Os túneis mais longos, foram os que demandaram maior atenção na escavação devido à grande diversidade litológica e estrutural da Serra do Engenho Velho (figura 2) e também pela existência de um túnel adutor da CEDAE, que cruzava, por cima, a cerca de 35 metros o eixo da escavação, a aproximadamente 380 m do emboque. O referido túnel adutor, é o responsável pelo abastecimento de água potável de praticamente todo município e não poderia haver qualquer tipo de perturbação que comprometesse sua estrutura, ou afetasse ainda mais sua estanqueidade que, sabidamente, não era perfeita.

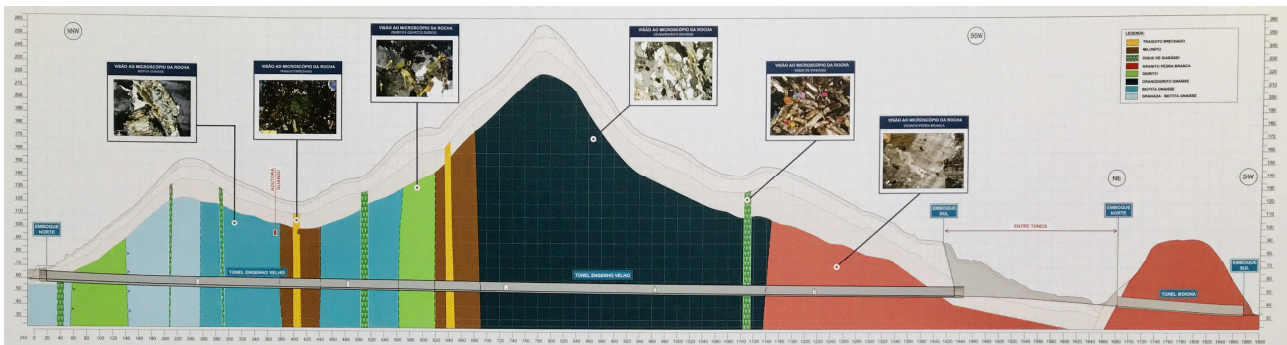


Figura 2. Seção geológico-geotécnica, com os diversos litotipos escavados dos maciços da Serra do Engenho Velho e da Pedra da Boiúna.

Para evitar quaisquer transtornos na adutora foram realizadas instrumentações específicas com a instalação de geofones em furos de sondagem próximos ao fundo do túnel e acompanhando-se a cada detonação a vibração que chegava aos dispositivos. Foi estipulado um valor máximo admissível de velocidade de propagação de partículas. Além disso, a escavação a partir de uma certa distância do túnel adutor, passou a ser feita em seção parcial para minimizar as vibrações. Deve-se destacar que com essas medidas, tal valor nunca foi atingido.

Antes da zona de influência de influência e cerca de 150 m do emboque norte, foi constatada, uma rocha com alto grau de fraturamento, onde as fraturas eram por vezes preenchidas com carbonatos, outras delas apresentavam slickensides, indicando uma zona de cisalhamento. Além disso foi observada uma grande vazão de água. Nesse trecho maciço foi classificado como classe IV (Bieniawski, 1979). Durante a realização do bate choco, ocorreu a formação de uma grande capela no teto do lado direito desta pista. Não ocorreram vítimas, mas o acidente representou um atraso de cerca de 40 dias. Medidas adicionais de investigação com a realização de furos piloto mais longos na frente de escavação também foram adotadas para prevenir novos acidentes.

Os atrasos levaram a execução de uma nova frente de escavação para a galeria do lado esquerdo após a abertura do túnel de ligação entre as duas galerias, aberto a 250 metros do emboque norte. Os problemas verificados na galeria do lado direito, cuja frente sempre esteve muito adiantada em relação à outra, acabaram evitando que os mesmos se repetissem na esquerda.

No emboque sul da Serra do Engenho Velho, ocorreu um grande retaludamento, juntamente com obras de estabilização da encosta. Tais obras impediam a implantação de frentes de escavação. Para agilizar a abertura de nova frente de escavação do túnel foi realizado um sidedrift com posterior alargamento para a seção normal de escavação.

Nas galerias da Pedra da Boiúna, de 171 metros de extensão, em face à maior homogeneidade litológica do batólito granítico, não foram constatadas situações que demandavam maior preocupação. As maiores atenções foram dadas às moradias existentes nas proximidades, especialmente para um conjunto de casas na Estrada da Boiuna construídas irregularmente numa antiga praça de exploração de pedreira. Nesse local além da instrumentação, foi realizado preventivamente um bate choco em toda a escarpa rochosa, para remover pequenas lascas instáveis. Não foram registradas leituras de vibração que pudessem representar perigo para essas residências.

2.3. Túneis da Região do Porto Maravilha

Essa área da zona portuária está compreendida entre os bairros Centro, Santo Cristo e Gamboa e passou por um processo de revitalização, com a demolição do grande Viaduto da Perimetral, que foi substituído por um conjunto de túneis e sistema viário de superfície. Esse conjunto irá

conduzir o tráfego da Avenida Brasil e da Ponte Rio Niterói em direção ao centro da cidade e Zona Sul, via Aterro do Flamengo e vice-versa.

A obra do Porto Maravilha foi iniciada em setembro de 2011. Foram escavadas 6 galerias de túneis, 2 para a Via Expressa (Túnel Marcelo Alencar), uma galeria do túnel da Binária (Túnel Rio450) e 3 galerias do túnel do Morro da Saúde. Os túneis da Via Expressa (1-figura 3) tem extensão de 3.382 metros, com três pistas de rolamento e integraram-se ao antigo mergulhão da Praça XV, com uma galeria em cada sentido. O túnel da Via Binária tem 1.463 metros (2-figura 3), composto de uma galeria com 3 pistas de rolamento. Os túneis do Morro da Saúde (3-figura 3), são os menores dessa região; são compostos por três galerias de 20 a 80 metros de extensão, atendendo tanto à circulação de automóveis como do VLT. Apenas as galerias do túnel do Morro da Saúde foram escavadas no nível do terreno original. Os demais túneis iniciavam os emboques na superfície e se aprofundavam abaixo do nível do mar, até a cota -43 m. Para agilizar os serviços e criar mais frentes de escavação foram construídos 3 shafts: um na Praça Mauá, para o túnel da Binária (S1-figura 3) e outros dois para os túneis da Via Expressa, um situado entre a Avenida Venezuela e rua Sacadura Cabral (S2-figura 3) e o outro próximo à esquina das ruas 1o de Março e Visconde de Inhaúma (S3-figura 3).

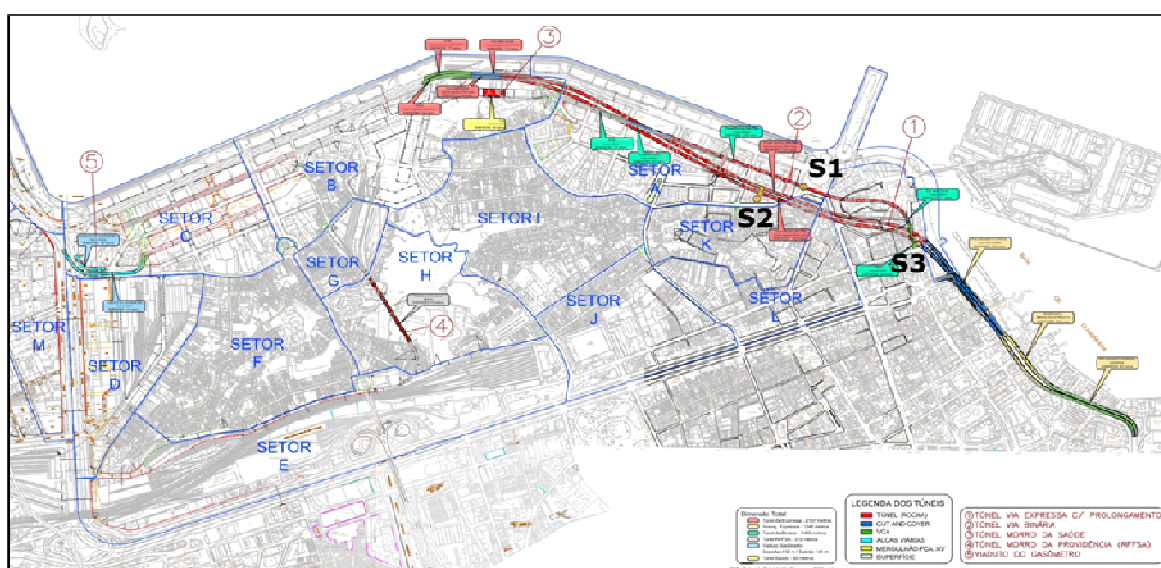


Figura 3. Localização das obras viárias da área do Porto Maravilha e dos shafts S1, S2 e S3, de acesso às obras.

Os túneis atravessam uma grande diversidade de materiais: aterros, aterros hidráulicos, sedimentos marinhos e argilas moles, maciços rochosos de biotita gnaiss e de gnaiss facoidal e zonas de cisalhamento milonitizadas.

Por causa da complexidade geológica local, além da existência de diversos prédios históricos e antigos na área de influência dos túneis, foi realizada uma extensa campanha de investigações, com execução de 497 furos de sondagens a percussão e mistas. A execução da obra foi acompanhada de instrumentação interna e externa para garantir a estabilidade das obras e dos prédios vizinhos.

Diversas técnicas de escavação foram utilizadas nos túneis, adequando-se às peculiaridades geológicas de cada trecho, que apresentavam muitas vezes grandes variações laterais ou longitudinais ao longo da escavação. Os 3 túneis do Morro da Saúde foram escavados em 3 seções parciais, iniciando pelas galerias das extremidades e pela galeria central, simultaneamente. Todo o maciço, composto por rocha muito alterada, foi previamente tratado e os túneis foram revestidos com cambota em concreto armado. As galerias dos túneis da Binária e Via Expressa junto aos emboques foram escavados com VCA e Cut and Cover. Em grande parte da escavação em rocha foi utilizado o método NATM, com tratamento consoante a classe do maciço e revestimento em concreto projetado. Dois trechos de zonas de falha milonitizados

requereram um tratamento especial (figura 4); num deles ocorreu a ruptura da frente de escavação ao atingir a zona de contato, que mergulhava cerca de 40°, obliquamente ao eixo da escavação que representou num atraso da obra e reforço do tratamento, quando a GEO RIO passou a supervisionar esta obra (GEO RIO, 2014). Nesse locais havia intensa percolação de água.



Figura 4. Localização das zonas de falha atravessadas pela escavação, destacadas pelas setas.

2.4. Túneis da Ampliação do Complexo Viário do Joá

Esta obra, fiscalizada e acompanhada pela GEO RIO, está situada entre os bairros de São Conrado e Barra da Tijuca e também fazia parte do compromisso da prefeitura para o COI, uma vez que as principais instalações olímpicas estavam situadas na Barra da Tijuca. Foram escavados dois túneis com uma 1 galeria com uma pista e duas faixas de rolamento cada, paralelos aos túneis existentes, com seção de 76,5 m², inferior à dos originais que tinham uma área de 116,6 m², com duas pistas superpostas e duas faixas de rolamento cada (Danciger e Totis, 1971). Os novos túneis do Joá, com 448 metros, e do Pepino, com 215 metros, tem extensão um pouco maior que os seus pares mais antigos com 390 e 150 metros, respectivamente.

A elaboração do projeto executivo dos túneis foi facilitada pela existência dos túneis antigos não revestidos, permitindo uma classificação prévia do maciço mais próxima da realidade (tabela 1 - PROJCONSULT, 2013). Além disso, foram feitas 14 sondagens adicionais. A execução da escavação transcorreu dentro da margem de erro esperada.

Tabela 1. Previsão de percentual de escavação do maciço segundo a sua classe (Classificação de Bieniawski, 1979).

PREVISÃO DE PERCENTUAL DE ESCAVAÇÃO (CRITÉRIO DE BIENIAWSKI)				
	CLASSE I-II	CLASSE II	CLASSE III	CLASSE IV
Novo Túnel do Pepino	57,14	4,76	28,57	9,52
Novo Túnel do Joá	0	61,18	29,4	9,41

Outra imposição colocada pela obra foi a execução do revestimento total em concreto projetado com fibra e grampeamentos dos túneis antigos, que apresentavam apenas contenções localizadas (RODIO S. A. , 1972) e um histórico de desprendimento de blocos e lascas ao longo

de sua operação (GEO RIO, 1996, 1999 e 2003). O serviço de revestimento dos túneis foi executado durante a interrupção do tráfego no período de 23:00 às 05:00 h. do dia seguinte.

2.4.1. O Novo Túnel do Joá

Este túnel foi o que teve a execução com maiores dificuldades em face às condições de contorno. Como a encosta do maciço do novo túnel da Joá é densamente ocupada, a escavação foi iniciada a frio pelo desemboque (Figura 5), para criar uma galeria com 10 metros de extensão para, a partir de então, executar o avanço a fogo. Também foi aberta uma galeria de ligação a partir do túnel antigo, também a frio com fio diamantado (Figura 5) para criar duas frentes de escavação e dar celeridade à obra.

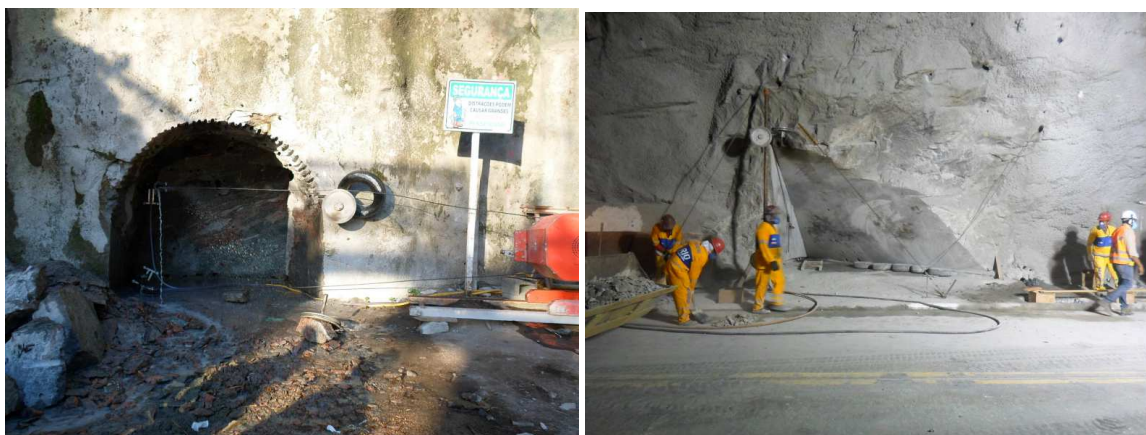


Figura 5. À esquerda, vê-se a abertura executada frio da desemboque do novo túnel do Joá Localização dos novos túneis do Joá; à direita se vê o início dos trabalhos da abertura do túnel de ligação, também executado à frio, situado a cerca de 50 metros do emboque do túnel do Jóa.

Após o término das escavações a frio no desemboque, foi possível iniciar o desmonte a fogo, com o alargamento da frente de escavação e do trecho escavado. As detonações eram sempre executadas às 14:00 e às 21:45 horas. Tais medidas reduziram o impacto sobre as construções próximas, sem relato de qualquer dano estrutural, assim como para o túnel antigo que foi operado normalmente durante toda a execução da obra, com curtas interrupções nos períodos de detonação. O seu revestimento recém aplicado, checado sempre antes do túnel ser reaberto ao tráfego, não apresentou nenhum dano. Os trabalhos de abertura do túnel de ligação só podiam executados durante a paralisação total do túnel, durante a madrugada.

O emboque do túnel também teve uma execução complexa em face ao pequeno recobrimento existente. A solução adotada foi a execução de um grande corte a frio na encosta até encontrar a abertura da última frente do túnel escavada a fogo. Os serviços foram realizados em duas frentes: uma a partir de uma abertura no teto, próximo à última frente de escavada à fogo (Figura 6) e a outra a partir do encontro do novo elevado construído (Figura 7), com posterior tratamento e alargamento à seção definitiva.



Figura 6. À esquerda, vista externa da abertura executada no teto, próximo à última frente de escavação subterrânea; à direita, observa-se a mesma abertura a partir da escavação subterrânea do Novo Túnel do Joá.

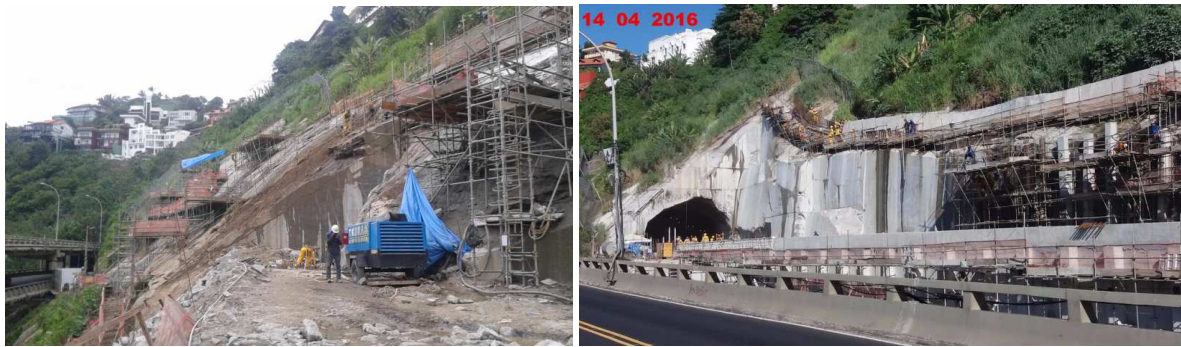


Figura 7. À esquerda, vê-se o início da escavação à frio a partir do encontro com o novo Elevado das Bandeiras; à direita se vê as escavações concluídas, após o alargamento à seção final do túnel. Notar o baixo recobrimento no emboque.

2.4.2. O Novo Túnel do Pepino

Este túnel teve condições de escavação mais favoráveis uma vez que as encostas do maciço estavam praticamente inabitadas. De modo diverso do Novo túnel do Joá, o método construtivo usado foi inteiramente o de escavação de rocha com explosivos DB (“Drill and Blast”). Assim como citado por Danciger e Totis, 1971, não foi verificado nenhum problema ou zona geológica desfavorável neste túnel. As detonações também eram sempre executadas às 14:00 e às 21:45 horas. O início das escavações demandaram obras de estabilização no talude do emboque, que apresentava blocos e lascas instáveis a execução de um rebaixe na encosta do desemboque (Figura 8).



Figura 8. Vê-se o rebaixe na encosta do desemboque, para atingir a cota da escavação. Parte do talude rochoso aflorante neste trecho foi escavado a frio.

3. CONCLUSÕES

Cada uma das obras acompanhadas mostrou características e peculiaridades distintas, que determinaram o seu processo construtivo.

Nas escavações do desvio do Rio Joana, os maiores desafios estavam relacionados à travessia de zonas com baixo recobrimento, densamente ocupadas e com importantes vias de acesso e de infraestrutura da cidade. Os problemas encontrados e as soluções foram intensamente discutidos entre projetistas executores e a equipe de supervisão.

Nos túneis da TransOlimpica, a passagem sob o túnel adutor do sistema Guandu, foi um fator determinante no refinamento das investigações e da instrumentação, permitindo que as escavações avançassem sem nenhuma interferência ou dano ao sistema. A ocorrência de

rupturas de teto e formação de capela, resultou num atraso da obra e num maior cuidado com aumento do comprimento dos furos exploratórios e sua interpretação.

Apesar do grande número de investigações e de todo o cuidado na execução da escavação e seu monitoramento em face à localização dos túneis na principal região do município, não foi possível evitar uma ruptura da frente de escavação em uma zona de falha, que significou num atraso. As zonas de falha sempre representaram a maior perda de tempo no avanço das escavações de toda a obra.

Nos Novos Túneis do Joá e do Pepino, não ocorreram situações de caráter geológico que pudessem retardar o avanço das obras. Contudo, para o Novo Túnel do Joá, as condições de contorno em face existência de residências e da limitação de horário para interrupção do tráfego, além da baixa cobertura do emboque resultaram na adoção de soluções de execução morosas mas que não comprometerem o cronograma da obra.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos geólogos da TWG, Thais Monteiro, Aline Silva, Fernando Henriques, pelo trabalho de acompanhamento e relatórios elaborados ao longo da vigência do contrato de apoio técnico e aos geólogos da Fundação GEO RIO, Raquel Fonseca, José Antônio Mendonça, Érica Silva e Euci Pires, pelas informações emitidas nos relatórios de acompanhamento e apoio à fiscalização.

REFERÊNCIAS

- BIENIAWSKI, Z. T. 1979. *The Geomechanics Classification in Rock Engineering Applications*. International Congress on Rock Mechanics, Montreux, 1979. Proceedings. ISRM, v. 2, p. 41-48.
- DANCIGER, F. ; TOTIS E. "*Geologia dos Túneis do Anel Rodoviário do Estado da Guanabara. III Semana Paulista de Geologia Aplicada*", São Paulo, Brasil, 1971.
- GEO RIO, *Levantamento Geológico e Estrutural do Túnel do Joá*. 1996. Relatório Interno.
- GEO RIO, *Relatório GEO RIO/DEP nº 37/1999*. 1999. Relatório Interno.
- GEO RIO, *Relatório GEO RIO/DEP nº 02/2003*. 2003 Relatório Interno.
- GEO RIO, *Relatório Técnico Porto Maravilha - nº RL-POR-001*. 2014. Relatório Interno
- RODIO S. A. , *Túnel do Joá - Contenção da Escavação da Pista Superior - Relatório nº 5/541/020*. 1972. Relatório Interno.
- GEOENG. *Túnel da Grota Funda. Relatório de Consultoria*. 2013 - Relatório Interno.
- PROJCONSULT - *Túneis Pepino e Joá - Estudos Geológico-Geotecnicos para o Projeto da Duplicação Relatório nº PC-7570-50132-R0*. 2013 - Relatório Interno.