

ESCAVAÇÃO DE TÚNEL MECANIZADO SOB RIO TIETÊ EM BARUERI – SP

D.F.M. Melo

Geocompany Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente Ltda, Barueri – SP – Brasil

T.H.L. Jesus

Geocompany Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente Ltda, Barueri – SP – Brasil

H.G. Jarrouge Neto

Geocompany Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente Ltda, Barueri – SP – Brasil

I.G. Bastos

Geocompany Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente Ltda, Barueri – SP – Brasil

R. Kochen

Geocompany Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente Ltda, Barueri – SP – Brasil

Resumo: Como parte integrante do Sistema Produtor São Lourenço foi executado um túnel para abrigar uma adutora de água em passagem sob o Rio Tietê no município de Barueri – SP.

O túnel foi executado através de MND pelo método de execução de tubo cravado com escavação totalmente em maciço rochoso. A travessia possui comprimento de 113,35m e foi composta por dois poços (partida e chegada) localizados às margens do Rio Tietê, com profundidade de até 25,60m.

Foram realizadas 4 sondagens na área que permitiram classificar o maciço rochoso como sendo um gnaisse, proveniente do metamorfismo de granitos, com grau de alteração que varia de pouco alterado a são.

A escavação se deu através de equipamento tipo *shield*, com diâmetro de 1,80m, e cobertura em rocha da ordem de 7,0m sob o leito do rio.

Este método construtivo foi considerado o mais seguro, diante da possibilidade de fraturas no maciço rochoso se comunicarem com o fundo do rio, permitindo a entrada de água na escavação, caso o método construtivo selecionado fosse o NATM.

Neste artigo serão apresentadas as singularidades do projeto e dados da execução da obra, tais como produtividade alcançada, dificuldades e soluções utilizadas, método construtivo e demais aspectos que possibilitaram a execução da obra sem quaisquer intercorrências.

1 INTRODUÇÃO

O Sistema Produtor São Lourenço passou por ampliação recentemente possibilitando um aumento do fornecimento de água para cidades da região metropolitana de São Paulo. A água transportada pelos 32km de adutoras abastece as cidades de Barueri, Carapicuíba, Itapevi, Jandira, Osasco, Santana de Parnaíba e Vargem Grande Paulista.

Durante a execução das obras de ampliação foram enfrentados alguns obstáculos no caminhamento da adutora, um deles foi o Rio Tietê. Para a instalação da adutora, foi realizada uma travessia através de método não destrutivo, *pipe jacking*, realizada totalmente em maciço rochoso.

2 CARACTERÍSTICAS DO MÉTODO

O *slurry pipe jacking* executa a cravação de tubos combinada com a execução de escavação através de couraça mecanizada com pressões de frente balanceadas por lama, sendo utilizado para túneis de pequenos diâmetros (até 4m), principalmente em centros urbanos, dada sua versatilidade e segurança. A escavação ocorre a partir da desagregação e desestruturação do solo ou rocha, pela cabeça cortante do equipamento, que é composta por uma peça cônica dotada de pás na extremidade, que gira movida por uma engrenagem elíptica, produzindo durante a rotação uma excentricidade do cone. (MATSUI e KOCHEN, 2003)

O cone tritura as partículas de maiores dimensões contra a parede interior cilíndrica do escudo. Os fragmentos, quando atingem as dimensões apropriadas, são conduzidos para um compartimento estanque e isolado do restante do túnel, localizado na parte frontal do *shield*. Esse compartimento frontal é pressurizado com o bombeamento de lama bentonítica que garante o equilíbrio das pressões da face de escavação. Além deste equilíbrio, a lama tem a função de transportar o material escavado até tanques de decantação localizados na superfície. Após a separação dos sólidos em suspensão nestes tanques, a lama volta a ser bombeada para o sistema. (MATSUI e KOCHEN, 2003)

O equipamento utilizado para a travessia em questão foi o AVN1200TB da empresa Herrenknecht, com diâmetro externo de 1810mm com 3 cilindros de reação que aplicam uma carga de 225t na parede do poço.



Figura 1: Equipamento utilizado na escavação do túnel, vista da cabeça de corte (a) e interna (b). (Fonte: ATO GeoCompany)

Simultaneamente a escavação e ao transporte do material escavado, é feita a cravação dos tubos de concreto através de pistões hidráulicos localizados no poço de partida. Cada tubo cravado movimenta toda a composição (*shield* mais tubos) que avança em direção ao poço de chegada. Todos os parâmetros envolvidos na operação do *slurry pipe jacking* (torque da cabeça de escavação, velocidade de avanço, carga de cravação, vazão e pressão de lama, direcionamento, posicionamento etc.) são controlados e comandados de uma cabine de operação localizada junto ao poço de partida.

A configuração utilizada em projeto é a execução de dois poços para atuar como poço de partida e de chegada para a travessia. As figuras a seguir apresentam a planta com a localização da travessia e o perfil transversal. A travessia está localizada no município de Barueri sendo que um dos poços se localiza no bairro Aldeia de Barueri (chegada) e o outro poço no bairro Alphaville (partida). A travessia tem extensão de 110,70m e a cobertura é da ordem de 7,0m. O poço de partida é executado com um diâmetro maior para possibilitar o acesso dos equipamentos e é projetado para suportar os esforços oriundos da cravação dos tubos de concreto.

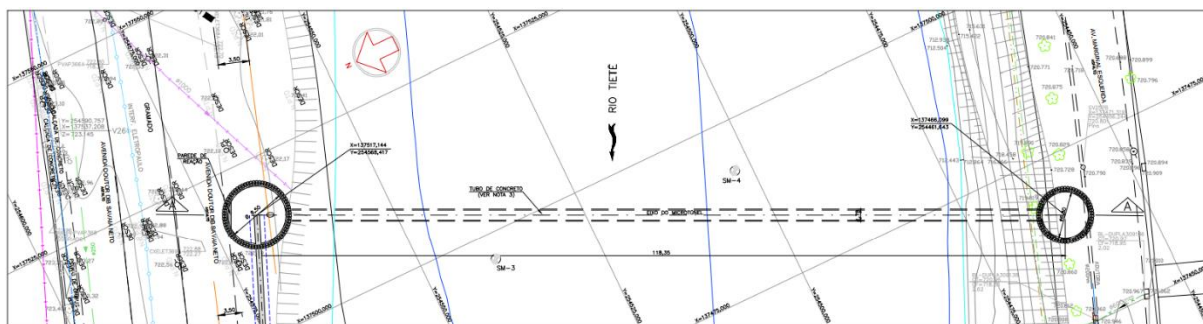


Figura 2: Planta da travessia com a indicação dos poços, no lado direito o bairro de Barueri e no lado esquerdo Alphaville. (Fonte: Projeto Executivo GeoCompany)

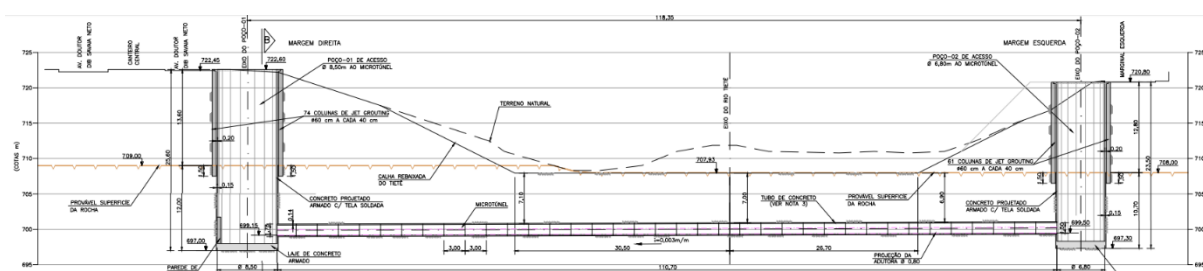


Figura 3: Perfil transversal da travessia sob o Rio Tietê em maciço rochoso com cobertura de 7,0m. (Fonte: Projeto Executivo GeoCompany)

O início da escavação ocorreu em 12 de fevereiro de 2019 e, no dia 08 de março de 2019 o *shield* atravessou a parede do poço de desemboque. A utilização de método não destrutivo para a escavação se mostrou um sucesso, a produtividade média de avanço foi de 4,63m por dia. As Figuras a seguir apresentam algumas imagens referentes a construção do túnel.



Figura 4: Vista superior do poço de partida (a) emboque do *shield* pela parede de poço e (b) cravação dos anéis de concreto. (Fonte: ATO GeoCompany)



Figura 5: (a) Vista do desemboque do *shield*, sendo possível observar que o equipamento ultrapassou as telas metálicas utilizadas no revestimento do poço. Foi utilizada água no interior do poço para balancear a pressão na chegada do equipamento e (b) cabine de controle do equipamento. (Fonte: ATO GeoCompany)

3 ASPECTOS GEOLÓGICOS

Para a elaboração do projeto foram executadas 4 sondagens na área da travessia, sendo distribuídas da seguinte maneira, uma sondagem em cada poço e duas sondagens realizadas no Rio Tietê. As sondagens executadas nos poços demonstraram a existência de uma camada superficial de aterro, com aproximadamente 8,0m de espessura e com valores de NSPT médio de 10 golpes, seguida por camada de aluvião composto por areia argilosa com matéria orgânica e NSPT médio de 5 golpes e 3 m de espessura. A camada seguinte é de solo de alteração de rocha composto por silte arenoso com fragmentos de rocha e NSPT médio de 36 golpes. O maciço rochoso foi encontrado com profundidade da ordem de 15 metros. As sondagens realizadas no leito do rio apresentaram uma camada superficial de solo seguida pelo maciço rochoso.

O maciço rochoso encontrado durante a escavação é caracterizado como gnaiss, proveniente do metamorfismo de granitos, com grau de alteração que varia de pouco alterado a são, granulação fina a média, com foliação centimétrica visível nas porções máficas, composta predominantemente por biotita. Nas porções félsicas predominam feldspatos e quartzos.

Para o trecho da travessia as 4 sondagens se mostraram suficientes, sendo que os fragmentos de rocha resultante da escavação foram coerentes com o previsto nas sondagens.

Nas proximidades da escavação, durante a execução da adutora, existem alguns afloramentos de talude, nos quais se observa a presença de granitos leucocráticos, com fenocristais de feldspato, estrutura maciça, pouco alterado a são, duro, resistente e pouco fraturado.

Os granitos e gnaisses são rochas de composição mineralógica definida predominantemente por quartzo, feldspato e mica, sendo assim, rochas quartzo-feldspáticas. Apresentam-se duras e com elevado grau de resistência, ou seja, rochas com elevada capacidade de absorver a tensão sem sofrer deformações. Essas rochas apresentam resistências entre 100 a 200 MPa, dependendo do grau de alteração que se encontram.

Na região da travessia, foram realizadas obras de rebaixamento de calha no Rio Tietê, executadas a fogo, que modificaram a configuração do rio e causou o fraturamento da camada de rocha no leito do rio. O projeto inicial previa a execução de túnel com escavação a fogo com tratamento prévio do maciço

com injeções de calda de cimento, em seção de 3,0m de largura e 3,7m de altura. Considerando a pequena cobertura, avaliou-se que a solução apresentava um alto risco de acidente e pequena produtividade já que a escavação necessitaria de cuidados especiais.

4 ASPECTOS CONSTRUTIVOS

A escavação dos dois poços se iniciou praticamente ao mesmo tempo. O poço de emboque tinha diâmetro interno de 8,50m e profundidade de 25,80m. O poço foi concebido com revestimento em concreto projetado armado com tela soldada. Não foi previsto sistema de rebaixamento externo, sendo utilizadas estacas pranchas metálicas ao redor da escavação com o objetivo de limitar a entrada de água pela parede do poço. Os perfis metálicos GU 6N da Arcelor Mittal foram cravados até atingirem o topo rochoso. O mesmo conceito foi utilizado no projeto do poço de chegada, que possuía diâmetro interno de 6,80m e profundidade de 23,50m.

A estaca prancha foi selecionada por dois principais motivos, por ser uma solução mais econômica e para não haver risco de fluxo de calda de cimento para o rio em comparação com a alternativa de execução de colunas de jet-grouting.

Durante a execução, a estaca prancha não conseguiu ser cravada até o topo do maciço rochoso, o que resultou num trecho de solo residual de elevada resistência sem proteção. Quando a profundidade da escavação se encontrava abaixo do fundo da estaca e acima do maciço rochoso, num trecho que ficou sem tratamento, ocorreu entrada de água para o interior da escavação.

Para possibilitar a continuação da obra, foram utilizados drenos tipo barbacãs, na parede do poço, permitindo a passagem da água por um caminho conhecido e controlável. A água interna à escavação foi bombeada continuamente para descarte.



Figura 6: Etapas de construção do poço, (a) instalação da armação antes da concretagem, sendo possível visualizar a estaca cravada e (b) escavação no trecho de transição entre solo e rocha. (Fonte: ATO GeoCompany)

O trecho em rocha dos poços foi escavado a partir de detonações sucessivas, sempre monitoradas por sismógrafos e acompanhadas por ATO. Devido a proximidades das vias, em ambos os poços, era necessário o acompanhamento do departamento de trânsito para garantir o fechamento da via. O poço localizado no bairro Aldeia de Barueri se encontrava próximo das moradias, exigindo um acompanhamento de todas as detonações pela defesa civil. As escavações foram realizadas com sucesso e sem nenhuma intercorrência. Para amenizar os efeitos do desmonte de rocha por explosivos, vibração e ruído, o poço era preenchido com água de reuso antes das detonações.



Figura 7: (a) instalação dos explosivos para desmonte e (b) poço preenchido com água antes da detonação. (Fonte: ATO GeoCompany)

Para a retirada do material escavado, foi instalada uma ponte rolante que içava caçambas com o material escavado. A produtividade nesta escavação do trecho em rocha se limitou pela velocidade deste equipamento em retirar o material detonado.



Figura 8: (a) Retirada do material de escavação através de caçambas (b) vista da ponte rolante a partir da superfície. (Fonte: ATO GeoCompany)

Após a instalação da tubulação da adutora na travessia, os poços foram reaterrados, sendo construídos poços de visita no interior dos dois poços.

5 CONCLUSÃO

O objetivo do trabalho foi apresentar a execução de travessia através de *pipe jacking* sob o Rio Tietê, em Barueri-SP, para a ampliação do Sistema Produtor São Lourenço.

Foi apresentada uma breve discussão sobre a geologia local, o método construtivo empregado e as principais características da obra.

A travessia foi executada sem intercorrências e em prazo satisfatório corroborando com a indicação para utilização de *pipe jacking* em obras similares.

REFERENCIAS

- [1] MATSUI, M.M.; KOCHEN, R. Mini e micro túneis com *shield* (tatução) e revestimento em tubo cravado (*slurry pipe jacking*), revista Engenharia Vol 560, pgs 96 – 101, 2003.
- [2] GEOCOMPANY: Dados de projeto e ATO (Acompanhamento Técnico de Obra) 2018-2019.