



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

“30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA”

CATEGORIA 1

**REMANEJAMENTO DE ADUTORA PARA CONSTRUÇÃO DE TÚNEL EM ÁREA DE
GRANDE ADENSAMENTO URBANO**



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA **11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

1. INTRODUÇÃO

Desde a sua fundação, em 1969, a Companhia do Metropolitano de São Paulo tem se destacado por sua capacidade de construir obras de grande relevância para a cidade de São Paulo, ganhando reconhecimento mundial por seu pioneirismo e inovação.

Ao longo de mais de 50 anos a Companhia tem garantido a segurança dos seus colaboradores, da vizinhança e das estruturas ao redor de suas obras, adotando práticas rigorosas de segurança em todas as suas atividades.

Um exemplo marcante dessa preocupação com a segurança consiste na obra dos túneis sob a Rua Boa Vista, no centro de São Paulo, realizada na década de 1970. Durante essa construção foi necessário solidificar o solo através de injeções de gel químico para permitir a passagem da tuneladora sem comprometer as fundações dos edifícios próximos, conforme relato de Manoel Antônio Margarido, técnico de obras com 44 anos de serviços prestados ao Metrô SP.

Já na expansão da linha 02 verde a Companhia enfrentou um desafio significativo com o remanejamento da Adutora do Rio Claro, uma estrutura de grande porte, com diâmetro de 2.500 mm, localizada na área de influência da Estação Santa Clara. Construída em 1939, a adutora precisou ser remanejada após estudos detalhados e desenvolvimento de projetos executivos de escavação do túnel da estação e da passagem da *Tunnel Boring Machine* (TBM). Os recalques gerados por essas etapas da obra, e o consequente aumento das tensões de deformação, poderiam ultrapassar os limites de segurança estabelecidos,



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

representando um risco inaceitável de rompimento, podendo afetar a população de 2,5 milhões de pessoas abastecidas pela adutora, além de gerar inúmeros transtornos para a execução das obras em desenvolvimento (OLIVEIRA, 2024).

Esses exemplos reforçam o compromisso da Companhia do Metropolitano de São Paulo e de seus funcionários em garantir a execução de obras de maneira segura, reafirmando que a segurança é um valor inegociável em todas as etapas dos projetos e serviços sob sua fiscalização.

Hoje em destaque temos a ampliação da linha 2 Verde, ligando Vila Prudente a Penha. De acordo com o site do Metrô, “A Linha 2-Verde chegará até a Penha, conectando-se com a Linha 3-Vermelha. Ao todo, 1,2 milhão de pessoas serão beneficiadas com 8 novas estações: Orfanato, Santa Clara, Anália Franco, Vila Formosa, Santa Isabel, Guilherme Giorgi, Aricanduva e Penha. A expansão tornará a Linha 2-Verde a mais extensa do sistema com 23 quilômetros. Também vai diminuir os tempos de trajeto da população da Zona Leste e redistribuir o fluxo de passageiros de toda a rede sobre trilhos.”

A Estação Santa Isabel está localizada na Av. Guilherme Giorgi, 1017, no bairro da Vila Santa Isabel, na zona leste da cidade de São Paulo e, em conjunto com a Estação Guilherme Giorgi, compõe o lote 05 das obras de expansão da Linha 2-Verde.

Nos avanços das obras da futura estação Santa Isabel existe uma adutora subterrânea na área de influência das escavações.

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Uma adutora de água consiste em um sistema de tubulações, subterrâneo ou não, que tem como objetivo transportar grandes volumes de água de um local de captação até as áreas de grande demanda, como cidades e indústrias.

Após pesquisas junto à SABESP, verificou-se que esta adutora tem cerca de 70 anos e, visando a segurança das escavações dos túneis, bem como não afetar o equipamento da SABESP, nem prejudicar o fornecimento de água para 50.000 habitantes dos bairros da zona leste paulistana, foi necessária a realização do seu remanejamento.

Tabela 1 - Características aproximadas para tubos de Aço, Ferro Fundido e PEAD.

Material	Módulo de Elasticidade (Gpa)	Celeridade (m/s)	Diâmetro (mm)	Rugosidade C de R. W.	Veloc. (m/s)	Perda unit. J (m/m)	+/- Pulso de Sobrepressão de ALLIEVI (mH2O)
Aço	200	1000	1000	120	2,5	0,0015	254,84
Ferro Fundido	170	1200	1000	130	2,5	0,013	305,81
PEAD	1	324	1000	140	2,5	0,0011	82,57

Fonte: I-204 - Análise comparativa entre materiais de tubulação para construção de redes adutoras de água (SILVA, 2017)

Fonte dos dados Adutora: E-MAIL FUNCIONÁRIOS SABESP

OBJETIVO



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

O objetivo deste artigo é detalhar o processo de acompanhamento do remanejamento de uma adutora de grande porte em um cenário densamente urbanizado, cobrindo as fases antes, durante e após a implantação.

Abordaremos todas as dificuldades encontradas ao longo do projeto, proporcionando uma visão abrangente dos desafios enfrentados e das soluções implementadas.

2. INSTRUMENTAÇÃO

Instrumentação geotécnica é o monitoramento e medição das variações de tensão e deformação (recalque) causadas na execução da obra. O monitoramento das escavações e edificações lindeiras à obra da Estação Santa Isabel é feito por meio de instrumentos externos (pino de recalque, marco superficial, tassômetro, indicador de nível d'água, piezômetro) e instrumentação interna (pino de recalque – seções de convergência).

Para leituras dos deslocamentos horizontais no interior do poço e túneis são utilizados os marcos refletivos (MR) e inclinômetros.

Quanto aos deslocamentos verticais, utilizam-se no entorno da obra os marcos superficiais (MS), pinos de recalque e tassômetros, que medem recalques profundos.

Para o monitoramento da pressão de água do maciço são utilizados os piezômetros; já para definição do nível freático, as leituras são feitas com os indicadores de nível d'água (INA).

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS



Figura 1 - Leitura de instrumentação

A instrumentação geotécnica desempenha um papel crucial na garantia da segurança e eficiência das obras de escavação. A sua importância está relacionada à prevenção, à previsibilidade e ao entendimento do comportamento do maciço em que estamos trabalhando, sendo assim possível identificar potenciais problemas e implementar medidas corretivas antes que possa ocorrer algum acidente.

3. DIAGNÓSTICO: INTERFACE ESCAVAÇÕES DO TÚNEL DE ESTAÇÃO X ADUTORA SABESP

Em 05/05/2023 o Metrô entrou em contato com os responsáveis da SABESP informando que a obra se encontrava na fase de escavação do túnel de estação sob a Avenida Guilherme Giorgi, próximo ao número 1.017. Foi destacado que o consórcio construtor realizou inspeções por meio de prospecções com o objetivo de identificar a adutora e seu material, a fim de garantir sua integridade.

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS



Figura 2 - Prospecção adutora

Para minimizar possíveis transtornos para a comunidade, o Metrô solicitou uma reunião com a SABESP e o consórcio construtor, com os seguintes tópicos: confirmação do cadastro da adutora; verificação da existência de adutoras em operação e abandonadas na área de influência das escavações; confirmação do material das adutoras, especificamente se são de PEAD (Polietileno de Alta Densidade) ou de ferro fundido; apresentação dos resultados de localização da adutora de ferro fundido pelo consórcio e recomendações para a continuidade das escavações, levando em consideração a necessidade de preservar a integridade das tubulações.

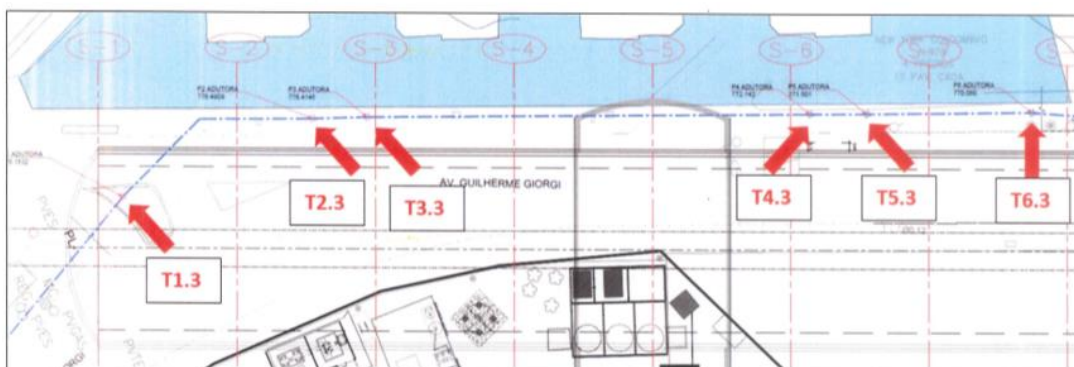


Figura 3 - Pontos de inspeção da adutora realizados pelo consórcio

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Em resposta, a SABESP informou que a rede existente próximo ao local da obra se trata de rede de 600mm, material FOFO (ferro fundido), com data de instalação em 23/07/1959, e alertou que devido ao método construtivo de união entre tubos de junta rígida chumbo, poderia apresentar vazamentos ou rompimentos, provenientes de possíveis movimentações (recalque) de solo durante as escavações.

Após solicitações do Metrô, o consórcio construtor apresentou estudo dos recalques da adutora devidos as escavações até aquela data e, em resposta ao Metrô, de forma preventiva, solicitou tratativas para o remanejamento da adutora, de forma que as escavações do Túnel de Estação, parcialização da calota que será apresentada a seguir neste trabalho, pudessem ocorrer de forma segura.

Abaixo são apresentados os gráficos utilizados pelo Metrô de SP para controle dos recalques na região da adutora em acordo com a etapa das escavações obra da Estação:

- Escavação Túnel Corpo da Estação, galerias laterais (02/01/2023 à 17/08/2023):

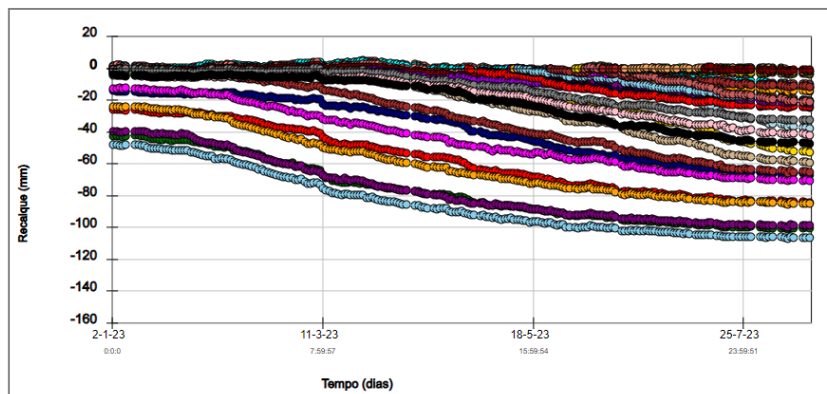


Figura 4 - Gráfico dos recalques na região da adutora entre 02/01/2023 e 17/08/2023

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

- Escavação Túnel Corpo da Estação, Túnel Piloto (06/11/2023 à 16/03/2024) destaca-se que durante este período foi realizado o remanejamento da adutora:

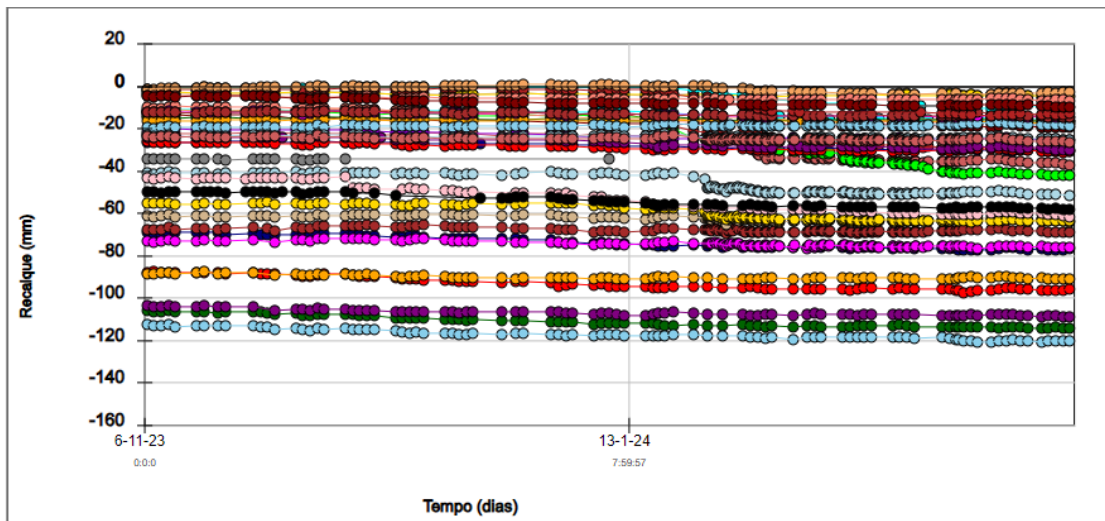


Figura 5 - Gráfico dos recalques na região da adutora entre 06/11/2023 e 16/03/2024

- - Escavação Túnel Corpo da Estação, Calota (23/02/2024 – Em andamento):

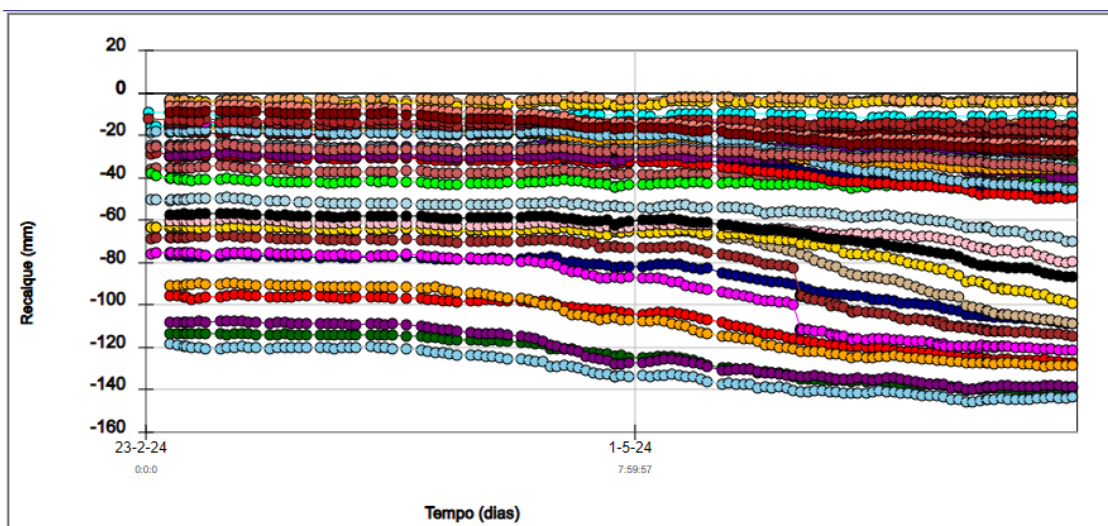


Figura 6 - Gráfico dos recalques na região da adutora de 23/02/2024 até a data atual

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

4. ESTUDOS E PROPOSTA DO REMANEJAMENTO

Os estudos para o remanejamento realizados pelo consórcio construtor após as solicitações do Metrô, que levaram em consideração as necessidades de atualização da rede da SABESP e também os recalques que estariam submetidos a adutora durante as escavações da calota, apontaram que o melhor material para remanejamento seria o PEAD. Assim, foram iniciadas as etapas de planejamento e projetos.

Abaixo são apresentados os projetos de remanejamento da adutora, destacado em azul a adutora em ferro fundido no seu traçado original, em verde, o trecho a ser remanejado executado em PEAD, sob o pavimento asfáltico da Av. Guilherme Giorgi e Rua do Córrego.

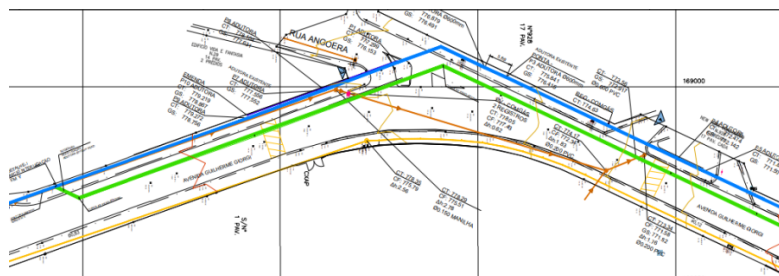


Figura 7 - Projeto remanejamento adutora – 1 de 2

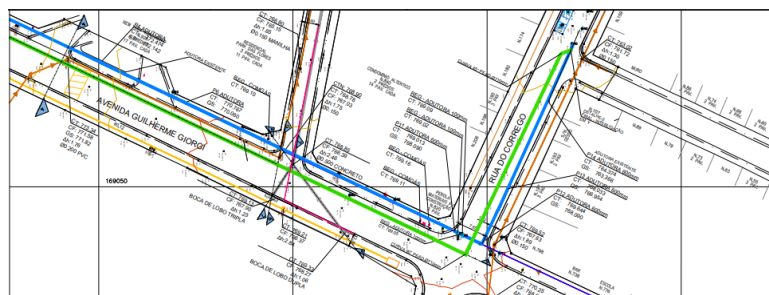


Figura 8 - Projeto remanejamento adutora – 2 de 2

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

5. REMANEJAMENTO X ESCAVAÇÕES

Para a execução das escavações o método utilizado no projeto é o NATM, onde a região tem uma característica predominante em argilas e areias da formação São Paulo, além de atravessar em suas regiões inferiores com siltes do período pré-cambriano. Devido à grande seção do túnel de estação da obra, as escavações foram parcializadas, a fim de evitar grandes desconfinamentos e garantir a segurança do empreendimento e das edificações vizinhas, visto que existem edifícios dentro da área de influência das escavações.

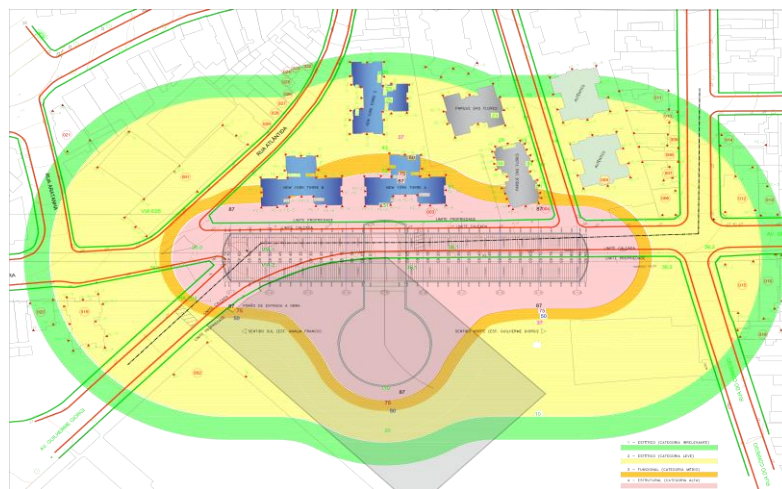


Figura 9 - Área de influência das escavações x lindeiros

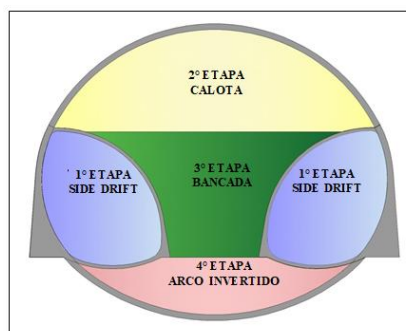


Figura 10 - Etapas de escavação do Túnel de Estação

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Para seguirmos a produção das escavações de forma segura, foi proposta uma alternativa de execução de um túnel piloto.

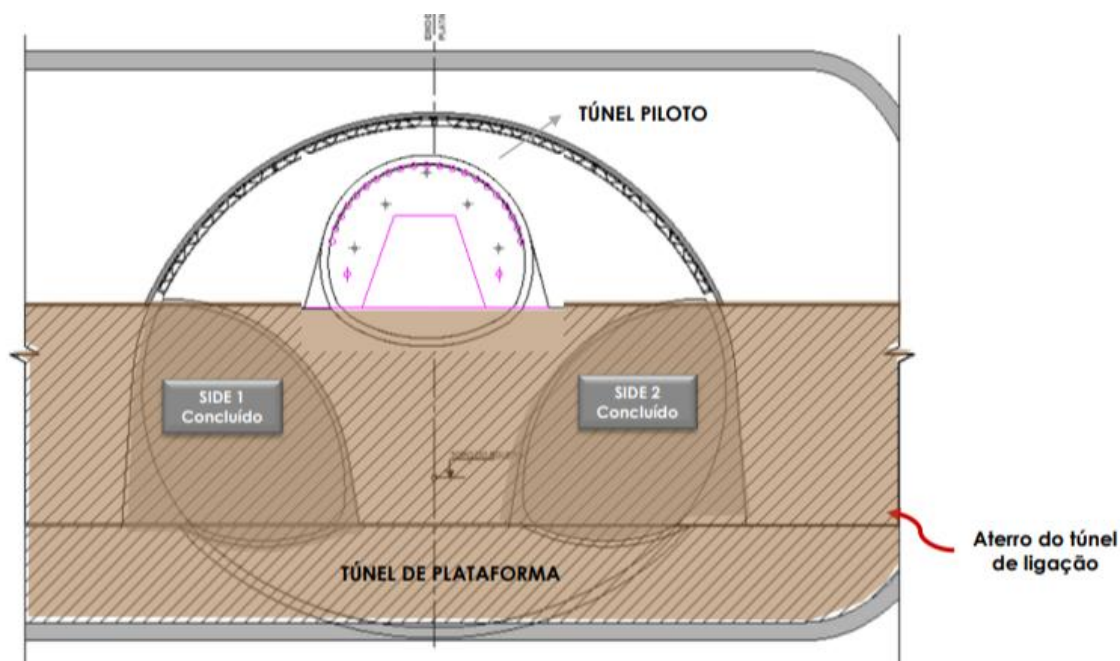


Figura 11 - Projeto do túnel piloto

O túnel piloto se trata de um túnel de menor dimensão, que foi acrescentado no projeto com o objetivo de aumentar a parcialização da calota, aumentando a segurança das escavações e gerando menores recalques em toda região. Estes túneis também servem como uma prospecção para conhecimento e estudo solo na região da calota.

Conforme apresentado no gráfico de controle de recalques acima, esta fase de execução do Túnel Piloto permitiu grande controle, o que permitiu que o remanejamento da adutora pudesse ocorrer durante esta fase executiva sem riscos de rompimentos.

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS



Figura 12 - Execução túnel piloto

6. INTERFACE

Em resumo, o conceito de "interface" em obras de infraestrutura abrange todas as áreas onde diferentes sistemas, entidades e partes interessadas interagem, exigindo uma gestão cuidadosa para assegurar a coesão e o sucesso do projeto.

A equipe do Metrô e o consórcio construtor CCL2V trabalharam juntos para a entrega da obra com a melhor qualidade, no menor tempo e com impacto mínimo à população lindeira. Com isso, foram realizadas reuniões de alinhamento e verificados os pontos críticos da atividade, que foram abordados de diversas maneiras com os respectivos responsáveis.

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS



Figura 13 - Reunião realizada com os moradores

Durante a execução do remanejamento diversas interfaces ocorreram:

- Companhia do Metropolitano de São Paulo (Metrô);

Responsável pelo empreendimento da expansão da linha 2 e pelo gerenciamento da fiscalização de todos os processos de execução da obra.

- Consórcio construtor;

Empresa contratada responsável pela execução do projeto de expansão e responsável pela obra do remanejamento.

- Sabesp;

Concessionária responsável pelos serviços públicos de saneamento básico do Estado de São Paulo. Responsável pela aprovação final do remanejamento, além de ter oferecido apoio técnico e na fiscalização em diversas etapas da obra.

- ICC (Fiscalizadora a serviço do Metrô):



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Responsável pela fiscalização dos serviços executados pela empresa contratada, garantindo o atendimento a todas as especificações, normas técnicas, qualidade e segurança.

- **CET (Companhia de Engenharia de Tráfego):**

Responsável pelo remanejamento, por aprovar o TPOV (Tratamento de Ponto de Ocorrência Viária) e garantir que as mudanças promovam um trânsito mais seguro, eficiente e organizado. Sua atuação abrange desde o planejamento inicial até o monitoramento contínuo, sempre buscando minimizar os impactos negativos e maximizar os benefícios para a comunidade.

- **SWAT:**

Equipe contratada pelo Metrô de apoio e sinalização para interdição de vias públicas ou desvios de trânsito, auxiliando em um trânsito seguro e também visando a segurança dos pedestres (por exemplo, realizando caminhos seguros).

- **Construtora Coroados:**

Empresa terceirizada contratada pelo Consórcio construtor para realizar a obra do remanejamento.

- **Comunicação social:**



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Responsável em garantir uma execução tranquila e bem-sucedida da obra, promovendo a aceitação pública e a cooperação entre todas as partes envolvidas, prestando todo o apoio necessário à comunidade envolvida.

- Outras concessionárias:

Empresas responsáveis por tubulações, redes e outros equipamentos enterrados na área do remanejamento, tais como Comgás, Vivo e Prefeitura da Cidade de São Paulo. Interface quanto à correta locação e possíveis impactos que traria durante a atividade.

7. REMANEJAMENTO NO CENÁRIO URBANO

De acordo com França (2011), a execução de intervenções em áreas urbanas demanda uma preocupação significativamente maior e soluções mais complexas devido aos desvios e fechamentos de trânsito. Esses fatores podem colocar em risco a vida de pedestres, motoristas e colaboradores, além de causar transtornos aos residentes locais. Por conta disso, iremos abordar as dificuldades e soluções encontradas na execução da obra no cenário urbano e evidenciar os fatores que influenciam de forma direta no desenvolver da obra, podendo causar atraso de prazos e aumento de custo.

A atividade se inicia com estudo sobre o tráfego na região e a área mínima necessária para execução da atividade. Para o remanejamento do estudo foi definido apenas a ocupação parcial da via, ou seja, o tráfego em ambos os sentidos foi uma constância durante toda a obra.

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Definida a área ocupada, realiza-se um projeto de desvio de tráfego, o qual é enviado para aprovação pelo órgão competente (no caso, a CET), para em seguida ser executada a sua implantação.

Em seguida a equipe de fiscalização de obra, Metrô e ICC, realiza a verificação do TPOV e se este está conforme projeto, garantindo sempre o trânsito seguro para motoristas e pedestres.



Figura 14 - Montagem do desvio de tráfego

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS



Figura 15 - Caminho seguro para pedestres

- Sujeira na via pública

Os resíduos na via, gerados pela obra, podem acarretar acidentes ou até mesmo descarte irregular de efluentes nas galerias de águas pluviais. Por isso, a fiscalização sempre solicitava o reparo imediato. Além disso, como medida preventiva, eram disponibilizados caminhões pipas para limpeza imediata, de forma a mitigar em menor tempo possível os transtornos gerados para a população.



Figura 16 - Via pública suja de efluentes

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS



Figura 17 - Situação da via após a limpeza



Figura 18 - Bocas de lobo protegidas com geotêxtil para evitar contaminação da rede de água pluviais

- Bloqueio de via pública para carga e descarga de materiais

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Segundo o artigo 95 da Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997: “Nenhuma obra ou evento que possa perturbar ou interromper a livre circulação de veículos e pedestres, ou colocar em risco sua segurança, será iniciada sem permissão prévia do órgão ou entidade de trânsito com circunscrição sobre a via”.



Figura 19 - Bloqueio de avenida para descarga de tubo PEAD

- Fechamento de garagens sem aviso prévio

A execução do desvio de tráfego foi realizada de forma parcial, acompanhando o avanço da obra e planejamento, a fim de evitar o fechamento total dos acessos às garagens dos edifícios localizados na avenida. Nas áreas das garagens, foram feitos fechamentos parciais, mantendo-se sempre um acesso livre para os veículos. No entanto, durante atividades como o descarregamento de tubulações PEAD, descarregamento de areia ou a retirada de material da escavação, caminhões frequentemente ocupavam temporariamente o único acesso disponível, causando transtornos aos moradores, que tinham que esperar a conclusão dessas atividades para retomada do livre acesso.

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Ao presenciar essa situação, a equipe de fiscalização interveio, solicitando que fosse dado um aviso prévio aos moradores sempre que houvesse necessidade de bloquear o acesso. O consórcio construtor acatou a ordem, passando a emitir comunicados prévios e disponibilizando transporte gratuito aos moradores durante os períodos de bloqueio.



Figura 20 - Fila de veículos aguardando descarregamento de tubulação para liberação do acesso



Figura 21 - Escavadeira descarregando material e bloqueando acesso de entrada e saída de veículos

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS



Figura 22 - Dificuldade de saída do morador devido bloqueio irregular

- Interferências com redes de concessionárias de serviços públicos

Nas escavações das valas para a instalação dos tubos PEAD, foram tomados cuidados rigorosos para evitar danos às redes enterradas sob a via pública, como as de gás, água, esgoto, telefone e fibra ótica. Nas áreas onde os registros indicavam a presença de interferências, a abertura das valas era realizada manualmente até a localização precisa das redes.

No entanto, muitos cadastros de infraestrutura estão desatualizados ou incompletos, o que pode levar a imprecisões na localização dessas redes.

Durante o remanejamento, ocorreram incidentes de rompimento de tubulações de gás e de água, destacando a importância de revisões e atualizações constantes nos cadastros de redes subterrâneas. Para a resolução foi feito o contato imediato com as concessionárias responsáveis, de forma a reestabelecer os serviços no menor tempo possível. Além disso,

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

em momentos de ocorrências as responsáveis pela comunicação social prestaram pronto atendimento à população, esclarecendo dúvidas e fornecendo todo apoio necessário durante o período de interrupção dos serviços.



Figura 23 - Rede de gás rompida



Figura 24 - Rede de água rompida

7.1 FASES DA OBRA

7.1.1 Localização e prospecção

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

A fase inicial da obra do remanejamento aconteceu com a preocupação inicial do Metrô quanto aos recalques ocasionados pela escavação dos túneis da estação Santa Isabel e seu impacto nas estruturas lindeiras.

A existência da adutora era de conhecimento por conta dos projetos da série D1, referente ao cadastro das redes enterradas na área de influência da obra, porém, ainda não era precisa a informação sobre seu material e a sua correta localização.

Iniciou-se então um trabalho de prospecção e definição da estrutura da tubulação, no mês de março, em conjunto com a equipe de engenharia do consórcio. Tal atividade foi realizada com pequenas aberturas em diversos pontos definidos no projeto de cadastro, bem como em um poço de visita localizado à montante da bacia de recalque da obra.

Em conjunto com o retorno da Sabesp sobre o correto material em que a adutora foi executada, foi definida a necessidade da substituição e remanejamento da rede.

Concomitantemente a esse serviço, foram instalados instrumentos superficiais para monitoramento do avanço dos recalques.



Figura 25 - Instalação de instrumento na adutora para monitoramento

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS



Figura 26 - Prospecções

7.1.2 PROJETOS

Definida execução do remanejamento, foram realizados estudos para definição da nova posição da adutora, que foi demonstrado no item 4, bem como os projetos de desvio de tráfego, área de ocupação para a obra e de sinalização vertical e horizontal.

Como o trecho remanejado foi executado fora da bacia de recalque, apresentando um total de 406 metros de tubulação substituída e com o intuito de minimizar o impacto para a população lindeira, foi definida a execução da obra em duas etapas, com a ligação da nova rede à existente ao término dessas fases.

Também foi definido o método executivo, sendo este o de abertura de valas escoradas, para posterior lançamento da tubulação de PEAD, com 12 metros de comprimento e a solda topo desses tubos, para em seguida ser realizado o reaterro da vala e recomposição do pavimento.

7.1.3 ENTREGA DOS MATERIAIS

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Após a definição do material da nova adutora, bem como seu traçado e comprimento total, o próximo passo foi a obtenção de todas as peças e equipamentos necessários para o remanejamento. Em um esforço conjunto entre o Metrô, Sabesp e o Consórcio Construtor, foi possível reduzir significativamente o prazo de entrega. Exemplos desse esforço incluem a substituição do transporte dos tubos PEAD de navio para transporte aéreo, além do empréstimo, por parte da Sabesp, de peças já disponíveis para serem instaladas nas interligações a montante e jusante. Foram adquiridos tubos em PEAD, aço carbono, luvas metálicas, válvula borboleta, ventosas e acessórios em aço carbono.



Figura 27 - Armazenamento de tubos

7.1.4 EXECUÇÃO DO REMANEJAMENTO

A atividade teve seu início liberado após a aprovação de todos os projetos, executivo, ocupação de área e sinalização, e obtenção do TPOV junto ao CET, no dia 15/11/2023, com previsão para término em 60 dias.

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Inicialmente foram montados tapumes na Avenida Guilherme Giorgi, na altura da Rua Palas até a portaria do Edifício New York, além de execução de passagem para circulação de pedestres.

Um grande desafio remete à não interdição de vias ou alteração da circulação de veículos, já que a avenida apresenta fluxo constante de automóveis, além de linha de ônibus e circulação de veículos pesados.

Após a ocupação da área, foi demarcada a região de abertura da vala, seguida pelo corte do pavimento, escavação e escoramento com pranchas de madeira.

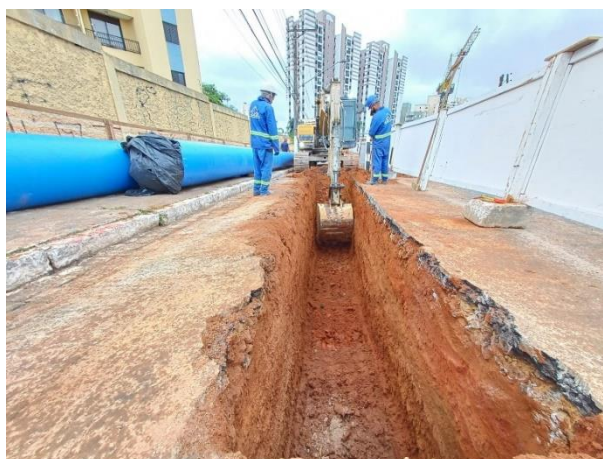


Figura 28 - Abertura de vala

Foram realizadas prospecções prévias à escavação para localização de outras redes enterradas no traçado do remanejamento, para a escavação ser realizada de maneira mais cuidadosa nessas áreas.

Em seguida, realizou-se o lançamento de berço de areia para acomodação dos tubos em PEAD e o transporte dos tubos, da área do canteiro para a frente de obra.

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS



Figura 29 - Lançamento de tubo PEAD



Figura 30 - Tubo acomodado sobre berço de areia

A fase seguinte consistiu no alinhamento e solda topo desses tubos, com equipamento específico que continha berço para posicionamento dos tubos e movimentação com pistões hidráulicos e uma chapa elétrica, que após ser aquecida realizava a solda de topo. Após o resfriamento, era realizada a verificação da qualidade da solda, por fiscal habilitado e em seguida o lançamento dos tubos na vala.

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

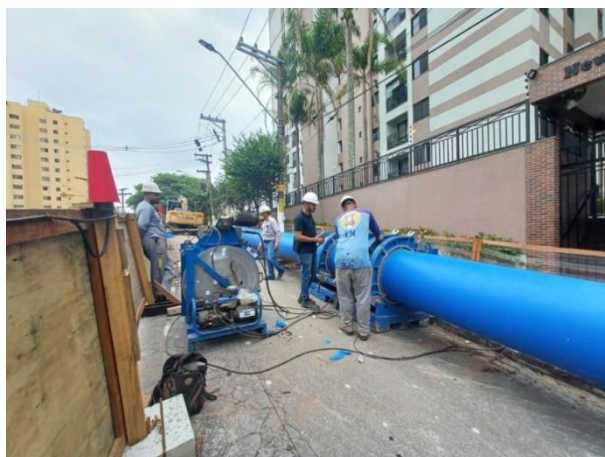


Figura 31 - Execução de solda em local externo a vala de assentamento

Devido ao seu comprimento, não foi possível realizar todas as soldas fora da vala. Para os casos em que a solda foi realizada dentro da vala, se fez necessário o alargamento da escavação, para a descida do equipamento de solda. Nas obras este procedimento de alargamento recebe o nome popular de cachimbo.



Figura 32 - Execução de solda em vala

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA **11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

Em seguida, seguindo as normas da Sabesp, para liberação do aterro da tubulação, é necessária a execução de aterro hidráulico de areia com compactidade superior a 70%. A atividade seguiu com o lançamento de nova camada de areia lavada e sua posterior compactação, com a utilização de água e vibradores mecânicos.



Figura 33 - Aterro da tubulação

Para finalizar o trecho executado, uma nova camada de material é lançada sobre a areia, dessa vez composta por brita graduada simples (BGS), com a compactação e, por fim, a recomposição do pavimento com binder e asfalto frio tipo CBUQ.



Figura 34 - Recomposição da pavimentação



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Essa sequência executiva foi seguida durante as duas fases. A segunda fase da obra foi realizada do término da primeira, em frente do condomínio Edifício New York, até a Rua do Córrego, no encontro com a Rua Sílvio Floreal.

Um dos desafios encontrados na 2ª etapa foi a execução das valas em frente a condomínios prediais residenciais, com alta circulação de veículos. Nesse trecho também ocorreu o estreitamento da Avenida Guilherme Giorgi, sendo necessária uma melhor logística e planejamento nas movimentações dos materiais e retirada do solo escavado.

Essa fase da obra foi finalizada com a chegada da tubulação remanejada nas regiões de interligação a montante e jusante, fase crítica da obra. Um ponto de grande impacto remete à localização da interligação a montante. A locação do projeto se mostrou não correspondente à real, sendo localizada sob o muro de divisa do condomínio Fantasia, próximo ao pé de um talude do condomínio, sendo, portanto, uma região insegura para a atividade. Foi estudado e liberado o prolongamento da tubulação em cerca de 18 metros, até a esquina com a Rua Palas, extensão executada para liberação da interligação.

É importante ressaltar que durante todo o período de obra de remanejamento, como medida preventiva, foram realizados comitês de inspeção que diariamente inspecionavam a adutora em ferro fundido que estava em operação, com verificação de todos os pontos de inspeção instalados em pontos estratégicos da tubulação atual, da ocorrência de vazamentos nas juntas tubo-bolsa, além de inspeção visual do pavimento e da



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

calçada. O gráfico de recalque dos marcos superficiais instalados também era inserido na ata gerada após cada inspeção.

Esse comitê era composto por todas as partes interessadas no remanejamento, como Sabesp, fiscalização do Metrô, produção, engenharia e comunicação social do Consórcio CCL2V e de geólogo da projetista.

Por fim, esse documento era enviado de maneira a se manter o registro da evolução do remanejamento, comparativo caso ocorresse a evolução dos recalques, reafirmando o compromisso com a segurança de todos.

7.1.5 INTERLIGAÇÃO À MONTANTE E JUSANTE.

Com a evolução do remanejamento, foram iniciados os estudos e reuniões referentes às interligações a montante e jusante. Essa atividade apresentou alta criticidade, visto que era necessária a interrupção do abastecimento, com o fechamento de toda a rede, para execução de corte da adutora atual e junção ao trecho remanejado.

Devido ao tempo e complexidade das atividades, foram separadas em duas fases as interligações da adutora, a primeira executada no dia 16/02/2024, com a interligação à montante, e a segunda no dia 26/02/2024, à jusante. Esta estratégia foi adotada para que em nenhum momento houvesse interrupção no abastecimento de água para população.

A seguir, tabela com as atividades executadas e o tempo de duração de cada uma. Como dito, pela necessidade de esgotamento total da rede, era de suma importância a conclusão da atividade no menor tempo possível, com o intuito de não afetar a população

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

abastecida. Tal objetivo foi cumprido com prioridade, com a interligação à montante sendo finalizada com 1 hora de antecedência ao prazo estipulado pela SABESP.

Tabela 2 - Cronograma de atividades interligação à Montante

CRONOGRAMA DE INTERLIGAÇÃO DE ADUTORA - MONTANTE				
ITEM	ATIVIDADE	INÍCIO (HORÁRIO)	TÉRMINO (HORÁRIO)	DURAÇÃO (HORAS)
1.1	FECHAMENTO DA ÁGUA DA ADUTORA EXISTENTE	19:25:00	-	-
1.2	ESGOTAMENTO DA TUBULAÇÃO	19:25:00	00:50:00	05:25:00
1.3	CORTE DE TUBULAÇÃO	00:50:00	01:10:00	00:20:00
1.4	RETIRADA DE TUBULAÇÃO CORTADA	01:10:00	01:20:00	00:10:00
1.5	MONTAGEM DE JUNÇÃO Y 45 COM VÁLVULA BORBOLETA, COM FLANGES PN10, FOFO, DN600	01:20:00	04:00:00	02:40:00
1.6	HIGIENIZAÇÃO DA REDE COM CLORO (SERVIÇO A SER EXECUTADO PELA SABESP)	-	-	-
1.7	ANCORAGEM (CRAVAÇÃO DE PERFIL METÁLICO COM BATE ESTACA)	04:10:00	05:00:00	00:50:00
1.8	LIBERAÇÃO DE REDE	05:00:00	-	-
			DURAÇÃO TOTAL	09:25:00

A atividade consistiu no desligamento total da rede, seguido pelo corte e esgotamento da tubulação. A seção cortada foi retirada da vala e foi realizada a montagem e conexão da junção Y em 45º, em aço carbono, com o auxílio de luvas metálicas parafusadas a flanges do tipo PN em cada extremidade. Esse tipo de flange é utilizada como sistema de vedação em condições de operação severa, ou seja, para suportar as altas pressões de operação da adutora. Na extremidade da junção em Y que será conectada à tubulação de PEAD foi instalada a válvula borboleta, válvula responsável pela abertura ou fechamento da rede.

Por fim, foram cravados perfis metálicos para ancoragem de toda a interligação e realizada a liberação para operação de rede. Nota-se que o fluxo de água foi mantido na



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

tubulação original da adutora, sendo remanejado para a tubulação de PEAD apenas após a segunda fase de interligação.

Após a primeira fase de interligação, foram executados ensaios de pressurização, para constatação da integridade de toda a rede e a lavagem e higienização. Em conjunto, a tubulação da operação de interligação estava sendo preparada e montada, com equipe de soldadores.

Tabela 3 - Cronograma de atividades interligação à Jusante

CRONOGRAMA DE INTERLIGAÇÃO DE ADUTORA - MONTANTE				
ITEM	ATIVIDADE	INÍCIO (HORÁRIO)	TÉRMINO (HORÁRIO)	DURAÇÃO (HORAS)
2.1	FECHAMENTO DA ÁGUA DA ADUTORA EXISTENTE	19:00:00	-	-
2.2	ESGOTAMENTO DA TUBULAÇÃO	19:00:00	20:45:00	1:45:00
2.3	CORTE DA TUBULAÇÃO	21:10:00	21:40:00	0:30:00
2.4	RETIRADA DA TUBULAÇÃO CORTADA	21:45:00	22:00:00	0:15:00
2.5	MONTAGEM DE CURVA DE 45º, SERÁ NECESSÁRIO SOLDA PARA AJUSTES NAS REDUÇÕES DE 600MM E 400M	22:18:00	6:00:00	7:42:00
2.6	ANCORAGEM (CRAVAÇÃO DE PERFIL METÁLICO COM BATE ESTACA)	6:25:00	7:08:00	0:43:00
2.7	LIBERAÇÃO DA REDE	7:50:00	-	-
			DURAÇÃO TOTAL	12:50:00

Nos dias 26 e 27 de fevereiro foi executada a 2ª etapa da interligação, localizada à jusante da tubulação. Assim como na etapa anterior, as atividades iniciais foram a de fechamento e esgotamento da rede, corte e saque do tubo de ferro fundido. Em seguida foram descidos dois tubos de aço carbono, um para conexão na luva da tubulação de PEAD e o outro para a luva na tubulação de ferro fundido, que apresentava redução de 600mm para 400mm. Após alinhamento e marcação, os tubos foram içados para a solda de união na altura da curva em 45º.



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Foram executados ensaios de ultrassom e líquido penetrante, as soldas foram liberadas, o tubo de aço carbono foi novamente içado para a vala e realizou a conexão da tubulação PEAD com a adutora em ferro fundido, com o aperto dos parafusos das luvas metálicas em ambas as extremidades.

A atividade prosseguiu com a cravação de perfis para ancoragem da interligação. Foi instalada uma flange cega na junção em Y da tubulação à montante e realizado o religamento da rede com abertura da válvula borboleta.

As duas interligações foram concluídas sem impactos ao abastecimento da região e sem reclamações dos lindeiros à obra.

Cabe destacar que a população foi comunicada previamente de todas as atividades, de forma a mitigar os transtornos.

Para complementar a ancoragem das regiões de interligação, foram executados blocos de concreto conectados aos perfis cravados e um poço de visita junto à válvula borboleta.

Toda a região de escavação teve o pavimento reexecutado, sendo devolvidas as condições anteriores às intervenções das obras de remanejamento, e, no dia 09/04/2024, a via foi liberada.

8. ANÁLISE DE RESULTADOS

Podemos considerar a realização do remanejamento como uma atividade que obteve sucesso e trouxe diversos benefícios, incluindo maior segurança para as etapas

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

subsequentes da obra, maior suporte aos recalques, aprimoramento das operações da Sabesp, atualização dos cadastros regionais, e uma nova adutora para milhares de pessoas atendidas, além de manter uma adutora em condições mais seguras sobre o túnel da estação Santa Isabel que, após às obras entregues, atenderá milhares de passageiros diariamente.

A execução de ambas as interligações ocorreu conforme cronograma, com o religamento realizado sem que a população sentisse o desabastecimento da rede.

Conforme previsão, a escavação das calotas em ambos os túneis de estação trouxe incrementos de recalques e adensamento do solo em todas as seções, sendo transmitidos até a superfície. Mesmo com esses incrementos, não foram observados vazamentos ou rompimento na adutora, demonstrando a assertividade na sua execução.

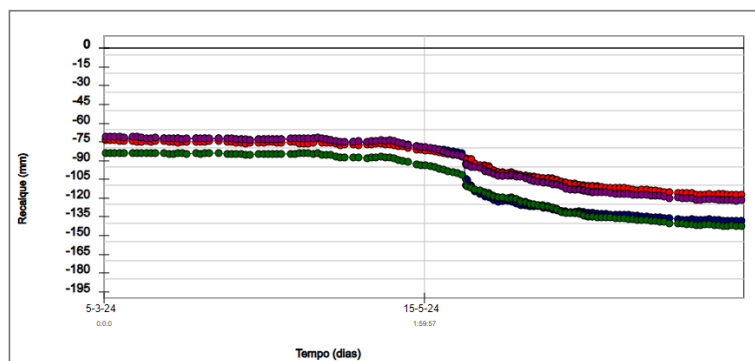


Figura 35 - Gráfico dos recalques da escavação da calota do túnel de estação

No dia 10/07/2024, após recebimento e análise de todos os projetos, liberações, resultados de ensaios e relatórios, foi emitido pela SABESP o ofício com o aceite dos

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

serviços executados da rede nova em PEAD, dando-se, portanto, como concluído o remanejamento.

São Paulo, 10 de julho de 2024

Ofício nº 0114/2024

Referência: Recebimento Remanejamento da adutora de ferro 600mm fundido para PEAD, 710mm localizada na Av. Guilherme Giorgi - Futura estação Santa Isabel.

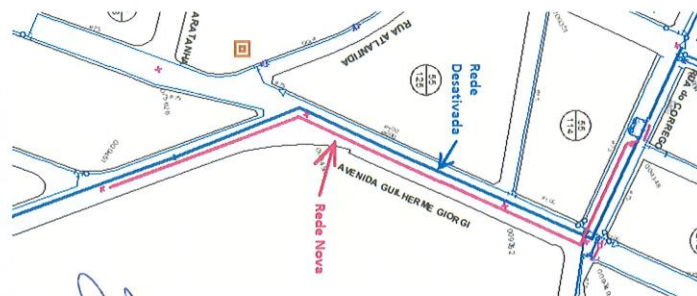
Prezados senhores,

A Sabesp – Cia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, realizou as inspeções e considerou “ACEITO” todos os serviços realizados no Remanejamento da adutora de ferro 600mm fundido em frente a futura estação Santa Isabel, expansão da Linha 2-Verde Metrô, executados através do fornecimento de mão de obra e todos os materiais necessários para o remanejamento, abertura das valas e contenções do trecho com perfil pranchado, assentamento das tubulações, conexões e acessórios além da construção de caixa e instalação de ventosa, bem como a interligação da adutora realizados em sua totalidade com qualidade e prazo adequado .

Todos os serviços foram realizados com o acompanhamento da equipe técnica da Superintendência do Sistema Linear – OG, do Departamento de Manutenção sistemas lineares Centro Leste - OGLC e os materiais fornecidos como tubulações, conexões e acessórios da adutora e da caixa de ventosa foram inspecionados e liberados pela equipe da Superintendência de Suprimentos e Contratações Estratégicas - CSQ.

Foram concluídos todos os testes e ensaios conforme normativos vigentes para aceitação da adutora remanejada e também o preenchimento com argamassa do trecho que foi desativado.

Croqui de localização e pendente de lançamento no sistema de Georeferenciamento de ativos lineares Sabesp.



Marco Antonio de Oliveira
Gerente do Divisão de Manutenção de Sistemas Lineares Centro Leste.

Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - Sabesp
Unidade de Negócio Manutenção Sistema Linear – OG
Departamento de Manutenção Sistema Linear Centro Leste – OGLC
Rua, Coronel Diogo nº 275 – Vila Mariana – CEP 01545-00 – São Paulo, SP www.sabesp.com.br

Figura 35 - Ofício de aceite do remanejamento por parte da SABESP



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

9. CONCLUSÃO

A execução do remanejamento exemplifica a complexidade e a importância da coordenação entre diversas entidades e a aplicação rigorosa de técnicas de engenharia para garantir a segurança e a eficiência em um ambiente urbano densamente povoado.

O projeto enfrentou vários desafios, desde a identificação e verificação das redes enterradas, até a execução das escavações e a substituição das tubulações de grande porte. A decisão inicial de substituir o material da adutora de Ferro Fundido por PEAD foi fundamental para aumentar a capacidade de absorção de recalques e minimizar os riscos de rompimentos durante as escavações. A execução do remanejamento em paralelo à execução do túnel piloto ilustra a capacidade técnica da equipe envolvida e reforça o empenho em manter a segurança de todos como marca do Metrô SP.

A abordagem sistemática para a gestão das interfaces e a minimização dos impactos à população local, incluindo a comunicação proativa e o planejamento cuidadoso do tráfego, demonstram um compromisso com a segurança e a qualidade de vida dos moradores da região.



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Companhia do Metropolitano de São Paulo – Sobre ampliação linha 2-Verde / Vila Prudente – Penha. Disponível em: <https://www.metro.sp.gov.br/obras/linha-2-verde/> [s.d.]

FOCO, EM. "INSTRUMENTAÇÃO GEOTÉCNICA EM OBRAS SUBTERRÂNEAS."

FRANÇA, A. **Métodos executivos de obras de arte especiais: Estudo de caso em construção em meio urbano.** Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p. 99. 2011.

Oliveira, Marcel Salomão. O metrô de São Paulo e o remanejamento da adutora do Rio Claro. **Brasil Engenharia.** V.08, p.59-62. 2024.

SILVA, D. **Análise da viabilidade do uso de PEAD no sistema de abastecimento de água.** Monografia (Pós-graduação lato sensu em gestão em recursos hídrico, ambientais e energéticos) – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira. São Paulo, p.68. 2018.

Samuel Pupo. (2023, 11 de Julho). Em qualquer obra de ampliação rodoviária uma das etapas mais exaustivas é a remoção de interferências [Miniatura com link anexado] [Postagem]. LinkedIn. <https://pt.linkedin.com/pulse/remanejamento-de-interfer%C3%A2ncias-em-obras-rodovi%C3%A1rias-samuel-pupo>



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

FREITAS, Clayton. Adutora que abastece 2,5 milhões de pessoas é desviada para obra do Metrô. **Veja São Paulo**. São Paulo – 18, abril, 2023. Disponível em: <https://veja.sp.abril.com.br/cidades/sp-metro-adutora-desvio-linha-verde>. Acesso em: 15 Jul.2024.

CHIAVARI et. al. A Importância de Aprimorar a Definição e a Delimitação da Área de Influência de Projetos de Infraestrutura. **Climate Policy Initiative**, 2020. Disponível em: <https://www.climatepolicyinitiative.org/pt-br/publication/a-importancia-em-aprimorar-a-definicao-e-a-delimitacao-da-area-de-influencia-de-projetos-de-infraestrutura/>. Acesso em: 15 Jul.2024.

SALLA et. al. I-005 – Adutora de grande porte – Metodologia para quantificação da constante K de Bresse. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 30, 2019, Natal. p.01-10.

SILVA et. al. I-204 – Análise comparativa entre materiais de tubulação para construção de redes adutoras de água. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 29, 2017, São Paulo. P.01-05.