



AEAMESP



FECHAMENTO ENTRE VIGAS-GUIA NA LINHA 15 – PRATA DESAFIOS EM SUA EXECUÇÃO

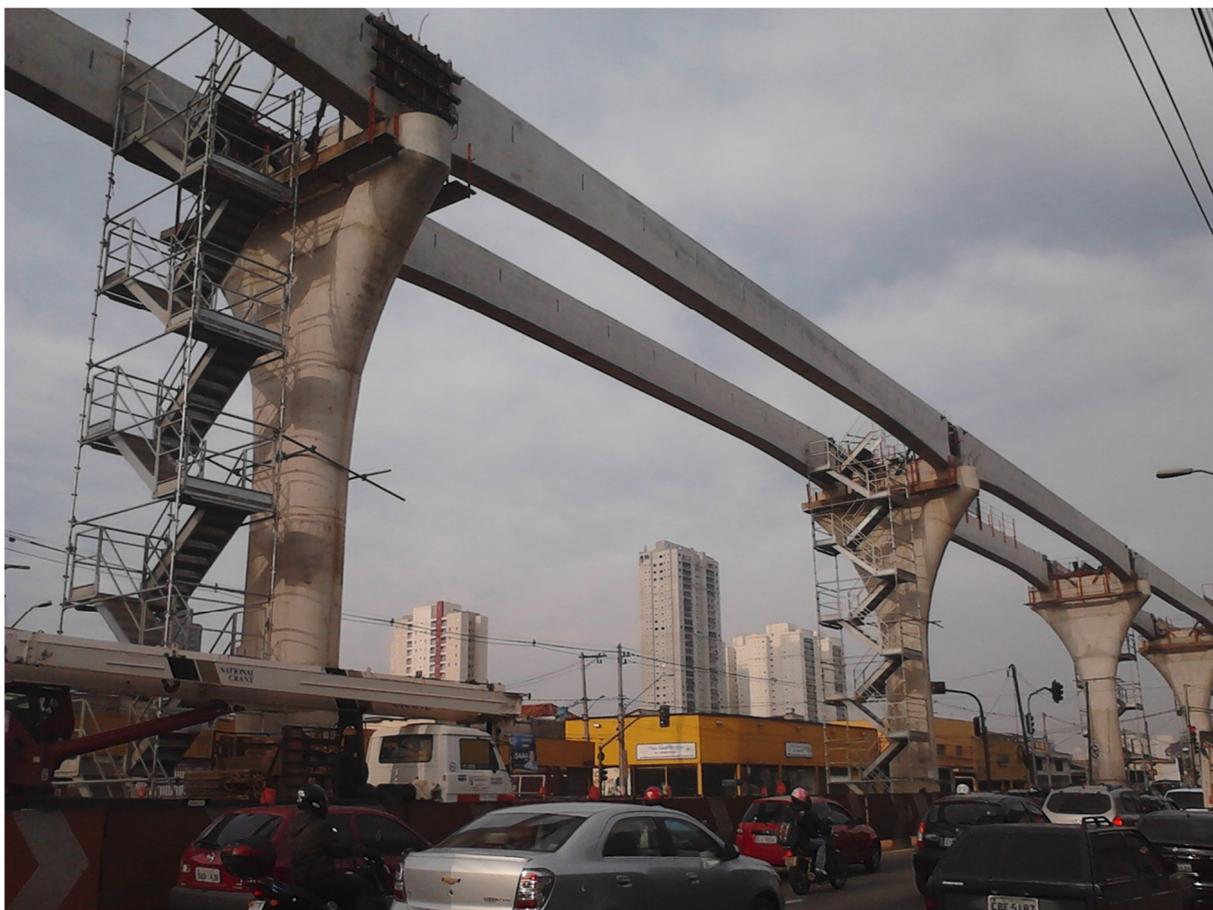
Rodolfo Szmidke

“21ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA”

“2º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS”

CATEGORIA 3 - TECNOLOGIAS DE IMPLANTAÇÃO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO
DE SISTEMAS DE TRANSPORTE

FECHAMENTO ENTRE VIGAS-GUIA NA LINHA 15 – PRATA – DESAFIOS EM SUA
EXECUÇÃO



Objetivo

Apresentar as etapas de trabalho para a execução dos fechamentos entre as vigas-guia na via permanente da Linha 15 – Prata, ilustrando os desafios encontrados durante a execução desta atividade e um breve relato das patologias observadas, em um sistema de transporte inovador no Brasil.

Introdução

O monotrilho da Linha 15 - Prata é um projeto pioneiro no Brasil. Tendo suas obras iniciadas em 2010, hoje conta com um trecho de 2,8 km compreendido entre as estações Vila Prudente e Oratório em operação, tendo sido inaugurado em agosto de 2014.



Foto 1 – Vista do trecho em operação

Para a construção desta linha pode-se traçar uma pequena comparação entre a via permanente do Metrô comum e as vias do Monotrilho. A primeira diferença que se faz presente é o material de que são constituídas as vias, sendo no caso da primeira, em trilhos de metal e, no caso da segunda, em vigas de concreto. Outra diferença notável é o fato de a via do Metrô possuir duas linhas de trilhos para a passagem de um trem, enquanto que a via do monotrilho se constitui de apenas uma linha constituída de vigas-guia de concreto, onde o trem circula com pneus abraçados a ela.



Fotos 2 e 3 – Vista da via permanente do monotrilho

Para a execução da via do monotrilho, são lançadas as vigas-guia e sobra um vazio entre as mesmas para ser preenchido posteriormente. Este vazio é o fechamento das vigas-guia, que costuma ser denominado como monolitização na Linha 15 – Prata, ou consolidação na Linha 17 - Ouro.

Comparando-se novamente à via permanente de trilhos de Metrô, pode-se dizer que este fechamento seria como a solda dos trilhos de uma via permanente de metrô convencional. No caso do monotrilho, esta solda nada mais é do que o enchimento de concreto entre as vigas-guia no topo dos pilares, conforme as fotos abaixo:



Foto 4 – Solda em via de Metrô convencional
Fonte: <http://i.ytimg.com/vi/wVOZ50dMK1g/maxresdefault.jpg>



Foto 5 – Concretagem de fechamento entre vigas-guia – comparação com a solda

Em diversas vias permanentes férreas, é utilizada uma tala de junção para unir peças de trilhos adjacentes, e para garantir a dilatação entre os mesmos. No caso da via permanente do monotrilho, como a mesma é toda feita em concreto e este material se dilata, para não ocorrerem fissuras ou mesmo a ruína da via permanente, geralmente a cada 120 metros de via é executada uma junta de dilatação, que prescinde de um conjunto de peças metálicas, denominadas Finger Plate e Pivô de Travamento, que garantem o travamento da via permanente e o conforto durante a passagem do trem.

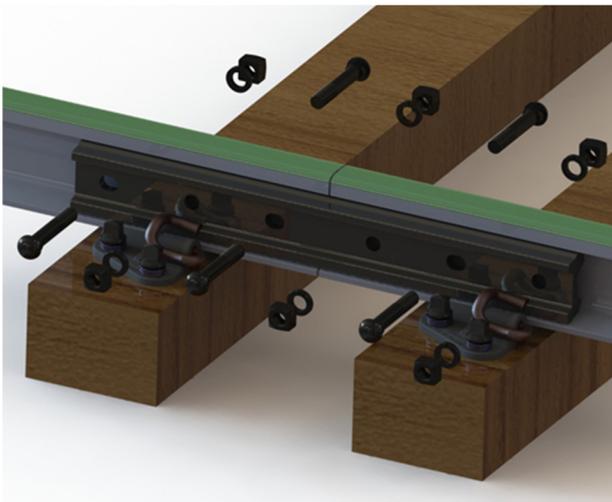


Foto 6 – Vista de tala de junção ferroviária
Fonte: <http://www.brrailparts.com.br/images/produtos/f2m.jpg>



Fotos 7 e 8 – Vista do Finger Plate e Pivô de Travamento

Com isto, pode-se observar uma série de particularidades durante a execução destes fechamentos entre as vigas-guia, desde a montagem da armação, passando pelos elementos

constituintes, até a concretagem e cura dos fechamentos, tendo sido vencidos diversos desafios durante sua execução.

Desta maneira, busca-se melhorar a compreensão do que é este fechamento e contribuir para a capacitação da engenharia nacional para a execução deste novo modelo de transporte.

Diagnóstico

Serão apresentadas separadamente todas as etapas necessárias para a execução dos fechamentos típicos entre as vigas-guia, sendo ilustradas as diferenças entre os fechamentos de pilares simples e pilares com juntas de dilatação.

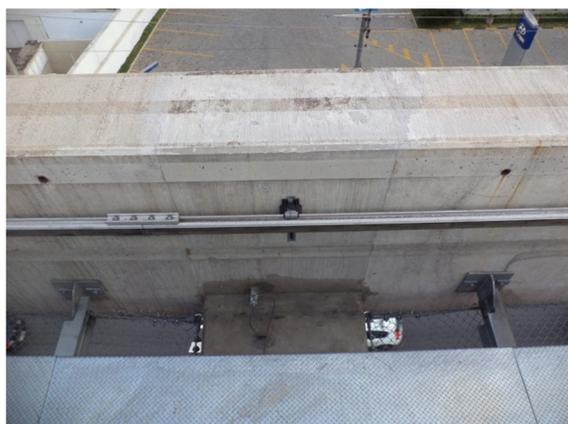


Foto 9 – Fechamento de pilar simples

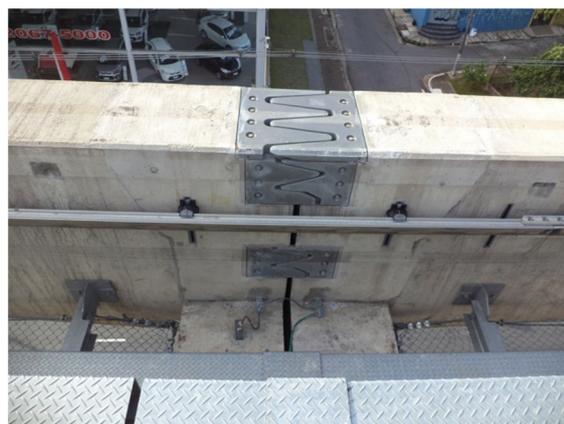


Foto 10 – Fechamento de pilar com junta de dilatação

Serão abordados os desafios encontrados em cada etapa destes fechamentos e no final serão brevemente apresentados alguns fechamentos entre vigas-guia diferenciados.

De maneira geral, os fechamentos de vigas-guia são executados no topo das vigas travessas dos pilares do monotrilho, conforme figura abaixo:

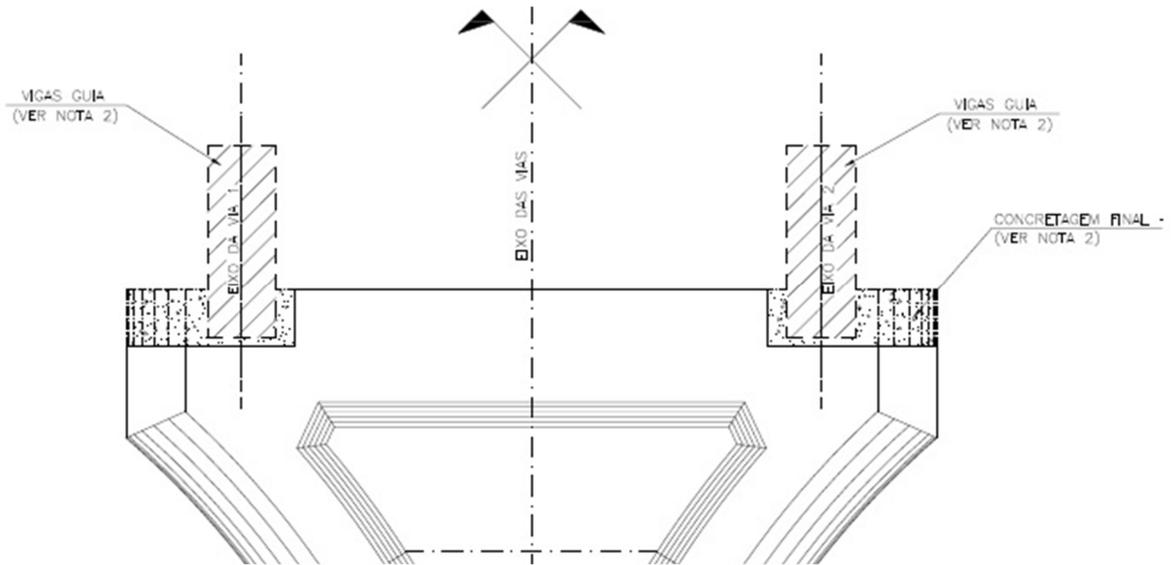


Figura 1 – Vista do topo da viga travessa
Fonte: Metrô/SP

A figura abaixo apresenta um detalhamento da figura anterior, com o corte para um fechamento de pilar simples, e um para o fechamento de pilar com junta de dilatação:

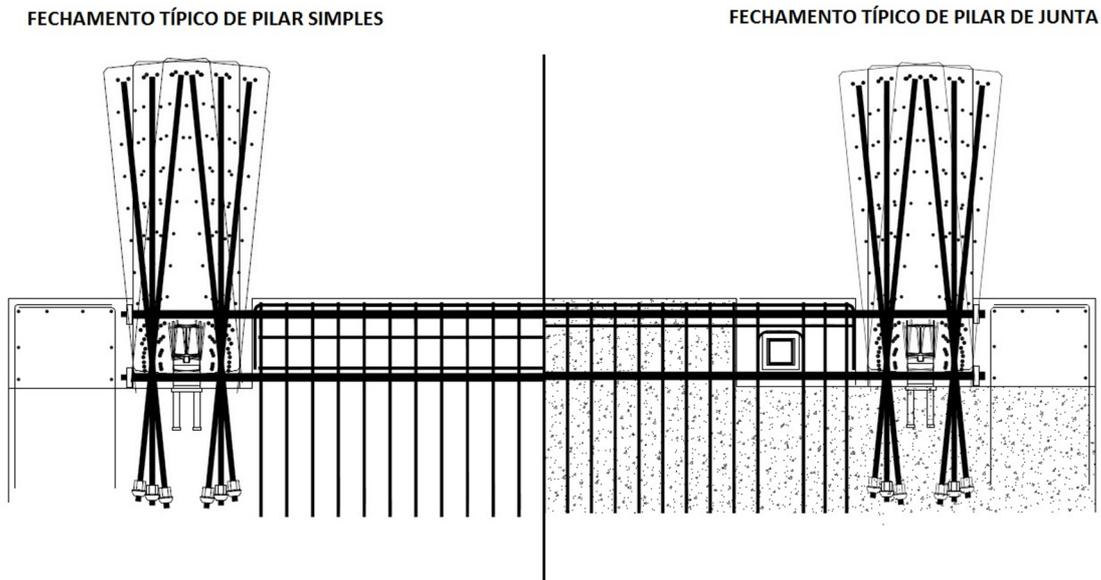


Figura 2 – Vista dos fechamentos de viga-guia
Fonte: Metrô/SP

As etapas de execução dos fechamentos das vigas-guia são separadas conforme figura a seguir:

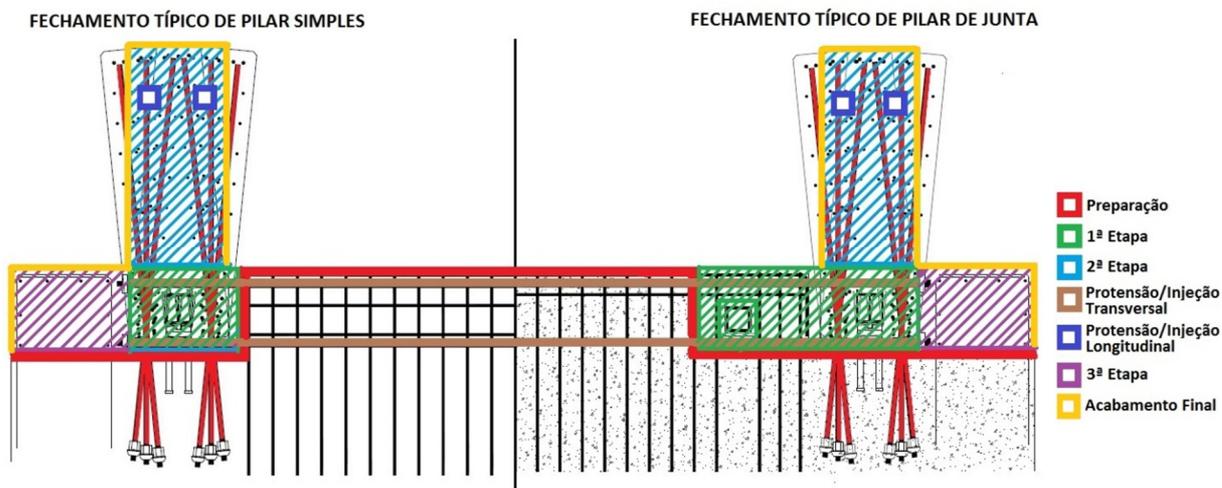


Figura 3 – Vista das etapas de execução dos fechamentos de viga-guia

Estas etapas de execução dos fechamentos podem ser realizadas conforme o fluxograma abaixo:

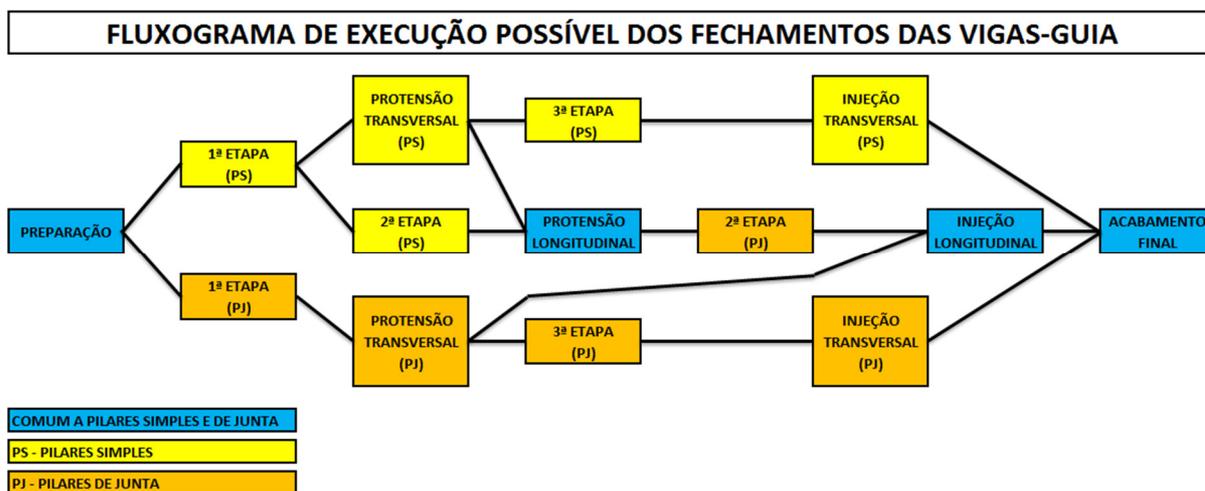


Figura 4 – Fluxograma de execução possível dos fechamentos

Nas obras da linha 15 – Prata, de modo a atender a demanda de projetos e facilitar a execução dos fechamentos, foi adotado o seguinte fluxograma de trabalho:

FLUXOGRAMA DE EXECUÇÃO DOS FECHAMENTOS DAS VIGAS-GUIA EXECUTADOS NA LINHA 15 - PRATA

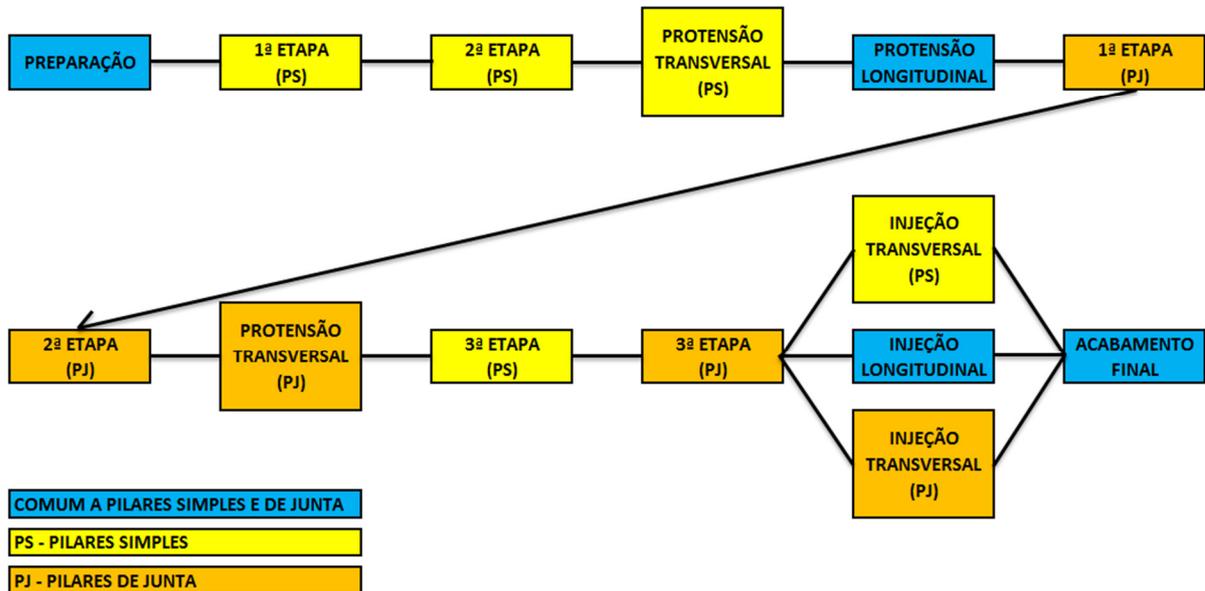


Figura 5 – Fluxograma de execução realizado na linha 15 - prata

Serão abordadas a seguir as etapas de trabalho conforme o fluxograma de execução adotado para os fechamentos das vigas-guia na Linha 15 – Prata.

Preparação do topo dos pilares antes do início dos fechamentos

Um dos grandes erros observados em campo foi o de imaginar que a execução do fechamento entre as vigas-guia propriamente dito é feito apenas quando da montagem da armação e concretagem do fechamento entre as vigas-guia.

Antes da concretagem da última etapa da viga travessa, são instaladas armações, bainhas de protensão, barras Dywidag verticais, barras chata e nichos de aterramento, que farão interface com os fechamentos que serão executados posteriormente.

As armações que fazem interface com os fechamentos são, sobretudo arranques que farão parte da 3ª etapa de fechamento das vigas (cabeceiras das vigas travessas). O grande cuidado tomado em relação às mesmas foi a sua posição e verticalidade, de modo a não

ocorrerem problemas de recobrimento e interferências desta armação com outros elementos de etapas posteriores quando de sua execução.



Foto 11 - Detalhe de armação de interface – pilar simples



Foto 12 - Detalhe da armação de interface – pilar de junta

Outra armação que deve ser bem posicionada é a que fará interface com o pivô de travamento, correndo-se o risco de esta peça não poder ser colocada se estas barras não forem bem executadas.



Fotos 13 e 14 – Vista ao centro das barras formando um quadrado para a posterior instalação do pivô de travamento

As barras Dywidag verticais possuem como premissa a interface com as vigas-guia que serão lançadas junto ao fechamento, de modo que as barras de arranque das vigas-guia se entrelaçarão com estas barras.



Foto 15 - Vista das barras Dywidag – pilar simples



Foto 16 - Vista das barras Dywidag – pilar de junta

Caso as posições destas barras não estejam em conformidade com o projeto, corre-se o risco de não conseguir encaixar as vigas-guia em suas posições. Deste modo, as posições das barras Dywidag são verificadas topograficamente e com o auxílio de gabaritos.



Foto 17 - Vista do gabarito das barras Dywidag – pilar simples



Foto 18 - Vista do gabarito das barras Dywidag – pilar de junta

As bainhas que receberão as barras Dywidag transversais para protensão também são instaladas neste momento. O maior cuidado a ser tomado com estas bainhas é com a sua posição, visto que a eventual falta de alinhamento e posicionamento das mesmas impedirá a passagem das barras Dywidag por dentro das mesmas, e também podem interferir com elementos a serem instalados posteriormente.



Foto 19 - Vista das bainhas de protensão – pilar simples



Foto 20 - Vista das bainhas de protensão – pilar de junta

Por fim, são instaladas caixas em posições pré-determinadas em projeto junto às barras chatas de aterramento, que posteriormente serão retiradas e serão aproveitados os nichos para a ligação com o aterramento de diversos elementos e com as barras chatas das vigas-guia. Deve-se tomar o cuidado de não esquecer de instalar estas caixas, pois é de sumária importância a execução do aterramento das vias.



Foto 21 - Vista da caixa para execução do nicho da barra chata

Execução da 1ª Etapa do Fechamento das Vigas-Guia (Pilar Simples)

Após o lançamento e travamento das vigas-guia são iniciados os trabalhos da 1ª etapa do fechamento entre as vigas-guia, com a montagem da armação e complementação das bainhas de protensão.

Deve-se tomar o cuidado de posicionar com a maior precisão a armação de pele que já é instalada nesta 1ª etapa, visto que na etapa seguinte poderão ocorrer problemas com o recobrimento da parede da via permanente se não for tomada esta precaução. Neste momento é feito o apicoamento do concreto da camada anterior para a melhor ligação com o concreto do fechamento.



Foto 22 – Vista da armação da 1ª etapa de fechamento – pilar simples



Foto 23 – Vista das bainhas de protensão emendadas – pilar simples

Na montagem complementar das bainhas de protensão, devem ser instalados os respiros de injeção nesta etapa, que irão até o topo da via para executar a injeção.



Foto 24 – Vista dos respiros de injeção nas bainhas de protensão

O concreto especificado para estes fechamento é o mesmo da viga-guia, com fck de 50 Mpa com a utilização de aditivo superplastificante para se chegar ao abatimento de 210 ± 20 mm, devido à alta taxa de armação dos fechamentos.

Inicialmente foi prevista a concretagem dos fechamentos com o auxílio de bomba lança, contudo devido ao pouco volume de concretagem destes fechamentos e à grande distância entre os pontos de concretagem, que por conta do tempo demandado para a patolagem e despatolagem da bomba lança com o aditivo perdendo seu efeito e com risco de os mangotes da bomba ficarem entupidos, para ser vantajosa a utilização do concreto usinado foram criadas caçambas de lançamento de concreto, onde as mesmas são içadas por meio de guindaste e o lançamento do concreto é feito por meio da abertura de uma comporta inferior.



Fotos 25 e 26 – Vista da concretagem da 1ª etapa de fechamento – pilar simples

Após a concretagem do elemento, para evitar a execução de apicoamento, foi adotada a solução de corte verde e aplicação de cura química.

Execução da 2ª Etapa do Fechamento das Vigas-Guia (Pilar Simples)

Para a execução desta 2ª etapa, é necessário lembrar que se está trabalhando neste momento com a via permanente do monotrilho, ou seu “trilho” e, deste modo, devem ser tomadas todas as medidas que atendam os parâmetros de tolerâncias do projeto executivo, que são muito mais restritivas do que as tolerâncias de uma obra civil comum.

Inicialmente são instaladas barras de aço complementares, quando for o caso, visto que normalmente todas as barras já foram instaladas na 1ª etapa de fechamento. Em seguida são soldadas as barras chata de aterramento que provêm das vigas-guia repousadas no trecho. Deve-se tomar cuidado para impedir que a barra chata fique posicionada de tal maneira que afete o recobrimento do fechamento. Também é feito neste momento a caixa para o nicho de aterramento da via permanente, na posição especificada em projeto.



Fotos 27 e 28 – Vista da armação e barra chata da 2ª etapa de fechamento – pilar simples

Nesta etapa são também instalados os insertos metálicos para fixação do 3º e 4º trilho, bem como, em fechamentos pré-determinados em projeto, eletrodutos de Cross-Bond, SPDA, ou Sinalização. Para a instalação dos insertos metálicos do 3º e 4º trilho, para que os mesmos pudessem ser posicionados o mais corretamente possível, foi adotado o procedimento de posicioná-lo na forma metálica com uma cola de pouca aderência, tomando-se o cuidado de posicionar as grapas do inserto corretamente.



Foto 29 – Vista dos eletrodutos na 2ª etapa de fechamento



Foto 30 – Vista do inserto metálico do 3º e 4º trilho

O maior cuidado que é tomado nesta etapa é com relação às tolerâncias dimensionais, visto que a via possui uma largura de 690 mm, com a tolerância de ± 30 mm. Isto se mostra

bastante trabalhoso, especialmente em trechos curvos onde a via acaba por ter uma superelevação mais elevada.

Como a injeção das bainhas de protensão transversal só é feita após a execução da 3ª etapa, são prolongados os respiros de injeção até o topo desta 2ª etapa. Deve-se também emendar as bainhas de protensão longitudinal entre as vigas-guia, com a instalação de seus respectivos respiros.



Fotos 31 e 32 – Vista dos respiros de injeção emendados na 2ª etapa de fechamento

Os cuidados com a concretagem são os mesmos da etapa anterior, com a diferença de que, pelo maior volume de concreto empregado nesta etapa, foi utilizada uma caçamba de maiores dimensões. Foi também criada uma plataforma de trabalho por cima da via, de modo a facilitar os trabalhos de concretagem e garantir a segurança dos funcionários.

Ao final da concretagem, é aplicado um retardador de pega na superfície de concretagem e após algumas horas é feito o vassouramento da superfície do mesmo modo empregado nas vigas-guia.



Foto 33 – Vista da concretagem da 2ª etapa de fechamento



Foto 34 – Vista do acabamento na superfície da 2ª etapa de fechamento

Protensão transversal – fechamentos simples

Com a conclusão dos trabalhos da 2ª etapa de fechamento e a cura do concreto da 1ª etapa de fechamento, atingindo 85% da resistência à compressão prevista em projeto, são posicionadas as barras Dywidag horizontais nas bainhas instaladas nas etapas de preparação e 1ª etapa de fechamento. Dependendo do pilar, podem ser protendidas transversalmente 4 ou 6 barras Dywidag, sendo as mesmas com espessura de 32 mm ou 36 mm, dependendo do apoio.



Fotos 35 e 36 – Vista da protensão transversal dos fechamentos de pilares simples

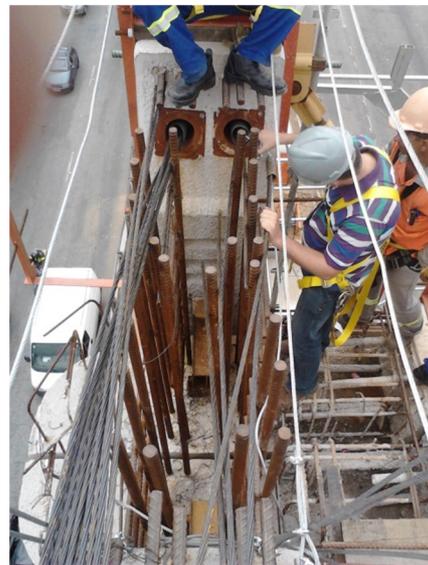
Estas barras são protendidas até a força de protensão prevista em projeto e em seguida a porca previamente colocada junto a uma cunha metálica é apertada para se manter a

protensão. Deve-se tomar o cuidado de se posicionar adequadamente a cunha metálica, de modo a impedir que a mesma fique com recobrimento menor do que o solicitado em projeto quando da concretagem da 3ª etapa de fechamento.

Protensão longitudinal

Com os fechamentos de pilares simples concluídos dentro de um determinado módulo e a resistência do concreto tendo atingido o solicitado em projeto, podem ser iniciados os serviços de protensão longitudinal do módulo, sendo que estes trabalhos se concentram nos apoios de fechamentos de pilares de junta de dilatação.

Optou-se, de modo a facilitar as atividades, pela passagem das cordoalhas de protensão antes da concretagem da 2ª etapa de fechamento dos pilares simples. A passagem das cordoalhas foi feita com o auxílio de um equipamento que puxava as cordoalhas.



Fotos 37 e 38 – Passagem das cordoalhas de protensão

Devido ao tipo de equipamento empregado para execução da protensão, foi verificada a interferência do mesmo junto às barras Dywidag verticais dos fechamentos de pilares de

junta. Após um estudo de verificação estrutural, optou-se pelo corte das barras até uma altura em que as mesmas não mais interferissem com este equipamento.



Fotos 39 e 40 – Vista da protensão longitudinal e detalhe das barras Dywidag cortadas para o posicionamento do macaco hidráulico

Como no módulo existem duas cordoalhas de cabos independentes (C1 e C2), foi adotado o procedimento de posicionar um macaco de protensão em uma extremidade do módulo puxando uma cordoalha, enquanto que outro macaco fica posicionado na outra extremidade, puxando a cordoalha oposta. Quando é atingida a carga de protensão, é mudado o posicionamento dos macacos para se executar a recuperação até a carga de projeto.

Execução da 1ª Etapa do Fechamento das Vigas-Guia (Pilar de Junta)

Com a conclusão dos serviços de protensão longitudinal, é iniciada a execução da 1ª etapa de fechamento dos pilares de junta, com a instalação do Pivô de Travamento. Como foi exposto na fase de preparação para o início das atividades, deve-se posicionar cuidadosamente as barras que fazem interface com este elemento, de modo a não ocorrerem problemas de adaptação do projeto de armação para a instalação do pivô.



Fotos 41 e 42 – Vista do posicionamento do pivô de travamento no fechamento com junta de dilatação



Fotos 43 e 44 – Vista do pivô de travamento posicionado no fechamento com junta de dilatação

A função de pivô de travamento, ou também chamado pintel, é impedir a movimentação transversal entre os pilares com junta de dilatação, impedindo conseqüentemente esta movimentação na via permanente, mas permitindo a movimentação longitudinal da estrutura, devida à dilatação e contração do concreto do módulo da via permanente nos ciclos de variação de temperatura. O pivô de travamento é constituído de aço carbono ASTM A500 GR B com um miolo interno e duas luvas externas. O miolo interno vazado é preenchido com graute para aumentar a rigidez do elemento.



Fotos 45 e 46 – Vista do miolo interno do pivô de travamento e preenchimento do mesmo com graute

A instalação do pivô de travamento é feita colocando-se o miolo junto a uma das luvas em sua posição, sendo encaixados de um lado da viga travessa. A outra luva é instalada logo depois pelo outro lado. O travamento das luvas é feito com o fechamento da forma e concretagem. O miolo ficará solto dentro das luvas para permitir a movimentação da junta de dilatação.

Após a instalação do pivô de travamento, são instaladas de acordo com o projeto as armações previstas, o prolongamento das bainhas de protensão e a instalação dos respiros de injeção, a solda da barra chata e a colocação da caixa para o nicho de aterramento, e é executada a forma, com o cuidado de se manter a junta de dilatação média especificada em projeto. Um problema verificado nesta atividade é a variação desta junta ao longo do dia devido às variações de temperatura, ou seja, quando se montava a forma durante à tarde a junta estava justa acompanhando os pilares, contudo quando se observava a mesma no dia seguinte pela manhã, a forma se encontrava solta devido à abertura da junta de dilatação durante à noite, devido à contração do concreto. Deve-se observar que o projeto prevê a variação das dilatações de 8 mm a 122 mm.



Fotos 47 e 48 – Vista da 1ª etapa de fechamento em condições de concretagem

Optou-se, deste modo, pela montagem da forma logo cedo para, tão logo a forma estivesse montada, fossem iniciados os trabalhos de concretagem do fechamento. A concretagem é realizada da mesma maneira relatada nos fechamentos de pilares simples.

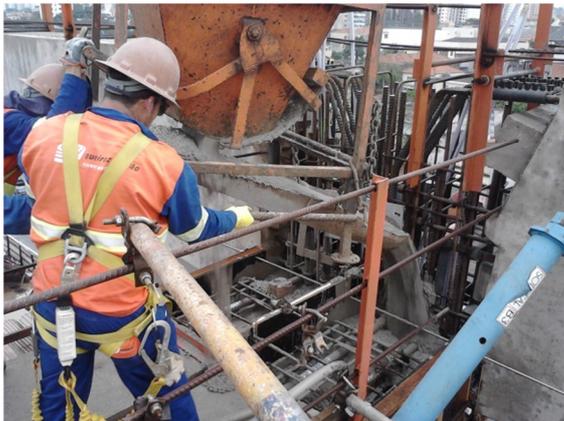


Foto 49 – Concretagem da 1ª etapa de fechamento de apoios com junta de dilatação



Foto 50 – Vista da 1ª etapa de fechamento concretada

Execução da 2ª Etapa do Fechamento das Vigas-Guia (Pilar de Junta)

Nesta 2ª etapa de fechamento das vigas-guia dos pilares de junta, assim como já relatado nos fechamentos de pilares simples, é necessário lembrar que está sendo executada a via permanente do monotrilho, devendo-se assim serem tomados cuidados especiais em relação às tolerâncias de concretagem.

Assim como nos pilares simples, são instaladas as armações complementares, os insertos do trilho de energia, bem como soldadas as barra chatas provenientes das vigas-guia e a instalação das caixas dos nichos de aterramento, tomando-se mais uma vez cuidado com o posicionamento das mesmas, de modo a não ocorrerem problemas de recobrimento da ferragem ou a locação dos nichos no local.



Foto 51 – Vista do inserto do trilho de energia



Foto 52 – Vista dos elementos montados na 2ª etapa de fechamento com junta de dilatação

Nesta etapa é feita a instalação do Finger Plate, que tem como premissa garantir o conforto durante a passagem do trem pelas juntas de dilatação entre os módulos da via permanente.



Foto 53 - Vista das placas do Finger Plate

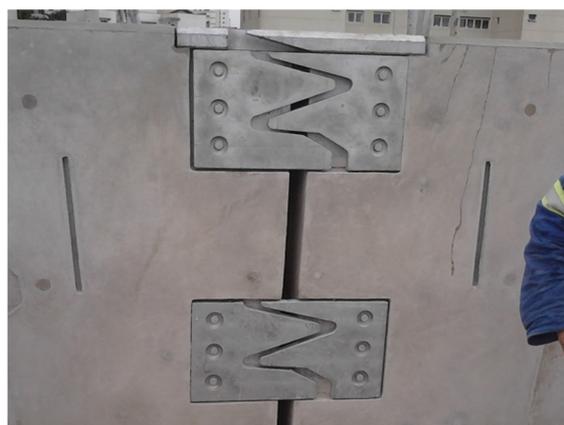


Foto 54 – Vista do Finger Plate instalado

Para a correta instalação do Finger Plate, foi criado um gabarito em campo fixado nas bases do Finger Plate para a execução da concretagem. Em volta deste gabarito é colada uma tira

de isopor para que se tenha uma junta entre o concreto do fechamento e o Finger Plate que deve ser de 10 mm, conforme é solicitado no projeto executivo. Após a concretagem, o gabarito é retirado, e então são instaladas as placas do Finger Plate nas bases.



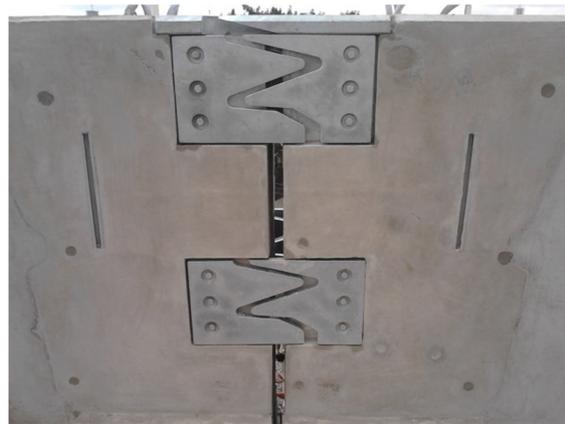
Fotos 55 e 56 – Instalação do gabarito do Finger Plate



Fotos 57 e 58 – Ajustes finais no gabarito e montagem da forma



Fotos 59 e 60 – Fechamento concretado com o gabarito e retirada do mesmo



Fotos 61 e 62 – Montagem das placas do Finger Plate

As bases do Finger Plate possuem ancoragens internas que estavam interferindo com as barras de aço da 2ª etapa do fechamento. Foi feita uma revisão do projeto com o intuito de permitir esta interface.

Da mesma forma que na 1ª etapa, foram tomados cuidados adicionais em relação à dilatação da via permanente, sendo a concretagem da 2ª etapa realizada em horários restritos.

Como se optou pela injeção das bainhas da protensão transversal apenas após a execução da 3ª etapa foi necessário prolongar os respiros de injeção até o topo desta 2ª etapa.

A concretagem desta etapa de fechamento é feita da mesma maneira que a dos pilares simples, contudo foi necessário o emprego de vibradores de menor espessura, devido ao pouco espaço para o mergulho dos mesmos e a alta taxa de armação presente nesta etapa.

Ao final da concretagem, é aplicado retardador de pega na superfície de concretagem e após algumas horas é feito o vassouramento da superfície do mesmo modo empregado nas vigas-guia.



Fotos 63 e 64 – Concretagem da 2ª etapa de fechamento e vista do topo recém vassourado

Protensão transversal – fechamentos de junta

Da mesma maneira que os fechamentos de pilares simples, a protensão transversal das barras Dywidag dos fechamentos de junta demanda que o concreto da 1ª etapa de fechamento tenha 85% da resistência prevista em projeto para sua execução.

Uma diferença em relação ao fechamento de pilares simples é a quantidade de barras, sendo 8 nos pilares de junta de dilatação, sendo sua espessura de 32mm ou 36mm, dependendo do apoio.



Foto 65 – Protensão do fechamento com junta de dilatação

Execução da 3ª Etapa do Fechamento das Vigas-Guia (Pilar Simples)

Com a protensão transversal dos pilares simples executada, pode-se iniciar os serviços de execução da 3ª etapa de fechamento, que tem por função proteger as pontas das barras Dywidag de protensão transversal, bem como vedar para permitir os trabalhos de injeção transversal. Nesta etapa, são instaladas as barras de aço complementares, a instalação da forma e concretagem do elemento.

Foi confeccionada uma forma metálica padrão para executar estes fechamentos e é de grande importância o correto posicionamento das barras de arranque provenientes do topo da viga travessa, bem como as placas de ancoragem da protensão transversal, de modo a não ocorrerem problemas de recobrimento nesta etapa.



Fotos 66 e 67 – Armação da 3ª etapa de fechamento simples, com vista das placas de ancoragem da protensão

Uma grande dificuldade para a execução desta etapa foi em relação ao acesso ao local de montagem da armação e concretagem, tendo sido elaborada uma plataforma ancorada na via permanente que permitisse o acesso ao local.

Para a concretagem deste elemento foi utilizado o mesmo concreto das etapas anteriores, e foi utilizada a mesma caçamba da 1ª etapa para o lançamento do concreto, devido às dificuldades de concretagem já relatadas.



Fotos 68 e 69 – Vista da forma e concretagem da 3ª etapa de fechamento simples

Execução da 3ª Etapa do Fechamento das Vigas-Guia (Pilar de Junta)

Para a execução da 3ª etapa do fechamento nos pilares de junta, além das dificuldades e cuidados tomados na execução do pilar simples, é instalada uma forma adicional para garantir a continuidade da junta de dilatação.



Fotos 70 e 71 – Vista da armação e forma na 3ª etapa de fechamento com junta de dilatação

Da mesma maneira das etapas com junta de dilatação anteriores, foi feito um acompanhamento da variação da junta a fim de se concretar esta etapa de fechamento com a maior regularidade.

Injeções Transversais e Longitudinais

Com a concretagem da 2ª etapa de fechamento dos pilares de junta, pode-se proceder à injeção das bainhas longitudinais, contudo, como a injeção transversal só é feita após a execução da 3ª etapa do fechamento tanto em pilares simples como de junta, de modo a se ter uma economia de tempo e logística, foi adotada a injeção simultânea das bainhas transversais e longitudinais de cada módulo.

O procedimento de injeção empregado é o mesmo comumente utilizado, com a lavagem das bainhas de protensão, e posterior injeção da calda de cimento.



Foto 72 – Vista da injeção longitudinal do módulo

Deve-se tomar cuidado, sobretudo durante a execução da injeção longitudinal, com a limpeza da nata de cimento expelida pelos respiros de injeção, de modo que a mesma não fique endurecida na via permanente, afetando o conforto durante a passagem do trem.

Acabamento Final

Após as atividades de injeção, são feitos os acabamentos finais no concreto dos fechamentos, com o tamponamento e acabamento em furos de agulha, corte dos respiros de injeção e tratamento do concreto nestes locais, tratamento de eventuais pequenas fissuras de retração, bem como eventuais defeitos construtivos.



Fotos 73 e 74 – Vista dos fechamentos de pilar simples acabados



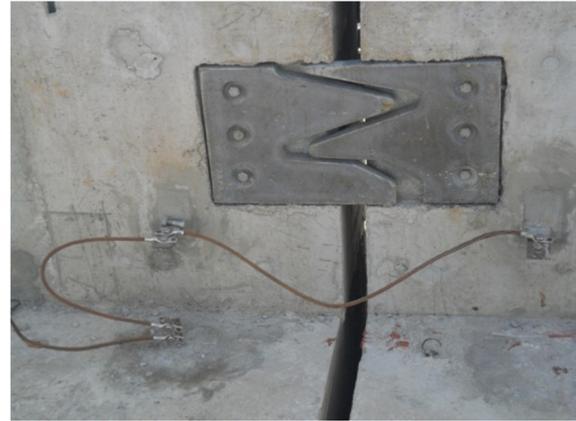
Fotos 75 e 76 – Vista da 3ª etapa de fechamento simples e com junta de dilatação acabados



Fotos 77 e 78 – Detalhe dos acabamentos junto ao Finger Plate e o Pivô de Travamento

Por fim, é extraído o isopor das caixas executadas para os nichos de aterramento, e soldado o terminal de aterramento. Para a solda deste elemento, já que a barra chata é composta de aço carbono e o terminal é de cobre, foi feita uma solda em bronze que, por demandar um

controle maior de execução, foi feita no canteiro de apoio, com a solda sendo feita em um pedaço de barra chata, que foi posteriormente soldado na barra chata da estrutura. Por fim, é parafusada a cordoalha de aterramento, entre a barra chata da viga-guia e da viga travessa, e entre vigas-guia devido à dilatação nos fechamentos com junta.



Fotos 79 e 80 – Detalhe dos terminais de aterramento com as cordoalhas instaladas

Problemas de Execução e Patologias Observadas

Com a conclusão dos fechamentos e o início da operação do trecho Vila Prudente – Oratório com a passagem do trem, foram observadas algumas patologias nos fechamentos.

Foi observada a presença de grande quantidade de bolhas no concreto em alguns fechamentos após o início da passagem dos trens onde os pneus ficam em contato com o concreto. Após análise do problema, concluiu-se que a causa destas bolhas foi uma vibração má executada. Foram feitos reparos com a aplicação de argamassa polimérica nos locais onde este problema se apresentou.



Foto 81 – Vista das bolhas no concreto na 2ª etapa de fechamento – observar marcas do pneu do trem

Nos fechamentos com junta de dilatação, foi observada a quebra da quina do concreto junto às placas do Finger Plate após o início da passagem dos trens. Para a resolução deste problema, foi iniciado um processo de reparo que percorreu todos os fechamentos executados, onde foi apicoada a quina do concreto, com a posterior concretagem com graute de alta resistência inicial, devido ao pouco tempo útil possível para executar este reparo antes da passagem do trem no dia seguinte.



Foto 82 – Vista da quebra da quina do concreto junto o Finger Plate

Fechamentos de Vigas-Guia Diferenciados

Ao longo da via permanente, existem alguns fechamentos de vigas-guia que não seguem o padrão de execução até agora considerado. Será feito breve relato sobre alguns destes fechamentos diferenciados.

Nos fechamentos que se encontram junto às plataformas das Estações, que são sempre sem junta de dilatação, a concretagem do mesmo é realizada em uma única etapa, visto que a interface é feita diretamente com os pilares da Estação, e não com uma viga travessa. Deste modo, estes fechamentos não possuem protensão transversal e, portanto, também não necessitam da execução da 3ª etapa de fechamento.



Fotos 83 e 84 – Vista de fechamentos em estações



Fotos 85 e 86 – Vista de fechamentos em estações



Quando a via permanente se aproxima da estação, há um aumento da distância entre vias de tal modo que se torna dispendiosa a execução de uma viga travessa, sendo a mesma substituída por pilares solteiros. Estes pilares também são empregados tanto vias singelas na entrada das estações, como na entrada dos pátios. Nestes casos, a execução dos fechamentos continua sendo feita em 3 etapas, contudo não é necessária a instalação de barras Dywidag transversais e sua protensão. Esta situação se aplica tanto a fechamentos de vigas-guia simples, quanto aos com junta de dilatação.



Fotos 87 e 88 – Vista dos fechamentos em pilares solteiros

Nas lajes dos Track Switches (os aparelhos de mudança de via do monotrilho), os fechamentos são executados em uma única etapa. Nestes casos, não é necessária a instalação das barras Dywidag transversais e sua protensão, e também não é feita a 3ª etapa de execução. Dependendo da extensão destes fechamentos, se for pequena, pode ser descartada a instalação dos insertos metálicos do trilho de energia e dos terminais de aterramento. Estes fechamentos podem também ter interface com as vigas metálicas do Track Switch, o que torna sua execução mais peculiar.



Fotos 89 e 90 – Vista de fechamentos sobre laje de Track Switch



Fotos 91 e 92 – Vista de fechamentos sobre laje de Track Switch

Nas vias de entrada do pátio de estacionamento e manutenção de trens, quando a cota de fundo da via se encontra ao nível do terreno, não é necessária a execução de pilares, sendo que o fechamento é feito diretamente junto ao bloco.

Estes fechamentos acabam por se assemelhar aos dos pilares solteiros, já que não necessitam da instalação e protensão de barras Dywidag horizontais, tanto em fechamentos de apoios simples como com junta de dilatação.



Fotos 93 e 94 – Vista de fechamentos nas vias de entrada do pátio

Nas vias do estacionamento dos trens, devido à baixa velocidade do trem nestes locais, foi adotada uma solução diferente para a execução dos fechamentos.



Fotos 95 e 96 – Vista das vigas-guia do estacionamento de trens

As vigas-guia nestes locais são lançadas diretamente sobre um pedestal concretado junto aos blocos de fundação com barras Dywidag verticais, que são protendidas. Uma das extremidades da viga-guia fica engastada no pedestal, enquanto a outra extremidade fica apoiada no pedestal junto a um aparelho de apoio.



Foto 97 – Vista dos dois tipos de apoio das vigas-guia



Foto 98 – Vista da protensão vertical das barras Dywidag

No lado apoiado, antes do lançamento da viga é instalado o aparelho de apoio sobre o pedestal e, após o lançamento da viga, as barras Dywidags são protendidas e próximo à superfície da viga é instalada na barra Dywidag uma chapa metálica que tem como função vedar, impedindo o escoamento do concreto por dentro da bainha de protensão vertical. Por cima da chapa metálica é feita a concretagem e acabamento do topo da viga.



Foto 99 – Vista do aparelho de apoio



Foto 100 – Vista das vigas apoiadas nos aparelhos de apoio

No lado engastado, não é instalado aparelho de apoio. As barras Dywidag são protendidas e toda a bainha é preenchida de modo a garantir o engastamento da viga no pedestal.



Fotos 101 e 102 – Vista de extremidade engastada da viga-guia

Análise dos Resultados

Devido ao grande número de peculiaridades inerentes a esta atividade de fechamento das vigas-guia na via permanente do monotrilho, foi necessário um controle maior de execução durante as atividades.

Para a liberação da concretagem da 1ª etapa de fechamento, se fez necessária a conferência topográfica do alinhamento das vigas-guia, para garantir o alinhamento da via permanente.

Na 2ª etapa de fechamento, foi necessária a conferência topográfica para garantir a largura de 69 cm da via permanente dentro das tolerâncias especificadas em projeto. Nos locais onde esta tolerância foi extrapolada, foram necessários trabalhos de lixamento da via permanente para que a tolerância fosse cumprida.

Para a instalação dos elementos constituintes dos fechamentos, como insertos do 3º e 4º trilhos, eletrodutos, barras chatas e armações, houve a necessidade de um controle maior do posicionamento dos mesmos, já que erros neste posicionamento podem interferir com a área de contato do pneu do trem com a via.

Nos apoios com junta de dilatação, a própria dilatação da junta se tornou um desafio, sendo incorporados ao projeto elementos pouco usuais na construção civil, que são o pivô de



AEAMESP



travamento e o Finger Plate, com condições especiais para a instalação dos mesmos, especialmente o Finger Plate, onde foi necessária a criação de um gabarito para sua instalação.

Com o travamento da estrutura após a concretagem da 1ª etapa do fechamento das vigas-guia, as juntas de dilatação começaram a trabalhar, o que impôs outro desafio à execução, tendo sido necessário o acompanhamento destas juntas e adotados horários de concretagem mais restritos.

Em relação às concretagens, foi necessária a utilização de guindastes com caçambas já que, devido ao pouco volume de concretagem, e ao fato da grande distância entre os pontos de concretagem, a utilização de bomba lança se tornou inviável.

O fechamento típico de vigas-guia apresentado foi aplicado na maior parte da via permanente do monotrilho da Linha 15 – Prata, contudo, foram executados fechamentos variados em locais específicos, o que demandou soluções variadas de execução conforme o caso.

Conclusões

O monotrilho da Linha 15 – Prata do Metrô de São Paulo se constitui como uma obra pioneira no Brasil, pelo fato de ainda não haver outro monotrilho em operação no país. Também se constitui uma obra pioneira no mundo, já que quando estiver completo, será o monotrilho de maior capacidade.

Sendo assim, não se pode considerar o fechamento de vigas-guia como uma atividade usual da construção civil, já que suas tolerâncias construtivas são muito mais restritivas que as utilizadas comumente em norma por ser parte integrante da via permanente.



AEAMESP



Foram observadas algumas patologias nos fechamentos com o início da passagem do trem na via, contudo uma melhor avaliação deste tema só será possível após um tempo maior de operação do sistema.