

MÉTODOS EXECUTIVOS DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS: ESTUDO DE CASO
EM CONSTRUÇÃO EM MEIO URBANO

Alda Luisa Veiga Ferreira França

Projeto de Graduação apresentado ao Curso de
Engenharia Civil da Escola Politécnica,
Universidade Federal do Rio de Janeiro, como
parte dos requisitos necessários à obtenção do
título de Engenheiro.

Orientador: Francisco José Costa Reis

Co-Orientador: Assed Naked Haddad

Rio de Janeiro

Maio de 2011

MÉTODOS EXECUTIVOS DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS: ESTUDO DE CASO
EM CONSTRUÇÃO EM MEIO URBANO

PROJETO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO DEPARTAMENTO DE
MECÂNICA APLICADA E ESTRUTURAS DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU EM ENGENHARIA CIVIL.

Alda Luisa Veiga Ferreira França

Examinada por:

Prof. Francisco José Costa Reis, M.Sc., EP/UFRJ (Orientador)

Prof. Assed Naked Haddad, D.Sc., EP/UFRJ (Co-orientador)

Prof. Benjamin Ernani Diaz, D.Ing., EP/UFRJ

Prof. Sérgio Hampshire de Carvalho Santos, D.Sc., EP/UFRJ

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

MAIO DE 2011

França, Alda Luisa Veiga Ferreira

Métodos Executivos de Obras de Arte Especiais: Estudo de Caso em Construção em Meio Urbano/ Alda Luisa Veiga Ferreira França. – Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2011.

VI, 99 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Francisco José Costa Reis

Projeto de Graduação – UFRJ/ Escola Politécnica/
Curso de Engenharia Civil, 2011.

Referencias Bibliográficas: p. 99.

1. Pontes. 2. Métodos de Construção. 3. Meio Urbano.
I. Reis, Francisco José *et al.* II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Curso de Engenharia Civil. III. Título.

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção de grau de Engenharia Civil

Métodos Executivos de Obras de Arte Especiais: Estudo de Caso em Construção em Meio Urbano

Alda Luisa Veiga Ferreira França

Maio/2011

Orientador: Francisco José Costa Reis

Co-Orientador: Assed Naked Haddad

Curso: Engenharia Civil

O presente trabalho engloba a análise dos principais métodos executivos utilizados na execução de Obras de Arte Especiais (OAE), desenvolvendo as condições particulares associadas a OAE implantadas em meio urbano. Faz-se uma análise da importância e influência da elaboração dos projetos estruturais de OAE por parte do Setor de Projetos de firmas especializadas, contratadas especificamente para sua execução. Apresenta-se um estudo de caso da construção de dois viadutos localizados sobre vias bastante movimentadas na cidade do Rio de Janeiro, de onde se extrai as peculiaridades de execução em meio urbano.

Palavras-chave: Pontes, Métodos de Construção, Meio Urbano.

Abstract of Final Project presented to Escola Politécnica /UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of graduate in science in civil engineering

Bridge Construction Methods: A Case Study in Urban Areas Construction

Alda Luisa Veiga Ferreira França

Maio/2011

Advisor 1: Francisco José Costa Reis

Advisor 2: Assed Naked Haddad

Course: Civil Engineering

This present work includes the analysis of the main bridge construction methods developing the particular conditions associated with bridge construction in urban areas. It analyses the importance and influence of bridge construction structural design elaboration by the designers of specialized firms, hired specifically for their execution. It presents a case study of two bridges construction located on roads quite busy in the city of Rio de Janeiro and the peculiarities of construction in urban areas.

Keywords: Bridge, Construction Methods, Urban Areas.

SUMÁRIO

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO	1
I.1 - APRESENTAÇÃO	1
I.2 - OBJETIVO	2
I.3 - JUSTIFICATIVA.....	2
I.4 - LIMITAÇÕES.....	3
CAPÍTULO II – ESTUDO DOS MÉTODOS EXECUTIVOS.....	4
II.1 - INTRODUÇÃO.....	4
II.2 - MÉTODOS EXECUTIVOS.....	5
II.2.1 - BALANÇOS SUCESSIVOS.....	5
II.2.2 - EMPURRAMENTOS SUCESSIVOS	18
II.2.3 - SUPERESTRUTURAS COM VIGAS PRÉ-MOLDADAS E PRÉ-FABRICADAS	24
II.2.4 - SUPERESTRUTURAS COM VIGAS MOLDADAS NO LOCAL	32
CAPÍTULO III - INFLUÊNCIAS DO SETOR DE PROJETOS EM OBRAS	37
III.1 - PROBLEMÁTICA E IMPORTÂNCIA DO SETOR DE PROJETOS.....	37
CAPÍTULO IV - ESTUDO DE CASO.....	45
IV.1 - PARTICULARIDADES DE CONSTRUÇÕES EM MEIO URBANO.....	45
IV.2 - CONSTRUÇÃO DO VIADUTO DA ABOLIÇÃO.....	48
IV.2.1 - OBJETIVO DA OBRA.....	48
IV.2.2 - LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA	48
IV.2.3 - DADOS E CARACTERÍSTICAS DA OBRA	49
IV.2.4 - ETAPAS EXECUTIVAS DA OBRA.....	49
IV.2.5 - DESCRIÇÃO E ANÁLISES EXECUTIVAS DA OBRA	50
IV.3 - ALARGAMENTO DO VIADUTO DE MANGUINHOS	65
IV.3.1 - OBJETIVO DA OBRA.....	65
IV.3.2 - LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA	65
IV.3.3 - DADOS E CARACTERÍSTICAS DA OBRA	66
IV.3.4 - ETAPAS EXECUTIVAS DA OBRA.....	66
IV.3.5 - DESCRIÇÃO E ANÁLISES EXECUTIVAS DA OBRA	67
CAPÍTULO V - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	98
CAPÍTULO VI - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	99

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

I.1 - APRESENTAÇÃO

O uso do termo “obras de arte” existe desde o início da construção de estruturas para a transposição de obstáculos à continuidade de uma via. Este nome foi dado pois, naquela época, estas construções eram realizadas com base no empirismo e criatividade de seus idealizadores, o que as levava à condições de trabalhos de arte.

A partir do século XVII a engenharia foi se modernizando e aprimorando e o empirismo foi aos poucos sendo substituído pelos métodos científicos. No entanto, esta expressão permanece até os dias atuais, se subdividindo em “obras de arte correntes” (OAC) e “obras de arte especiais” (OAE). O primeiro é assim chamado quando se trata de estruturas que possuem projeto padrão tais como, pontes com vão até 25 metros, pontilhões com vão até 12 metros, drenos superficiais ou profundos, bueiros com vão ou diâmetro até 5 metros, passagens inferiores e superiores com vão até 25 metros, etc. O segundo é formado por obras de pontes, viadutos, aquedutos, passarelas, etc. em que existe um projeto específico para cada caso.

O contexto econômico de um país, direciona o setor de construção civil. No contexto do Brasil, a partir de meados da década de 70, o país viveu uma crise na construção civil devido ao aumento da inflação que conseqüentemente gerou o aumento dos preços dos produtos, serviços, materiais e mão-de-obra. Devido a esta instabilidade econômica, os investimentos nas obras reduziram. O preço do aço, por exemplo oscilava diariamente, dificultando muito o orçamento das obras. Estes fatos geraram uma estagnação no setor da construção em geral e inclusive nas obras de infra-estrutura. Porém, a partir do ano 2003 aproximadamente, com a economia já estabilizada o governo começou a reinvestir em obras de infra-estrutura e o mercado reaqueceu.

O reaquecimento do mercado e os juros mais baixos melhoraram as condições de se atingir um produto que facilita muito a vida da população que é o automóvel. Por conta das facilidades de se comprar um automóvel, a cada ano que passa, o número de veículos aumenta, e, somando a isto, existe o fato do Brasil ser um país com uma cultura voltada no transporte por rodovias. Estes fatores geram um aumento exponencial do tráfego e a necessidade da execução de novas vias expressas, rodovias, ruas, viadutos, pontes, etc.

A medida em que os centros urbanos foram crescendo e se desenvolvendo, ruas e rodovias sendo construídas e o número de veículos e pessoas aumentando, veio a necessidade de se ter o veículo próprio por parte dos habitantes. O Rio de Janeiro, por exemplo, possui 163 bairros e sub-bairros, uma população de aproximadamente 6.323.000 habitantes (censo de 2010 do IBGE), em que os mesmos costumam morar distante do local de trabalho, fazendo elevar a cada ano que passa o tráfego nas ruas e rodovias desta cidade. Com a Copa do Mundo de 2014 e as Olimpíadas de 2016, o setor de construção no Rio de Janeiro irá crescer de maneira exponencial e obras de alargamento e construção de vias e túneis, ampliação e construção de pontes e viadutos serão bastante presentes e, em se tratando de meios urbanos, estas intervenções se tornam muito mais complexas.

I.2 - OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é apresentar o estudo de alguns métodos executivos de obras de arte especiais, tais como Balanços Sucessivos, Empurramentos Sucessivos, Superestrutura com Vigas Pré-Moldadas e Pré-Fabricadas e Superestrutura com Vigas Moldadas no Local, focando especificamente na construção de viadutos em meio urbano. Para isto, será apresentado um estudo de caso da construção do Viaduto da Abolição sobre a Linha Amarela e do Alargamento do Viaduto de Manguinhos sobre a Avenida Brasil, ambos na cidade do Rio de Janeiro, mostrando as dificuldades e precauções na execução de viadutos em meio urbano. Além disto, apresentar a influência do Setor de Projetos na execução de obras.

I.3 - JUSTIFICATIVA

O tráfego na cidade do Rio de Janeiro é um problema que a sociedade enfrenta diariamente devido a seu aumento ao longo dos anos. A construção de novas vias e viadutos que aliviam o tráfego são algumas das medidas a serem tomadas para diluir a densidade do fluxo de veículos e atender à demanda atual. A construção de viadutos em meio urbano engloba uma série de peculiaridades que devem ser estudadas e analisadas para que a sua execução ocorra da melhor maneira possível. Diante destas peculiaridades, algumas análises são apresentadas neste trabalho.

A execução das intervenções em meio urbano levam a uma preocupação muito maior e a soluções mais complexas por conta dos desvios e fechamentos de trânsito, remanejamentos, desapropriações e pelo fato de algumas estarem localizadas em áreas urbanas violentas. Estes fatores acabam colocando em risco a vida dos pedestres e dos motoristas que circulam no local da obra, assim como a dos próprios trabalhadores. Por conta destas limitações, optou-se por estudar as principais dificuldades durante a execução deste tipo de intervenção em meio urbano, sejam dificuldades na fase de execução ou na fase da concepção.

Com relação à execução de obras (não somente de viadutos), outro problema bastante presente é com relação aos projetos elaborados pela projetista contratada. É muito comum as obras passarem por situações em que há atraso na entrega dos projetos podendo acarretar atraso do cronograma da obra, falta de detalhamento dos mesmos, erros em tabelas resumo, super dimensionamento da estrutura, entre outros, que geram diversos problemas na execução do serviço ou gastos dispendiosos por parte da construtora. A análise do foco deste tipo problema com projetistas é importante para entender o porquê da ocorrência destas situações e como lidar com as mesmas.

I.4 - LIMITAÇÕES

Conforme já foi dito, existem diversos tipos de obras de arte especiais, cada uma com seus níveis de complexidade de construção e execução, com projetos específicos para cada tipo de situação. Além disto, estas estruturas são encontradas em diferentes tipos de finalidades e relevo. Porém, no presente trabalho será abordado especificamente o estudo de caso de métodos executivos de construção de viadutos em meio urbano em concreto armado e protendido, com o estudo de caso na construção do Viaduto da Abolição e o alargamento do Viaduto de Manguinhos, ambos na cidade do Rio de Janeiro.

CAPÍTULO II – ESTUDO DOS MÉTODOS EXECUTIVOS

II.1 - INTRODUÇÃO

Para a execução de um projeto de obra de arte especial, uma série de fatores devem ser analisados previamente, tais como: estudo das condições do local onde será executado, sondagens para avaliar o tipo de fundação, tamanho do vão principal, finalidade do projeto (pedestres, veículos), altura do escoramento, intervenções ao redor, em casos de pontes, a velocidade e profundidade da água tanto para rios, quanto para baías e oceanos, entre outros.

De acordo com o DNER (1996), no seu *Manual de Projeto de Obras-De-Arte Especiais*, os elementos de campo principais são:

a - uma planta de situação mostrando o traçado do trecho da rodovia onde se implantará a obra-de-arte e os obstáculos, tais como rios, estradas e vales profundos, a serem transpostos;

b - uma seção longitudinal do terreno ao longo do eixo da ponte a ser projetada, juntamente com o perfil da rodovia e os gabaritos ou seções de vazão a serem atendidos;

c - as características geotécnicas e geológicas do solo de fundação;

d - as condições locais de acesso para transporte de equipamentos, materiais e elementos estruturais;

e - a disponibilidade de água, energia elétrica e mão-de-obra especializada;

f - as características locais principais tais como níveis máximos e mínimos das águas, ocorrência de secas ou inundações e variação brusca de temperaturas;

g - a topografia geral da área, se região plana, ondulada ou montanhosa, as características da vegetação, a proximidade ou não de regiões urbanas;

h - as condições de agressividade do meio ambiente com vistas a estudos de durabilidade.

Antes do projeto ser iniciado é conveniente uma visita do projetista ao local da futura obra e o pleno conhecimento de todas as condicionantes regionais de projeto.

No que segue serão descritos os principais métodos executivos de obras de arte especiais e suas particularidades levando em consideração os fatores citados anteriormente.

II.2 - MÉTODOS EXECUTIVOS

II.2.1 - BALANÇOS SUCESSIVOS

O Método de Balanços Sucessivos com aduelas moldadas no local foi criado pelo engenheiro Emílio Baumgart, em 1930, quando, pela primeira vez executou o processo de construção por Balanço Sucessivo no vão central de uma ponte de concreto armado sobre o Rio do Peixe, Santa Catarina, com comprimento de 68 metros, chamada Ponte Herval. Já o Método de Balanços Sucessivos com aduelas pré-moldadas foi aplicado pela primeira vez em 1952 na França, na ponte Choisy-le-Roi sobre o Rio Sena.

Esta solução executiva é bastante adequada para obras de arte em concreto protendido e teve um grande avanço nos países da Alemanha e França. Hoje, esta técnica é dominada por diversas empresas construtoras brasileiras.

Este tipo de método consiste em vencer os vãos entre os pilares através de aduelas pré-moldadas ou moldadas no local, encaixadas uma a uma com auxílio de uma treliça metálica ou guindaste e protendidas longitudinalmente. Em alguns casos necessitam serem estaiadas no mastro principal, seja por necessidade estrutural ou por questões arquitetônicas. Ele é geralmente utilizado quando o principal desafio do profissional é encontrar uma solução para vencer o vão livre do viaduto/ponte sem fazer escoramento convencional.

Normalmente o processo se inicia a partir de um pilar e uma aduela é lançada a cada lado de modo a equilibrar o processo. Em determinados casos em que o vão entre um pilar e outro for muito grande (maior que 100 m), ou em que não é possível lançar uma aduela para cada lado e o contrapeso do pilar inicial não é suficiente para segurar o balanço, costuma-se executar estais ligando a aduela a um mastro principal de modo a sustentar a estrutura. Outra questão a ser analisada é o impedimento de gabarito. Quanto mais alta a aduela, maior o vão que ela pode vencer pois maior é sua inércia. Porém, em determinados casos, principalmente em meios urbanos, em que o impedimento de gabarito passa a ser um problema, a altura das aduelas tem que ser menor, e vãos maiores passam a ser uma dificuldade a se vencer e os estais passam a ser necessários. Portanto, as pontes normalmente necessitam serem estaiadas

quando se tem que vencer grandes vãos até o balanço atingir o outro pilar ou por impedimento de gabarito.

Características do processo:

- Ausência de cimbramento;
- O comprimento das aduelas varia entre 2 e 7 metros dependendo da capacidade do escoramento e o ideal é que o comprimento delas seja constante para facilitar a execução da fôrma;
- Este tipo de processo é bastante comum quando não é possível que a obra de arte tenha muitos pilares e tenha que vencer grandes vãos (entre 60 e 240 metros) tanto para pontes retas ou curvas;
- Indicado em casos de pilares muito altos (maiores que 20 metros) em que o escoramento direto passa a ser dificultado, como por exemplo, em casos de vales e rios profundos e largos (Fig.1);
- Além da profundidade dos leitos d'água, outro fator que influência é a correnteza. Se esta for muito forte, o escoramento passa a ser inviabilizado e o balanço sucessivo recomendado mesmo o pilar sendo curto.
- Este método também é indicado em casos de viadutos ou pontes com curvatura bastante acentuada (raios menores que 200 metros) em que a execução do método de vigas pré-moldadas ou moldadas no local fica inviável;
- Em se tratando de obras em meio urbano, em que o viaduto cruza uma via muito movimentada e em que não é possível fazer o escoramento direto, também é indicado este tipo de método;
- Como não há juntas de dilatação, aumenta o conforto para o motorista.



Fig1. Execução de Balanço Sucessivo em ponte com aduela pré-moldada
Fonte: *Bridge Construction Methods By David Trayner*

O processo de balanços sucessivos pode ser executado com aduelas pré-moldadas ou moldadas no local. Os itens a seguir descrevem os dois modelos de execução.

II.2.2.1 – ADUELAS PRÉ-MOLDADAS

Em se tratando de aduelas pré-moldadas, estas são fabricadas no canteiro próximo ao local e transportadas posteriormente ao local de aplicação. O primeiro trecho do balanço (arranque) é moldado no local e escorado sobre o apoio. A medida em que as aduelas são montadas e encaixadas uma a uma, suas ligações são feitas através de protensão longitudinal e em alguns casos é utilizado uma cola epóxi na superfície de contato entre uma e outra de modo a lubrificar e facilitar o encaixe entre as aduelas. Além disto, esta cola epóxi, diminui os efeitos de imperfeições das juntas, impermeabiliza a junta de modo a evitar infiltração de água e contribui para a transmissão de tensões cisalhantes. As aduelas variam de 2 a 7 metros dependendo dos dispositivos de elevação e transporte, são penduradas em treliças metálicas ou colocadas sobre treliças (Fig.2).



Fig2. Execução de Balanço Sucessivo em viaduto com aduelas pré-moldadas
Fonte: *Bridge Construction Methods By David Trayner*

No caso das aduelas pré-moldadas, o ideal é que haja um espaço para servir de pátio para as peças próximo ao local da obra. Além da questão do pátio de pré-moldados, este tipo de método é indicado em casos de obras em locais isolados em que existe uma imensa dificuldade de acessar caminhões de concreto, ausência de comércio próximo ao local pra possível compra de materiais e ferramentas, falta de água, entre outros problemas, os pré-moldados passam a ser uma solução. Outra questão a ser analisada é a localização da obra quanto aos fatores externo. Quando a obra se localiza em alguma região com índice pluviométrico elevado ou ventos fortes, as intempéries passam a ser um agravante para os trabalhadores, colocando em risco suas vidas ao ficarem expostos durante o trabalho. Nestes casos, também opta-se por aduelas pré-moldadas, que reduzem bastante a mão-de-obra no local de implantação, necessitando apenas de operários concentrados na protensão das aduelas. Quando não se tem os impedimentos citados anteriormente, opta-se por execução com aduelas moldadas no local. O sistema com pré-moldados é mais rápido porém mais caro.

Cuidados a serem tomados para a execução de aduelas pré-moldadas:

- Precisão na execução da forma das aduelas. Uma aduela deve ser a fôrma da vizinha, considerando as curvas em planta e em perfil, bem como a superelevação;
- Local para canteiro de pré-moldados. Caso não tenha espaço disponível para o pátio de pré-moldados, moldar as aduelas no local;
- Transporte das peças até o local da aplicação sempre procurando diminuir as distâncias de transporte por conta dos efeitos dinâmicos que surgem a partir da vibração e que podem causar fissuras e condenar o elemento estrutural;
- Execução do posicionamento das aduelas de maneira controlada para que o encaixe do balanço na metade do vão seja perfeito, ou seja, de modo simultâneo sem diferença de nível;
- Local para posicionamento da treliça lançadeira.

O processo de aduelas pré-moldadas admite dois sistemas de fabricação: Sistema *Short-Line* e Sistema *Long-Line*. No sistema *Short-Line*, todas as aduelas são fabricadas a partir de uma forma metálica bastante sofisticada e de elevado custo, que se ajusta de acordo com as mudanças de seção transversal e diferenças geométricas das aduelas, além das conformações em planta e perfil do projeto geométrico. A garantia de um encaixe perfeito das aduelas está no fato de que cada aduela é moldada contra a fabricada anteriormente. Este sistema é adequado para grandes obras em que o custo para a fabricação das aduelas fica muito elevado levando em consideração que seria necessário um canteiro de fabricação de pré-moldados muito grande. Um exemplo de obra neste sistema é a ponte Rio-Niterói.



Fig3. Fôrma do sistema *Short-Line*
Fonte: *Bridge Construction Methods By David Trayner*

Já no sistema *Long-Line*, é feita a fabricação da fôrma para todo o vão que pode ser reaproveitada para vãos que sejam iguais. Este sistema é indicado para obras de arte especiais retilíneas ou com raio de curvatura grande (maior que 200 metros). No caso de obras com grande quantidade de vãos semelhantes as formas podem ser em estrutura metálica, pois possibilita-se o reaproveitamento das fôrmas para os outros vãos ou, no caso de obras curtas com poucos vãos, as fôrmas são feitas de madeirite plastificado ou coberto com fórmica. No caso de obras com greide elevado, a fôrma e a armação são montadas sobre um escoramento metálico. No caso de obras em nível, a fôrma e armação ficam apoiados sobre uma pista de concreto servindo de fôrma para a laje de fundo. A acoplagem perfeita também é garantida nesse sistema já que cada aduela concretada na etapa anterior serve de molde para a aduela concretada na etapa seguinte. O ideal é que o canteiro desses pré-moldados seja próximo ao local da obra para que a distância de transporte seja menor. Depois os segmentos são transportados para serem encaixados.

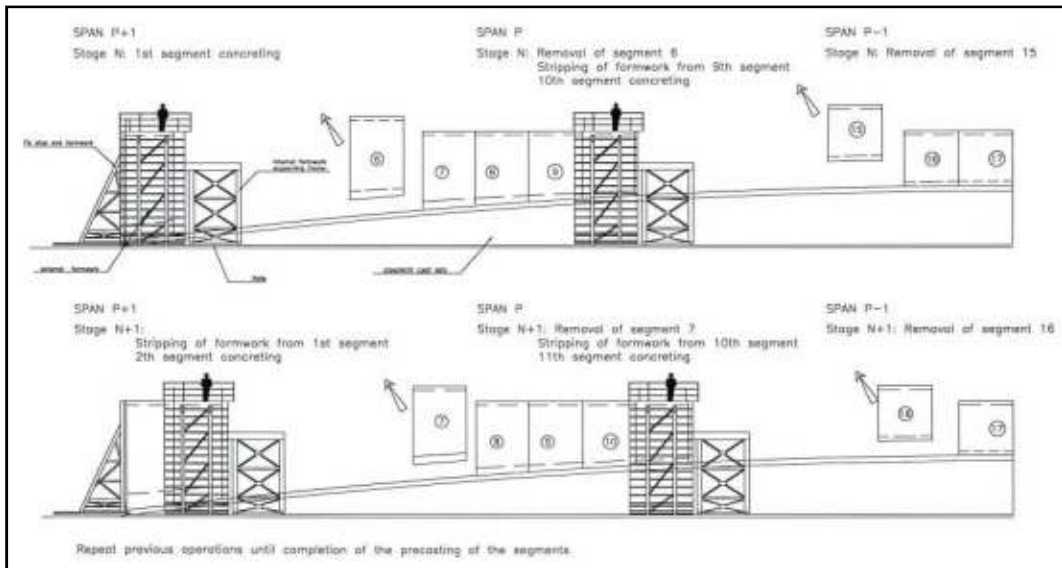


Fig4. Esquema da fabricação dos segmentos pré-moldados por vão do sistema *Long-Line*
 Fonte: *Bridge Construction Methods By David Trayner*



Fig5. Local de fabricação dos segmentos pré-moldados por vão do sistema *Long-Line*
 Fonte: *Bridge Construction Methods By David Trayner*



Fig6. Pátio de pré-moldados - sistema *Long-Line*
Fonte: *Bridge Construction Methods By David Trayner*



Fig7. Transporte dos segmentos pré-moldados (sistema *Long-Line*)
Fonte: *Bridge Construction Methods By David Trayner*

II.2.2.3 – ADUELAS MOLDADAS NO LOCAL

Quando as aduelas são moldadas no local, o processo que se segue é através de cimbramentos metálicos que sustentam a forma. As aduelas uma a uma são

moldadas e concretadas no local, contando em alguns casos com o auxílio de formas deslizantes, que ficam apoiadas em uma estrutura metálica treliçada ancorada nos trechos concluídos anteriormente. Após o concreto atingir a resistência mínima estabelecida de projeto, são protendidas. Após a protensão de uma aduela, a treliça se apoia sobre esta aduela protendida, e se atiranta na laje superior desta mesma, a fim de avançar para a próxima aduela a ser executada. Conforme mencionado, muitas vezes há a necessidade de se executar montagem dos estais, geralmente em casos de vãos muito grandes ou limitação de gabarito. O esquema da figura 6 ilustra a execução de aduelas moldadas no local de uma ponte estaiada construídas pelo processo de balanços sucessivos.

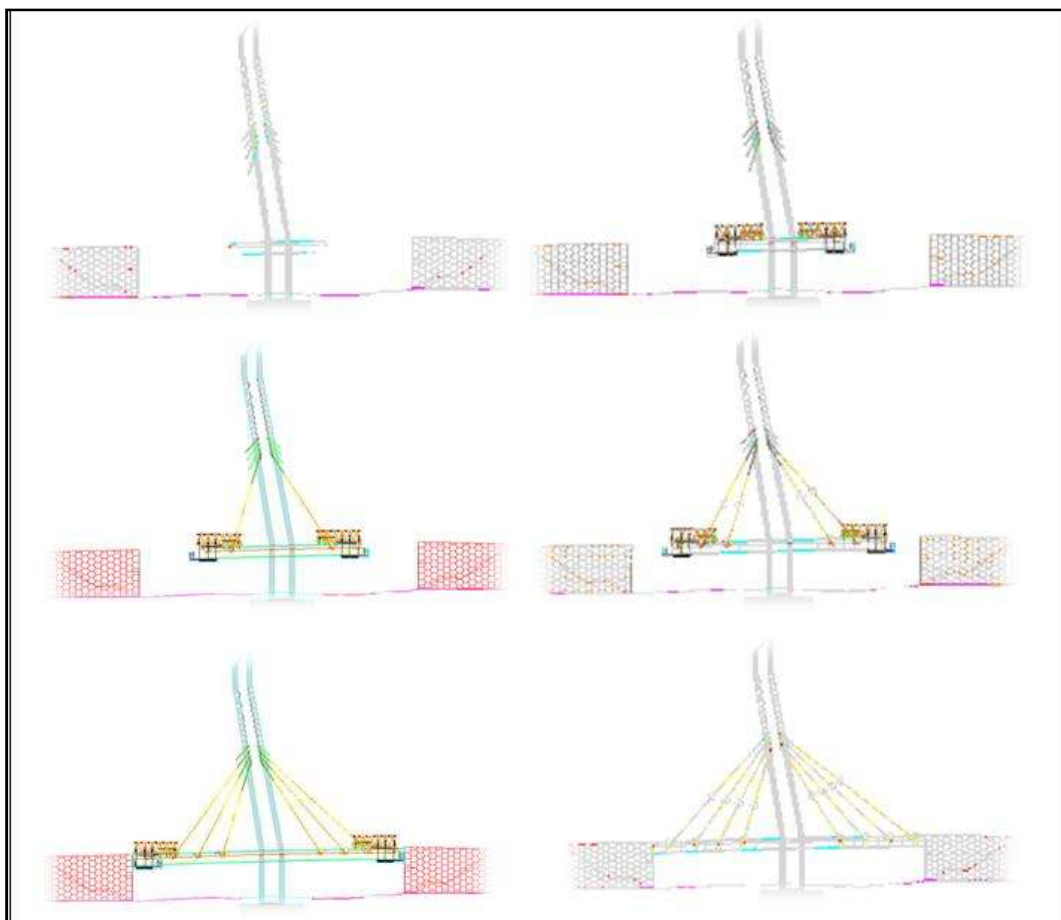


Fig8. Esquema das etapas do método Balanço Sucessivo com aduelas moldadas no local
Fonte: Apresentação cedida pela empresa Mills

Estruturalmente, as diferenças entre os processos em aduelas pré-moldadas e aduelas concretadas no local reside essencialmente na grande dificuldade de, no primeiro caso, prover as juntas de armadura passiva, destinada a manter a integridade da seção transversal no controle da fissuração da peça. Deste fato resulta a necessidade de serem projetadas seções com protensão completa, aumentando o

consumo de materiais (DNER, 1996, *MANUAL DE PROJETO DE OBRAS-DE-ARTE ESPECIAIS*). Segundo Flávia Moll em aula de *Projetos de Estrutura de Pontes do Programa de Pós-Graduação em Projetos de Estruturas do Departamento de Mecânica Aplicada e Estruturas Escola Politécnica da UFRJ*, uma das vantagens da moldagem no local é o fato das armaduras de aço passivo atravessarem a junta entre aduelas, ou seja, aquelas armaduras dispostas sem tensões prévias nas peças estruturais. Entre uma aduela e outra as peças têm uma ligação adicional de armadura passiva pois o esforço nestas muda de direção e intensidade durante as suas diversas etapas de construção. A protensão serve para contrabalançar as flechas e resistir aos esforços de flexão e a armadura passiva atua como complemento para conter os esforços cortantes e momentos fletores. No concreto armado, a armadura não tem tensões iniciais, por isso, é denominada armadura passiva ou frouxa, já no concreto protendido, pelo menos uma parte da armadura tem tensões previamente aplicadas, denominada armadura ativa ou de protensão.

No balanço sucessivo com vigas caixão, os esforços são muito elevados quando comparados com execução de vigas caixão com escoramento convencional. Por isto, a armadura passiva entre as aduelas do balanço sucessivo devem ser muito mais robustas que a armadura passiva entre as vigas concretadas com escoramento.

Cuidados a serem tomados:

Aduelas Moldadas no Local

- Aferir as previsões de contra-flecha de projeto ao longo da obra já que o concreto solicitado é muito novo e as deformações imediatas e lentas são muito importantes;
- Tratar as juntas jateando com água;
- Influência do método construtivo no cálculo.

A seguir está ilustrado algumas obras executadas em Balanço Sucessivo com aduelas moldadas no local com auxílio de treliças lançadeiras.

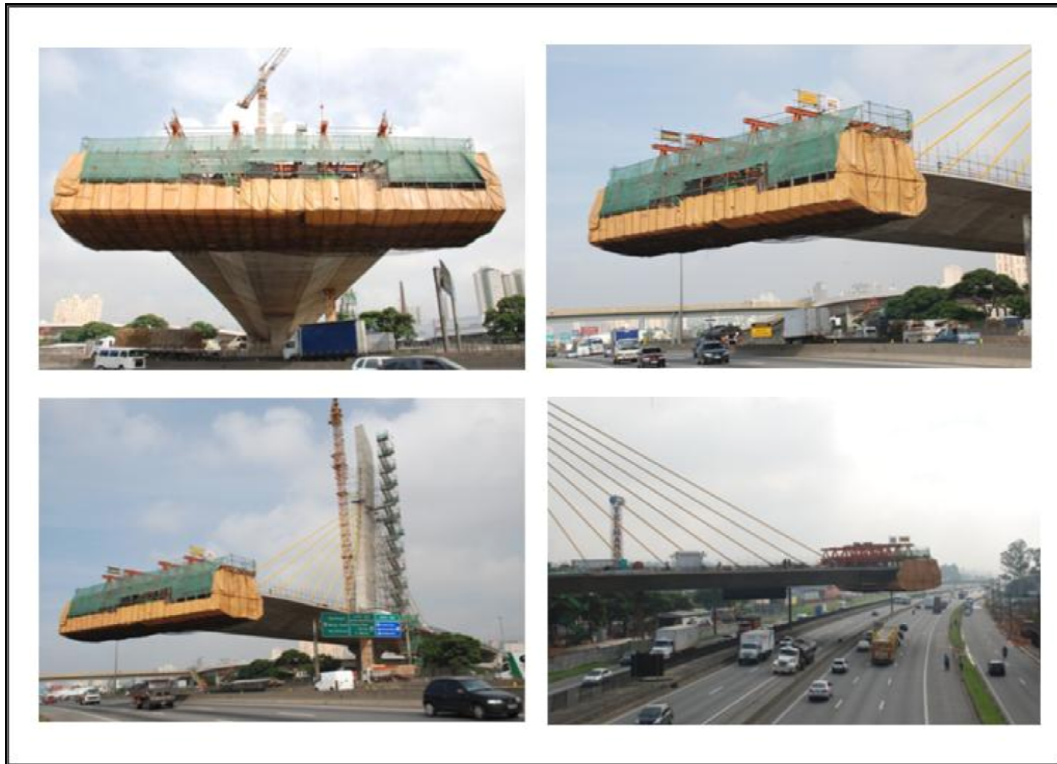


Fig9. Execução do Balanço Sucessivo em viaduto estaiado com aduelas moldadas no local - Rodoanel – OAE 402 (M-150) – Ilha Do Guararé/SP – Camargo Correia
 Fonte: Apresentação cedida pela empresa Mills

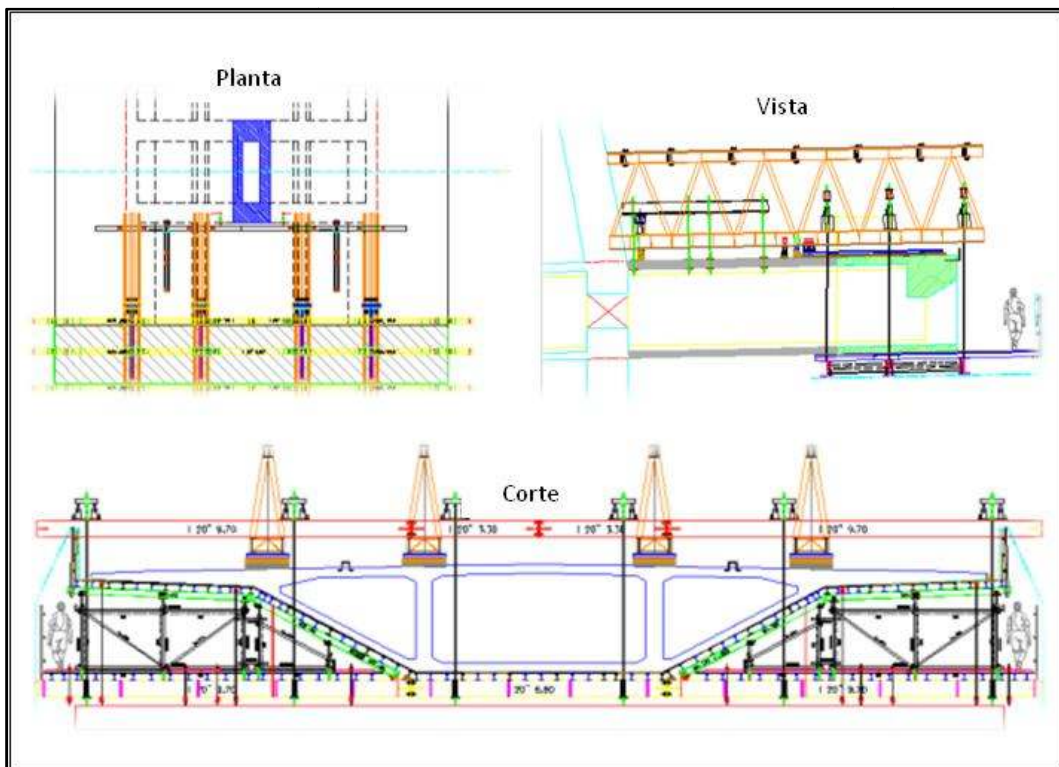


Fig10. Esquema de planta, vista e corte referente ao Balanço Sucessivo com treliça lançadeira e aduelas moldadas no local da obra do Rodoanel – OAE 402 (M-150) – Ilha Do Guararé/SP – Camargo Correia
 Fonte: Apresentação cedida pela empresa Mills



Fig11. Execução do Balanço Sucessivo em viaduto com aduelas moldadas no local - Rodoanel – OAE 517 – PE - (Aspem) - Embú/SP – Construtora OAS
 Fonte: Apresentação cedida pela empresa Mills

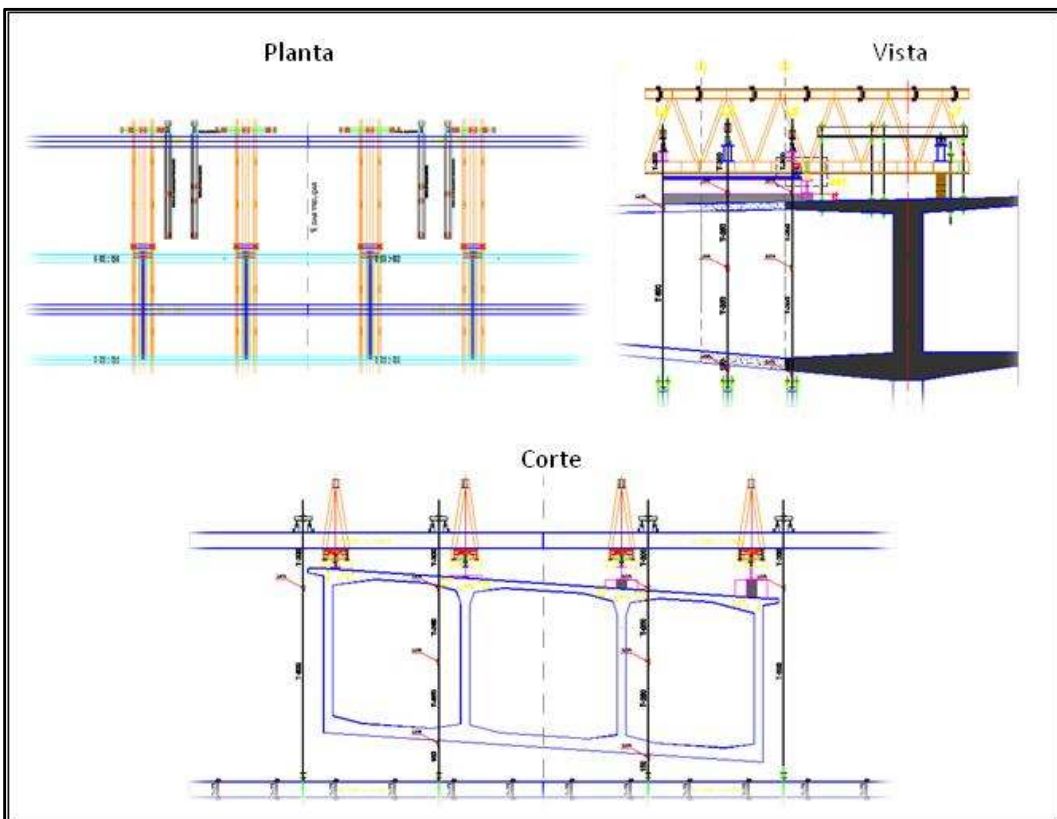


Fig12. Esquema de planta, vista e corte referente ao Balanço Sucessivo com treliça lançadeira e aduelas moldadas no local da obra do Rodoanel – OAE 517 – PE - (Aspem) - Embú/SP – Construtora OAS
 Fonte: Apresentação cedida pela empresa Mills



Fig13. Execução do Balanço Sucessivo em ponte com aduelas moldadas no local - Rio Santa Luzia (M-150) Ferrovia Norte Sul – SPA Engenharia
 Fonte: Apresentação cedida pela empresa Mills

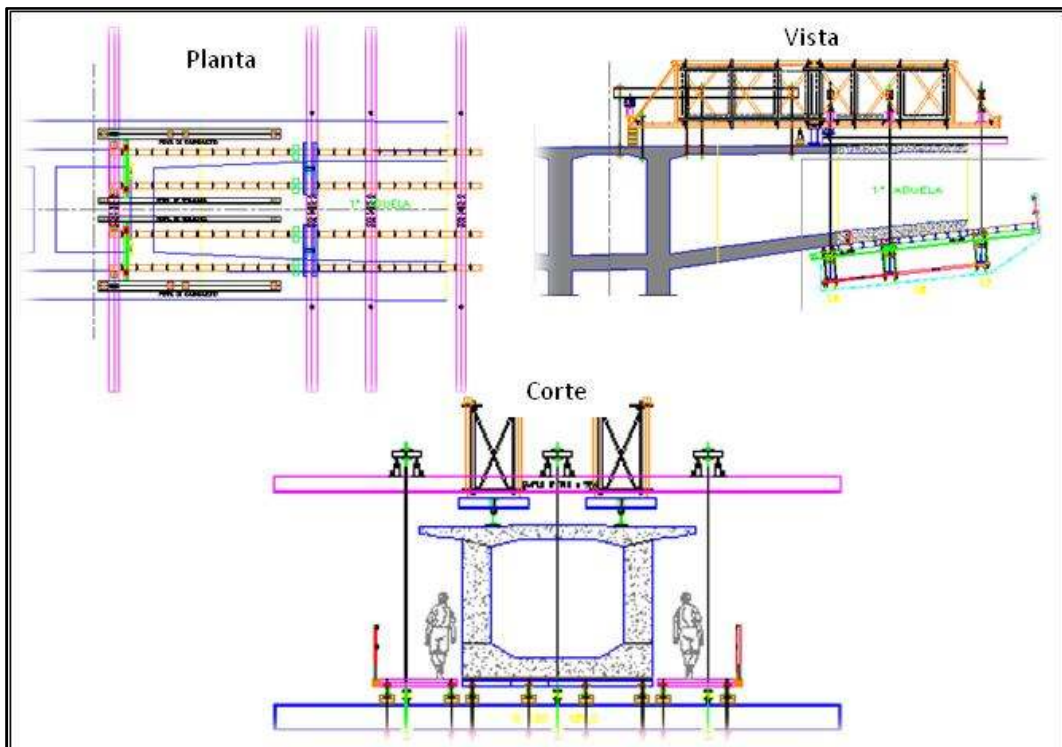


Fig14. Esquema de planta, vista e corte referente ao Balanço Sucessivo com aduelas moldadas no local da obra do Rio Santa Luzia (M-150) Ferrovia Norte Sul – SPA Engenharia
 Fonte: Apresentação cedida pela empresa Mills

II.2.2 - EMPURRAMENTOS SUCESSIVOS

Este sistema foi desenvolvido na Alemanha pelos engenheiros alemães Fritz Leonhardt e Willy Baur, em um contexto de grande desenvolvimento da construção de obras de artes especiais em concreto protendido por volta dos anos 50, após a Segunda Guerra Mundial. A fim de aumentar a competitividade entre as empresas de engenharia, iniciou-se a busca por redução de custos, principalmente no setor de mão-de-obra, daí o desenvolvimento deste método. O método foi utilizado pela primeira vez na construção da ponte sobre o Rio Caroni na Venezuela entre 1962 e 1964 (Fig.15). No Brasil, a primeira aplicação ocorreu em 1978, na passarela de Presidente Altino, sobre os trilhos da Fepasa. Entretanto, no Brasil, este método ainda não é muito utilizado.



Fig15. Primeira ponte em empurramento sucessivo (ponte sobre o Rio Caroni na Venezuela).
Fonte: The Incremental Launching Method In Prestressed Concrete Bridge Construction,1977 (VSL)

O método de empurramentos sucessivos tem como principal característica a eliminação do cimbramento, já que o processo consiste na pré-fabricação das aduelas às margens da intervenção, atrás de um dos encontros da ponte ou viaduto, de preferência o de cota mais baixa, para que o empurramento seja feito em aclave e não em declive, de modo a evitar equipamentos de frenagem. Cada aduela é concretada e protendida diretamente contra a anterior. Após a cura, o conjunto todo é empurrado para a frente através de macacos hidráulicos com a distância de uma aduela com o auxílio de sistemas treliçados que suportam a estrutura até atingir o pilar seguinte. Esta treliça metálica alcança o apoio antes da estrutura e isto faz com que o balanço

seja reduzido e conseqüentemente o momento fletor negativo da durante a fase de construção (Fig.13 e Fig.14).

O bico dianteiro da treliça metálica é projetado em função dos momentos máximos a que estará submetido durante o lançamento. A sua ponta é encurvada para cima a fim de que as aduelas passem de maneira suave sobre os pilares durante o deslizamento.

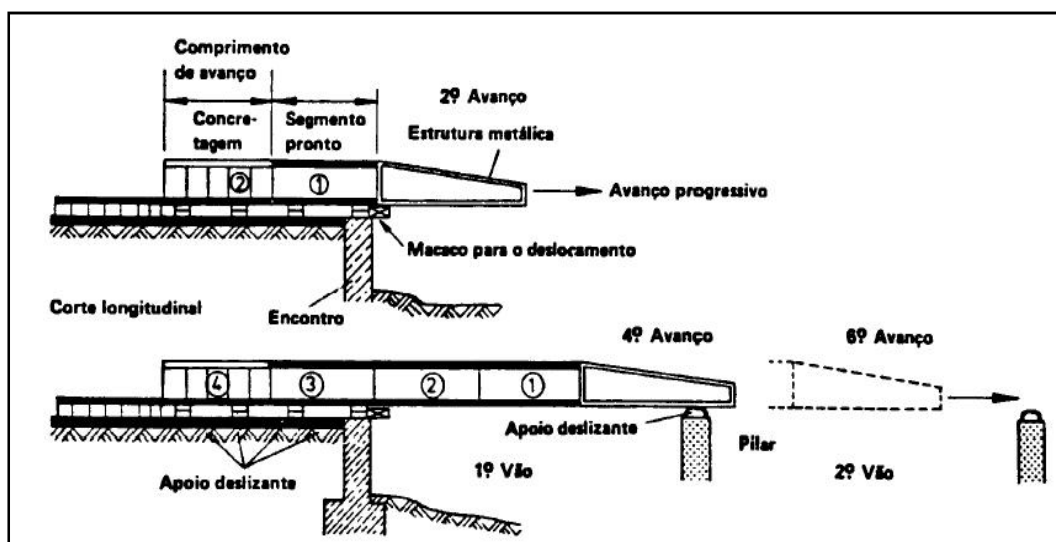


Fig16. Esquema de execução do método de Empurramentos Sucessivos
 Fonte: Notas de Aula Pontes de Concreto Armado 1 - Profª. Fernanda Nascimento

A Publicação Técnica da Rudloff - *A Construção e o Lançamento de Pontes pelo processo dos Segmentos Empurrados*, autor Manfred Theodor Schmid, explica que o equipamento que desloca horizontalmente a estrutura é composto de dois macacos hidráulicos que ficam apoiados no encontro e são ligados por meio de dois cabos de protensão a um perfil metálico situado na parte anterior do módulo. Ao acionar os macacos, os cabos são tracionados empurrando à sua frente a parte já pronta da superestrutura. A velocidade de deslizamento está entre 3 e 6 metros/hora.

Durante o empurramento, os aparelhos de apoio dão lugar ao Teflon, material com baixo coeficiente de atrito, no qual irão deslizar os segmentos. Após o lançamento a superestrutura terá de ser levantada em cada pilar para serem retirados os apoios de deslizamento e instalados os apoios definitivos. Durante o deslizamento o nível da superestrutura deve ser constantemente verificado a fim de evitarem-se problemas na sua passagem por sobre os apoios.

O local de fabricação dos segmentos deve incluir uma área para execução das formas, central de armadura ativa e passiva, central de concreto, guindaste sobre trilhos e o equipamento de lançamento da estrutura.

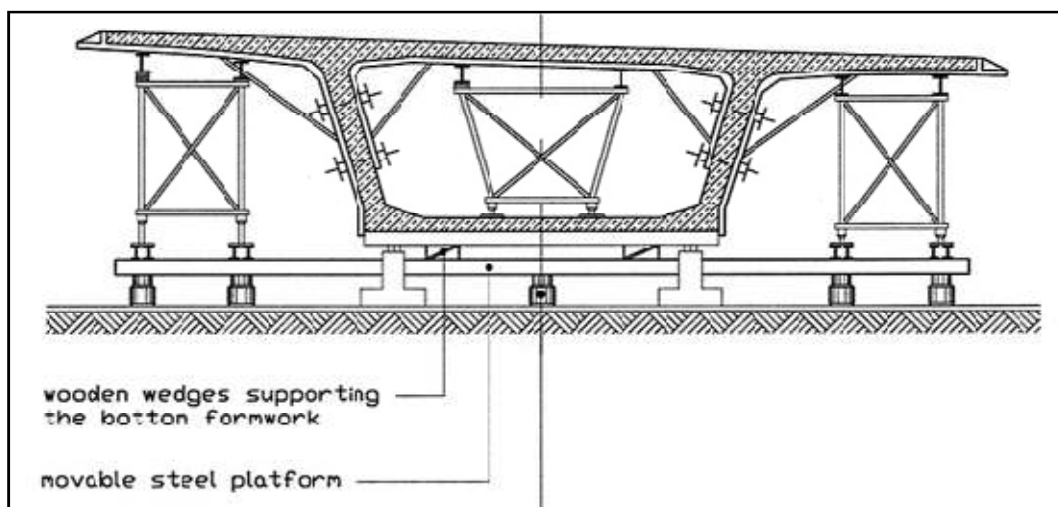


Fig17. Seção transversal da aduela posicionada para execução do empurramento
Fonte: Notas de aula da disciplina Processos de Construção - UFAL

A protensão da estrutura é feita em duas etapas. A primeira é durante a fase de construção em que a protensão é centrada, visando eliminar ou diminuir as tensões de tração no concreto durante a construção devido a variação das solicitações por conta do peso próprio da estrutura. A protensão centrada é feita a cada 2 ou 3 segmentos, alternadamente. Além disto, o coeficiente L / h (Fig.18) relativamente baixo permite que a protensão central seja menor e mais econômica, sem deixar de garantir a segurança necessária. Os cabos de protensão centrados são retos e geralmente ficam situados nas lajes superiores e inferiores.

Terminado o lançamento, segue-se a segunda fase que é executada de modo a complementar a primeira. Inicia-se a protensão dos cabos curvos e contínuos que tem como objetivo suportar os momentos fletores decorrentes das cargas permanentes (pavimentação, guarda-corpo, defensas, barreiras, pórticos, entre outros) e das cargas móveis.

Além da eliminação de escoramento e cimbramento, este sistema permite outras vantagens tais como: redução do prazo de construção, sendo muito favorável para o cronograma físico da obra, redução de mão-de-obra, e considerável reaproveitamento das fôrmas. Além disto, este método é indicado em caso de travessias de rios ou vales com grande largura e profundidade, causando a necessidade de altos pilares e maiores vão, e o cimbramento passa a ser de difícil

execução. Em casos em que o viaduto está localizado em meio urbano e que não é possível realizar o escoramento convencional, este método também pode ser uma solução.

Este processo possui as vantagens da produção em canteiro com as do concreto moldado no local. Primeiro, pois as distâncias de transporte são pequenas (diminuindo os efeitos dinâmicos causados pela vibração do transporte) e segundo, pois uma grande quantidade de equipamentos ficam concentrados num mesmo local, próximo a obra, garantindo qualidade na execução das peças.

Parte das características do processo são extraídas da fonte Publicação Técnica da Rudloff - *A Construção e o Lançamento de Pontes pelo processo dos Segmentos Empurrados*, autor Manfred Theodor Schmid, com adequações.

- Ausência total de escoramento;
- O canteiro de trabalho é fixo e pode ser coberto, sendo protegido das intempéries;
- Execução da obra com rapidez;
- Indicado para pontes retas ou com curvatura uniforme;
- Não há juntas;
- Há alternância de solicitações em cada seção durante a fase de empurramento da superestrutura;
- A proa que avança em balanço é dotada de bico metálico resistente e leve, destinado a reduzir o momento fletor do mesmo;
- O equipamento hidráulico para o lançamento localiza-se no encontro a partir do qual a ponte é lançada;
- Os apoios da superestrutura são inicialmente deslizantes;
- É ideal que a altura da seção seja entre $L / 12$ e $L / 15$. Caso a altura da seção seja menor do que $L / 17$, pode-se tornar necessário o emprego de pilares provisórios entre os pilares definitivos da ponte. O objetivo é reduzir o tamanho dos vãos durante o lançamento.

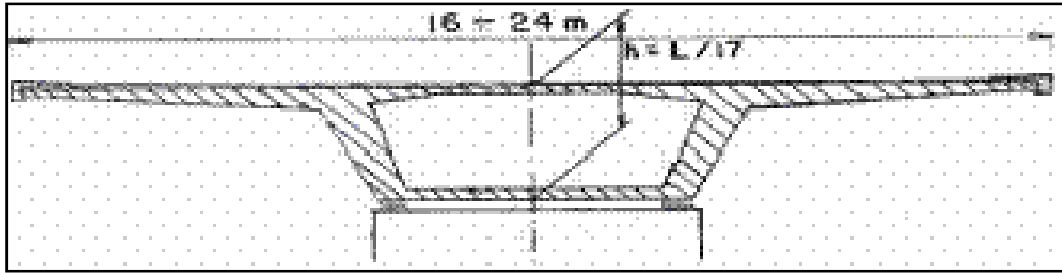


Fig18. Seção transversal da aduela ilustrando a altura da seção
 Fonte: Publicação Técnica da Rudloff - A Construção e o Lançamento de Pontes pelo processo dos Segmentos Empurrados

- Os elementos que constituem a superestrutura da ponte são concretados, protendidos, desmoldados e então deslocados sobre apoios deslizantes por meio de macacos hidráulicos;
- Conforme já foi dito, é adequado para pontes com no mínimo 150 metros de extensão e contendo no mínimo 3 vãos;
- Os vãos extremos devem ter comprimentos não maiores do que 75 a 80% do comprimento dos vãos intermediários, que por sua vez devem ser iguais entre si (vão – tipo);
- Adequado para vãos de 30 a 50 metros. Para vãos acima de 50 metros são recomendados pilares provisórios de altura máxima de 40 metros que, por não serem projetados para resistirem às forças horizontais devem ser estaiados ou atirantados para trás.
- Os segmentos têm de 15 a 25 m de comprimento e são executados em um prazo aproximado de um por semana.

Cuidados a serem tomados:

- Evitar esforços adicionais causados por falta de nivelamento e falta de precisão das fôrmas;
- Verificação das fases construtivas devido à influência do método construtivo no cálculo.
- Cuidados com as interferências que podem impedir o movimento das fôrmas.

A seguir está ilustrado algumas obras executadas em Empurramento Sucessivo:



Fig19. Execução de método de Empurramento Sucessivo. Obra Ponte Empurrada / SP - Construtora Andrade Gutierrez
Fonte: MAC Protensão Ltda.



Fig20. Execução de método de Empurramento Sucessivo
Fonte: Bridge Construction Practices Using Incremental Launching



Fig21. Execução de método de Empurramento Sucessivo. Obra Duplicação da Rodovia dos Imigrantes – São Paulo – Concessão Ecovias
Fonte: ECOVIAS

II.2.3 - SUPERESTRUTURAS COM VIGAS PRÉ-MOLDADAS E PRÉ-FABRICADAS

Este método consiste na execução de vigas longitudinais pré-moldadas e protendidas em um pátio de pré-fabricação localizado próximo ao local da obra e após a protensão são transportadas ao local de aplicação através carretas extensivas e colocadas sobre os pilares através do lançamento com guindastes ou lançamento com treliças.

A protensão é geralmente feita em duas etapas. A primeira no pátio de pré-moldados para suportar o peso próprio e esforços que surgem durante o lançamento. A segunda, após a concretagem e cura da laje. A utilização de fôrmas metálicas permite a reutilização e conseqüente industrialização do processo, fazendo com que a execução das vigas seja feita de forma muito rápida.

No caso de vigas pré-fabricadas, estas são produzidas em uma fábrica cujo canteiro de fabricação é fixo e garante padronização e maior controle, qualidade e acabamento das peças fabricadas. Pode-se fabricar além das vigas, as lajes e barreiras laterais, aumentando ainda vai a velocidade na execução da obra. Além

disso, se reduz o canteiro de obras já que não será necessário o pátio de pré-moldados e a necessidade de mão-de-obra especializada.

As vigas são executadas mais estreitas no meio e mais largas nas extremidades, onde se apoiam nos pilares. Isto se deve ao fato de que nas extremidades o esforço cortante é maior e, portanto, são executadas desta forma de modo a suportar estes esforços cortantes elevados. Além disto, a cabeça da viga deve possuir uma armadura mais robusta de modo a acomodar o bulbo de tensão já que as vigas são protendidas em cada lado e os macacos hidráulicos posicionados em cada cabeça, gerando um esforço muito grande na sua extremidade. No caso do momento fletor, este é mais elevado no meio no caso de vigas bi-apoiadas e, a fim de reduzir estes esforços, deve-se aumentar a altura da viga.

No caso de pontes com curvatura acentuada e/ou com grandes vãos, este processo não é recomendado, sendo o mais indicado o balanço sucessivo ou empurramento sucessivo.

Características do processo:

- Recomendado para vãos entre 25 e 45 metros;
- Rápida execução da obra, pois, a superestrutura e mesoestrutura podem ser executadas simultaneamente, sendo vantajoso para cronogramas físicos ajustados;
- Altura de escoramento elevada;
- Recomendado em casos de viadutos sobre vias movimentadas em que não é possível ser feito o escoramento das vigas;
- Recomendado quando se trata de grandes comprimentos de obra com número elevado de vigas pré-moldadas;
- Necessário o local para instalação do canteiro de fabricação;
- Elevado número de juntas de dilatação transversais que geram uma descontinuidade dos tabuleiros tornando um local propício para aparecimento de patologias e geram desconforto para os motoristas;
- Propício em leitos de água profundos e sem regimes bem definidos.

A seguir serão citados dois processos construtivos admitidos para este método:

1. Lançamento com auxílio de treliças
2. Lançamento com guindastes

1. Lançamento com auxílio de treliças

Um dos equipamentos mais conhecidos no mercado para executar o lançamento de vigas com auxílio de treliça é a treliça lançadeira SICET. Este é um equipamento auto-motor para o lançamento de vigas pré-moldadas até sua posição definitiva sobre os pilares.

Este processo é possível para vãos de até 45 metros e vigas com até 120 toneladas. Em casos de trechos curvos e rampas máximas de até 5% este processo também é possível de ser executado.

As etapas de execução estão ilustradas abaixo:

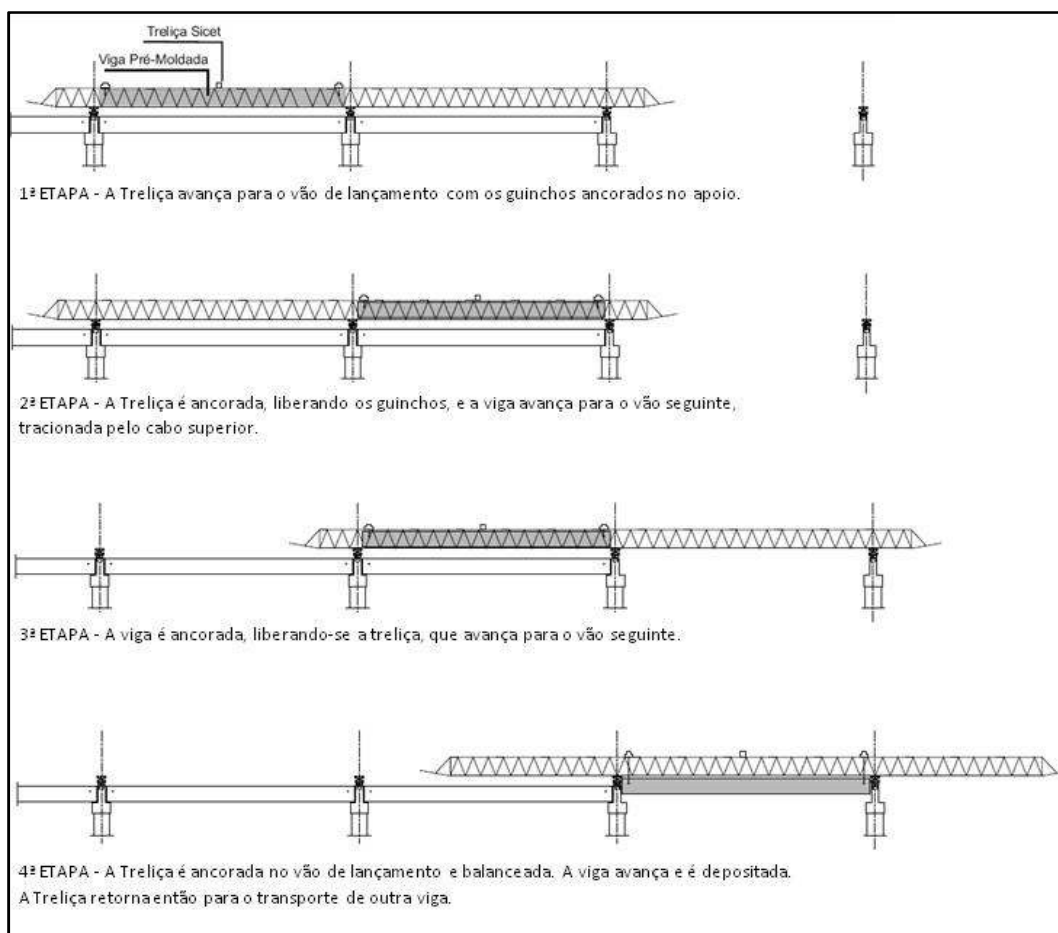


Fig22. Esquema das etapas construtivas com treliça lançadeira
Fonte: Documental técnico - Empresa ROHR

A seguir estão ilustrados alguns exemplos de obras executadas com treliça lançadeira.



Fig23. Lançamento de vigas pré-moldadas através de treliça lançadeira. Obra Construção da Ponte do Mar Pequeno, 1980.
Fonte: Secretaria de Transportes do Estado de São Paulo/Dersa



Fig24. Lançamento de vigas pré-moldadas através de treliça lançadeira. Obra Construção da Ponte do Mar Pequeno, 1980.
Fonte: Secretaria de Transportes do Estado de São Paulo/Dersa



Fig25. Lançamento de vigas pré-moldadas através de Treliza Lançadeira. Obra Cebu South Coastal Road, Philippines, 2002
Fonte: Bridge Construction Methods By David Trayner



Fig26. Lançamento de vigas pré-moldadas através de Treliza Lançadeira. Obra Cebu South Coastal Road, Philippines, 2002
Fonte: Bridge Construction Methods By David Trayner

2. Lançamento com guindaste

Para o lançamento com guindaste é necessário que se tenha espaço suficiente no local da obra para seu posicionamento, além da resistência no terreno para sustentar o guindaste. O lançamento é feito de maneira muito rápida principalmente depois que algumas vigas já foram lançadas pois a prática gera velocidade de execução. Geralmente é lançado uma viga a cada 10 minutos.

Este processo é aplicável para peso de vigas até 300 toneladas, quando não existem impedimentos de redes elétricas e de iluminação que podem dificultar a movimentação do guindaste. Além disto, o greide a obra deve ser compatível com o comprimento e altura da lança do guindaste.

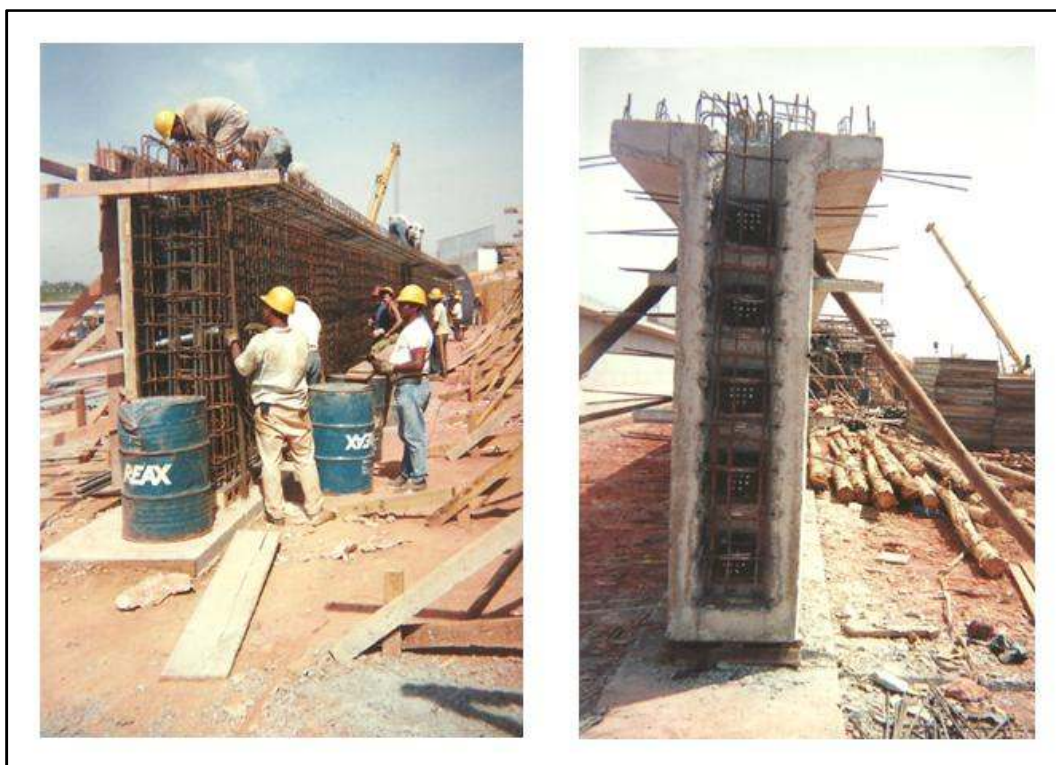


Fig27. Ao lado esquerdo montagem da armadura da viga pré-moldada sobre berço de concreto e do lado direito detalhe da viga concretada e protendida com escoramento lateral para evitar tombamento. Obra Viaduto da Rodovia Governador Carvalho Pinto sobre Rodovia Presidente Dutra, Trecho Campos do Jordão – Construtora Cowan (1993/1994).

Fonte: Imagens cedidas pelo mestre de obras Antônio Borges



Fig28. Detalhe da protensão da viga com macaco hidráulico. Obra Viaduto da Rodovia Governador Carvalho Pinto sobre Rodovia Presidente Dutra, Trecho Campos do Jordão – Construtora Cowan (1993/1994).
Fonte: Imagens cedidas pelo mestre de obras Antônio Borges



Fig29. Lançamento das vigas com guindaste. Obra Viaduto da Rodovia Governador Carvalho Pinto sobre Rodovia Presidente Dutra, Trecho Campos do Jordão – Construtora Cowan (1993/1994).
Fonte: Imagens cedidas pelo mestre de obras Antônio Borges



Fig30. Vista das vigas lançadas e detalhe da montagem da armadura da transversinas. Ao lado direito da imagem está o canteira de pré-moldados. Obra Viaduto da Rodovia Governador Carvalho Pinto Sobre Rodovia Presidente Dutra, Trecho Campos do Jordão – Construtora Cowan (1993/1994).
Fonte: Imagens cedidas pelo mestre de obras Antônio Borges

II.2.4 - SUPERESTRUTURAS COM VIGAS MOLDADAS NO LOCAL

Este processo é o mais antigo e, provavelmente o mais utilizado na construção de obras de arte especiais em que os viadutos em concreto armado ou concreto protendido seguem o sistema tradicional de construção, sendo a concretagem das vigas executadas sobre a fôrma que fica apoiada no escoramento em contato com o terreno. Após atingir a resistência necessária do concreto, a viga pode ser protendida, e após a protensão do vão, o escoramento e as fôrmas podem ser retirados.

Diferente dos processos já citados anteriormente, ele necessita de escoramento para sua execução e isto significa que no local da construção do viaduto deve ter espaço e condições para montagem do escoramento.

Portanto, este processo não é recomendado para os seguintes casos:

- Altura de escoramento elevada (pilar com altura maior que 15 metros);
- Leitões de água profundos e largos, sem regimes bem definidos e com correnteza forte (velocidade da água acima de 3 metros por segundo);
- Obras de grande comprimento (acima de 400 metros);
- Diferente dos processos citados anteriormente, a execução é mais lenta e, portanto, não é recomendada para cronogramas apertados.

Os escoramentos são dimensionados para serem os mais leves e econômicos possíveis, sem super dimensionamento, sendo normalmente estruturas isostáticas e que acabam sofrendo deformações por conta do peso do concreto ainda mais quando se encontram expostos aos raios solares, podendo sofrer deformações maiores ainda. Por outro lado, o concreto em sua fase de endurecimento é muito sensível a deformações, podendo sofrer fissuras e trincas. Por conta destes fatos, alguns cuidados devem ser tomados previamente para que não ocorram problemas estruturais, tais como: cálculo das deformações com previsão de contra-flecha e realizar a concretagem por trechos utilizando retardadores de endurecimento para que as deformações do escoramento terminem antes do concreto endurecer.

No caso de pontes curvas onde é possível fazer este escoramento convencional atendendo as condições anteriormente citadas, é recomendado que se execute vigas de seção fechada (vigas caixão), já que para estes tipos de ponte, aparecem esforços de torção elevados e a seção caixão resiste melhor a esses esforços, comparados à seção aberta.

O processo de construção com concreto moldado no local pode ser feito através de fôrmas sobre escoramento fixo ou fôrmas sobre escoramento deslizante, descritos a seguir.

II.2.4.1 - FÔRMAS SOBRE ESCORAMENTOS FIXO

Este tipo de escoramento é mais simples e inicialmente era muito executado em madeira, com pontaletes pouco espaçados entre si e muitas vezes o escoramento em si era tão trabalhoso e precisava de tanta técnica que eram considerados grandes realizações. Era muito comum para pontes em arco.

Atualmente os cimbramentos metálicos assumiram uma posição de relevância com empresas muito mais especializadas tais como: SH Fôrmas, Mills, Rohr, Doca, entre outras, que calculam e elaboram o projeto, se responsabilizam pelo fornecimento, montagem e desmontagem do material. Além disto, segundo Walter Pfeil em seu livro *Cimbramentos*, outras razões para o aumento no uso do escoramento metálico são:

- Pequena mão-de-obra de montagem e desmontagem;
- Grande capacidade portante, permitindo a execução de vãos grandes, torres elevadas etc.;
- Possibilidade de repetidas utilizações mediante padronização dos elementos;
- O preço da madeira subiu mais que o dos outros materiais tornando-a menos competitiva;

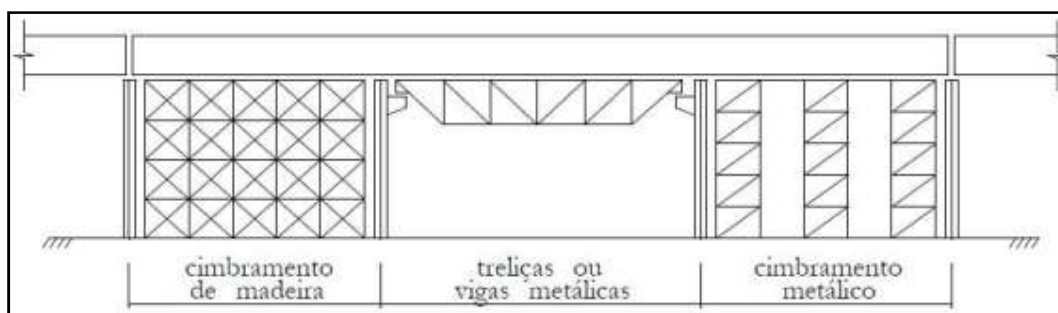


Fig31. Esquema ilustrando a diferença entre cimbramentos de madeira, metálico e treliça metálica.
Fonte: Notas de Aula Pontes de Concreto Armado 1 - Profª. Fernanda Nascimento

O projeto de escoramento deve ser muito bem elaborado e compatível com o plano de concretagem e tipo de obra.

Para o engenheiro responsável, é importante comprovar a confiabilidade da segurança do escoramento projetado e os cuidados com a execução, em particular, com a estabilidade das peças sujeitas ao perigo de flambagem, porque o colapso de uma parte do escoramento, sob ação das elevadas cargas produzidas pelo concreto fresco, conduz a acidentes catastróficos, como infelizmente acontece quase todos os anos (LEONHARDT, 1979, *Princípios Básicos da Construção de Pontes de Concreto*).



Fig32. Escoramento fixo. Obra Viaduto Industrial João Lira, Pernambuco
Fonte: SH Fôrmas

O escoramento, conforme dito anteriormente, fica apoiado no terreno e as deformações devem ser compensadas através de contra-flechas.

Segundo F. Leonhardt em seu livro *Princípios Básicos da Construção de Pontes de Concreto*, alguns cuidados devem ser tomados:

- Evitar compressão nas juntas através de uma camada de argamassa;

- A retirada do escoramento deve ser realizada de tal modo a não produzir solicitações prejudiciais à estrutura da ponte;
- Tratamento das juntas através do jateio de água para evitar patologias futuras nestes locais;
- Cuidados durante a concretagem com relação aos possíveis recalques e deformações;
- Após a desmontagem do escoramento, realizar a desforma do centro para os apoios de cada vão;

II.2.4.2 - FÔRMAS SOBRE ESCORAMENTOS DESLIZANTES

No caso de pontes longas ou terrenos não-planos ou ainda em pontes em encostas, com vãos de até 50 metros, passa a ser recomendado o uso de treliças metálicas de escoramento que são deslocadas de vão em vão por rolamento sobre vigas transversais que são aparafusadas nos pilares.

Os escoramentos deslizantes são feitos com um sistema de treliças metálicas móveis e, de acordo com o avanço da concretagem das vigas, este é deslocado para a execução da seguinte. Concreta-se então um vão da ponte de cada vez e, no caso de vigas contínuas, até o ponto de momento nulo do vão seguinte. Após o concreto atingir a resistência necessária, pode-se dar início a protensão da viga e, após a protensão, retiram-se as fôrmas juntamente com o escoramento e passa-se para o vão seguinte.

Os escoramentos deslizantes são recomendados quando se tem pelo menos três vãos do viaduto com a mesma seção transversal. Ele é considerado prático em terrenos planos em solo resistente para suportar o escoramento e quando o viaduto não estiver muito acima do nível do terreno.

Para o emprego dos escoramentos autoportantes (que vencem o vão total sem apoios provisórios), as vigas e cabos de protensão devem ser projetados de modo que exista uma junta de acoplamento a cada distância de 20 por cento do comprimento do vão. Nestas juntas de acoplamento os cabos de protensão são emendados com ancoragem de acoplamento

F. Leonhardt em seu livro *Princípios Básicos da Construção de Pontes de Concreto*, explica que hoje em dia, as pontes são em sua maioria extensas e

contínuas sobre vários vãos. Por isso, as juntas de construção, onde os cabos de protensão terminam ou atravessam, são inevitáveis. Em diversos processos de execução, os cabos de protensão são tensionados e ancorados em juntas de construção, continuando através do próximo trecho da obra, quando então uma ancoragem fixa é acoplada à ancoragem tensionada (junta de acoplamento).



Fig33. Etapas executivas de um viaduto em vigas caixão realizado com escoramento convencional
Fonte: Fotos cedidas pelo mestre de obras Antônio Borges

CAPÍTULO III - INFLUÊNCIAS DO SETOR DE PROJETOS EM OBRAS

III.1 - PROBLEMÁTICA E IMPORTÂNCIA DO SETOR DE PROJETOS

Atualmente o setor de projetos tem sido alvo de constantes reclamações por parte das construtoras, devido os atrasos na sua entrega, falta de detalhamento e constantes modificações nos projetos. Estes problemas se devem ao fato principal da falta de mão-de-obra de profissionais especializados e com anos de experiência no setor de cálculo estrutural.

A falta de mão-de-obra é resultado de uma série de fatores históricos que iniciaram a partir das crises do petróleo formadas por 5 fases, todas após a Segunda Guerra Mundial. Porém, no Brasil, o maior impacto desta crise foi por volta de meados da década de 70 em que o aumento exorbitante do preço do petróleo ocasionou o aumento de diversos produtos derivados do mesmo. Somando a isto, por volta dos anos 80 veio o aumento da inflação que gerava constantes modificações nos preços dos produtos e serviços e, conseqüentemente da mão-de-obra.

Devido a estes diversos fatores, durante muitos anos as obras de infraestrutura ficaram estagnadas. Turbulências econômicas prejudicaram os investimentos em obras de infra-estrutura. O setor da construção civil ficou paralisado e diversas construtoras e projetistas quebraram ou fizeram um corte da maioria de seus funcionários. Isto fez com que os jovens da época não tivessem interesse em estudar Engenharia Civil, o que afetou no contexto atual, em que o número de engenheiros civis com mais de 15 anos de experiência em cálculo estrutural não é suficiente para atender a demanda atual do mercado do Brasil e, principalmente do Rio de Janeiro que está em uma fase de muitas obras devido a Copa do Mundo e Olimpíadas que se aproximam.

Entretanto, com o Plano Real, a economia foi se estabilizando e a partir do ano de 2003, aproximadamente, o setor de construção civil foi sendo reaquecido com o aumento das obras de infra-estrutura. Aos poucos, a procura pelo curso de engenharia civil foi aumentando e hoje, o que se vê, são engenheiros civis, com ênfase em estruturas, recém formados tendo que realizar projetos de infraestrutura muito complexos.

A falta de mão-de-obra gera atrasos na liberação dos projetos e entrega dos mesmos com qualidade insatisfatória, podendo acarretar atrasos no cronograma da obra. Além disto, possibilidade de recebimento de projetos inexequíveis ou com qualidade insatisfatória, como por exemplo, sub ou super dimensionamento de projetos e/ou projetos incoerentes. Outras vezes, são identificadas interferências não

previstas na concepção do projeto. Estes tipos de problemas com projetos são considerados **risco técnico** para a obra.

Segundo um estudo realizado pelo engenheiro Mestre em Engenharia de Produção Paulo E. Rezende, e pelo professor do Programa de Pós-Graduação em Construção Civil da Universidade Federal de Minas Gerais, Paulo R. P. Andery, concluiu-se que o setor da construção apresenta um histórico de problemas relacionados à qualidade de seus produtos, serviços e processos. Vários estudos e iniciativas para a solução de tais problemas têm sido conduzidos por pesquisadores, profissionais e organizações do vasto campo de atuação abrangido por este setor. Ainda segundo estes profissionais, parte das soluções destes problemas aponta para a necessidade do aperfeiçoamento dos mecanismos de gestão do processo de projeto e a integração entre as atividades de projeto e execução.

Uma maior integração entre projeto e produção, com uma efetiva participação do construtor no processo de projeto, utilizando pressupostos da Engenharia Simultânea, permite a racionalização construtiva e a redução de custos da obra.

Projetos para OAE estão sujeitos a condições muito específicas, que exigem soluções únicas para cada caso, dificultando as possibilidades de padronização e racionalização nas obras. Conclui-se que isto gera uma dificuldade por parte das projetistas na execução dos projetos de OAE.

A falta de interação entre projetista e construtor gera uma série de problemas na execução dos projetos em campo. Nota-se que existe uma preocupação por parte dos projetistas com a análise das tensões e deformações, cálculo da estrutura, do aço, mas eles acabam pecando no detalhamento do projeto. Os projetos de fôrmas são muitas vezes super dimensionados, com sobrecarga de material, já que geralmente este serviço é terceirizado. Isto acaba gerando um aumento do custo. Então, muitas vezes o engenheiro tem que resolver o problema no campo e cada vez é mais comum a presença de um gerente de projetos nas obras, que atua como consultor, dependendo do tamanho e complexidade da mesma.

O gerente de projetos tem a função de analisar e localizar as possíveis falhas dos projetos que chegam a obra. Caso seja identificado alguma falha uma solução é proposta e apresentada ao responsável com registro ART (Anotação de Responsabilidade Técnica). Caso seja aprovada a proposta, o gerente de projetos apresenta a solução a gerenciadora contratada da obra que irá realizar as modificações solicitadas, se concordarem. O consultor não tem autonomia para alterar projetos. Em alguns casos, o próprio consultor calcula e elabora o projeto alternativo e em seguida apresenta. Tudo depende da relação com a gerenciadora. As medidas

anteriormente citadas são tomadas para que a obra não fique parada e são as chamadas CT's – Consultas técnicas e APC's – Adequação de Projeto em Campo.

O primeiro passo ao receber um projeto é realizar o processo de compatibilização de projetos. A primeira análise a ser feita é uma análise crítica do projeto quanto a concordância da locação com o mesmo, em que é analisada a orientação com relação ao norte do projeto, verificação se a coordenada está no sistema baseada nas quadrículas UTM (*Universal Transverse Mercator*) ou coordenada cartográfica, e análise de alguns pontos de referência. Posteriormente é feita a conferência gráfica, ou seja, a análise de escala, cotas, elevações, e cortes. A terceira etapa é verificar se os projetos estão dentro das normas referentes a cada tipo de projeto seja ele topográfico, estrutural (concreto, aço, etc.), geotécnico (características do solo, perfil geológico, etc.), entre outros.

Após estas três análises iniciais, é feita a análise de construção em que é verificado se o projeto está pobre ou rico de informações. O excesso de informações (elevação e corte em demasia, grande quantidade de cotas, etc.) pode gerar confusões no momento da execução, portanto, é importante ser feita uma filtragem e um apanhado final. Deve-se levar em consideração que a pessoa que irá comandar a frente de serviço diretamente é o mestre de obras e principalmente os encarregados, que as vezes não tem embasamento técnico para compreender todas estas informações, podendo gerar erros durante a execução. Quando todas estas análises forem concluídas, libera-se ou não o projeto para a execução. Caso esteja tudo executável e coerente, o projeto pode chegar ao campo para ser executado. Caso haja algum problema, algumas medidas podem ser tomadas conforme já citado anteriormente que são as Consultas técnicas (CT's) e Adequações de Projeto em Campo (APC's).

As Consultas Técnicas são elaboradas quando há alguma discrepância no projeto, e então uma solução é estudada com a gerenciadora de projetos contratada pela obra que é responsável pela elaboração de todos os projetos. As CT's são feitas quando se tem um prazo folgado, e novas datas de entrega de projetos são combinadas. Já a APC é feita quando há a necessidade que se mude uma solução técnica, caso apareça alguma eventualidade no campo não prevista ou que não foi registrada pelo levantamento topográfico, sondagem, análise laboratorial, entre outros fatores. Além disto, a APC é mais utilizada para não haver paralisação da obra. A mesma é elaborada pelo consultor de projetos, contratado pela construtora para analisar os projetos que chegam da gerenciadora de projetos e a APC deve ser aprovada pelo diretor técnico da gerenciadora, que possui a ART.

Nota-se uma certa impotência por conta do consultor de projetos, já que muitas vezes apresenta soluções que não são aprovadas seja porque o gerente de contrato avaliou a solução como sendo de alto custo ou porque a gerenciadora não concordou. O grande desafio do projetista é o fator econômico, ou seja, vencer o obstáculo geográfico, com o menor custo possível.

O controle de projetos é muito importante em uma obra. No Anexo I consta um procedimento de *Controle de Projetos* que explica a maneira adequada de ser feito este controle. Além disto, é importante que se elabora um cronograma de entrega de projetos para enviar a gerenciadora e evitar possíveis atrasos na obra por conta dos atrasos na entrega dos projetos. O Anexo II apresenta o cronograma de projetos da obra Linha Amarela Lote V – Trechos 1 e 2.

Para o controle da documentação está sendo estudada pela obra a implantação de um sistema de gerenciamento de documentos chamado *CAGEN*. Com este sistema será possível ter um maior controle sobre os projetos e permitir que todos da equipe tenham acesso de visualização dos mesmos de qualquer lugar que tenha o acesso a internet. Outra vantagem é que os projetos estarão sempre atualizados com a última revisão e será mais fácil de se ter o controle da distribuição dos projetos nas obras de modo que não haja projeto obsoleto em campo. Este sistema é simples de ser utilizado de forma que usuário consegue utilizá-lo de forma intuitiva. Outro ponto positivo é a independência do sistema, ou seja, o usuário definido como administrador pode criar novas pastas de projeto a qualquer hora ou incluir novos usuários. Dessa forma ninguém fica preso aos dias e horários do suporte técnico. Além disto, dependendo da necessidade é possível realizar *upgrades* no sistema e acrescentar novas funcionalidades.

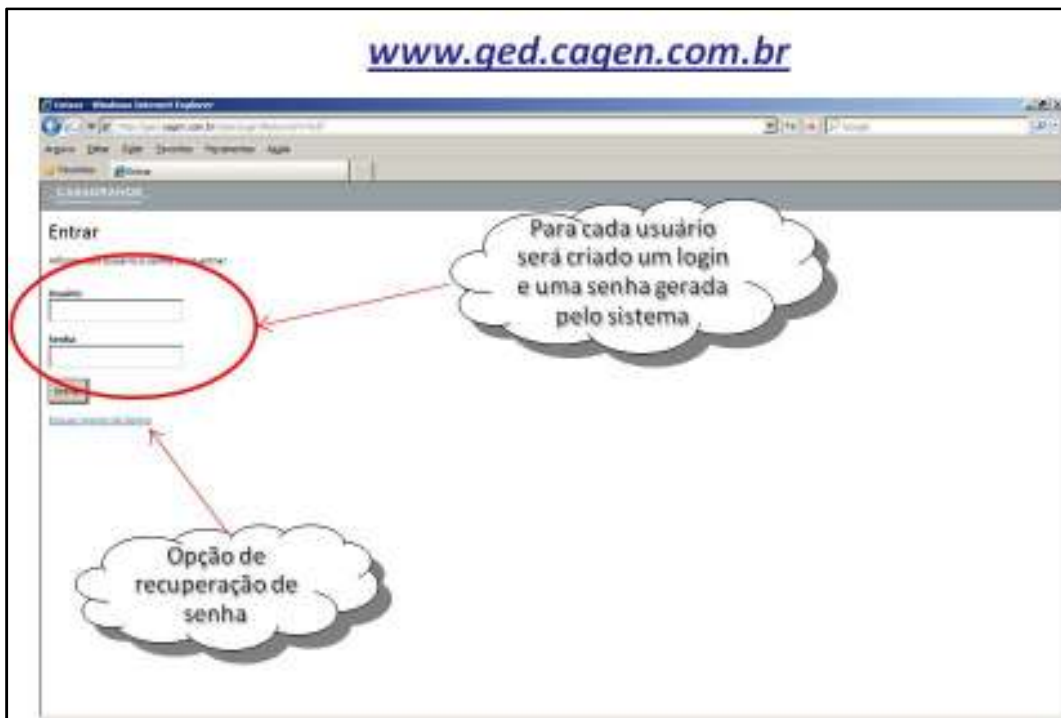


Fig34. Login e controle de acesso

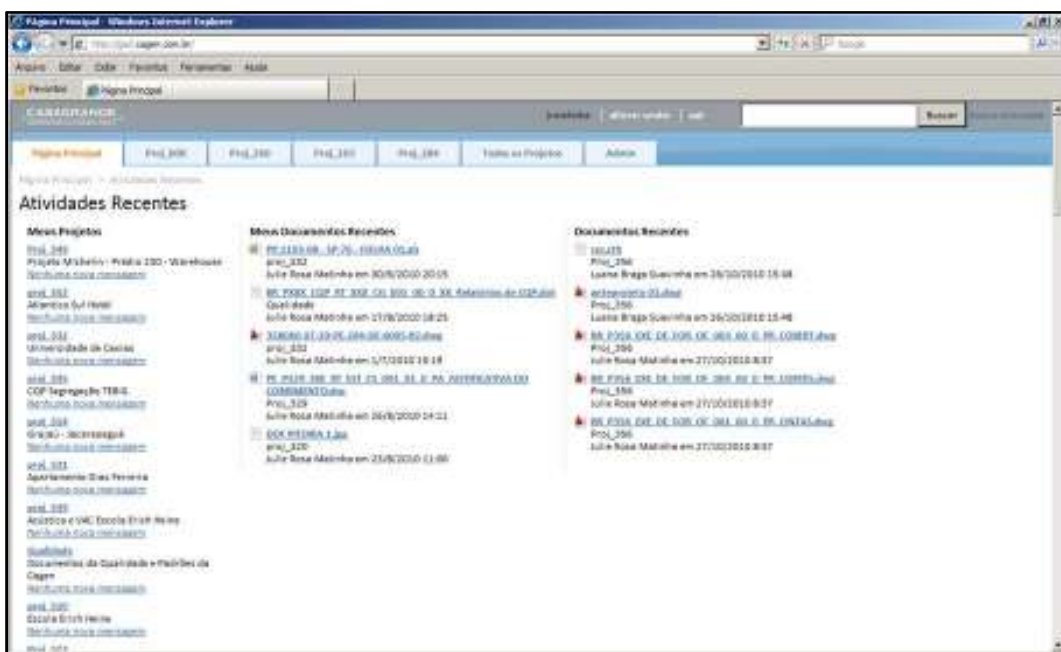


Fig35. Página inicial do sistema

Características do envio e armazenamento de documentos:

- Envio de múltiplos arquivos simultaneamente;
- O padrão de numeração dos arquivos será definido pelo administrador. Várias nomenclaturas poderão ser cadastradas;
- Não é possível carregar arquivos com o mesmo nome, a não ser que o campo da revisão seja diferente;

- Podem ser criadas subpastas dentro da pasta de projeto. Apenas o administrador e o coordenador podem criá-las;
- O sistema pode gerar uma lista para o Excel com todas os documentos carregados em determinada pasta;
- Apenas coordenadores e o administrador têm acesso a revisões antigas dos documentos, para evitar o uso de documentos obsoletos;
- Busca de documentos.



Fig36. Envio e armazenamento de documentos

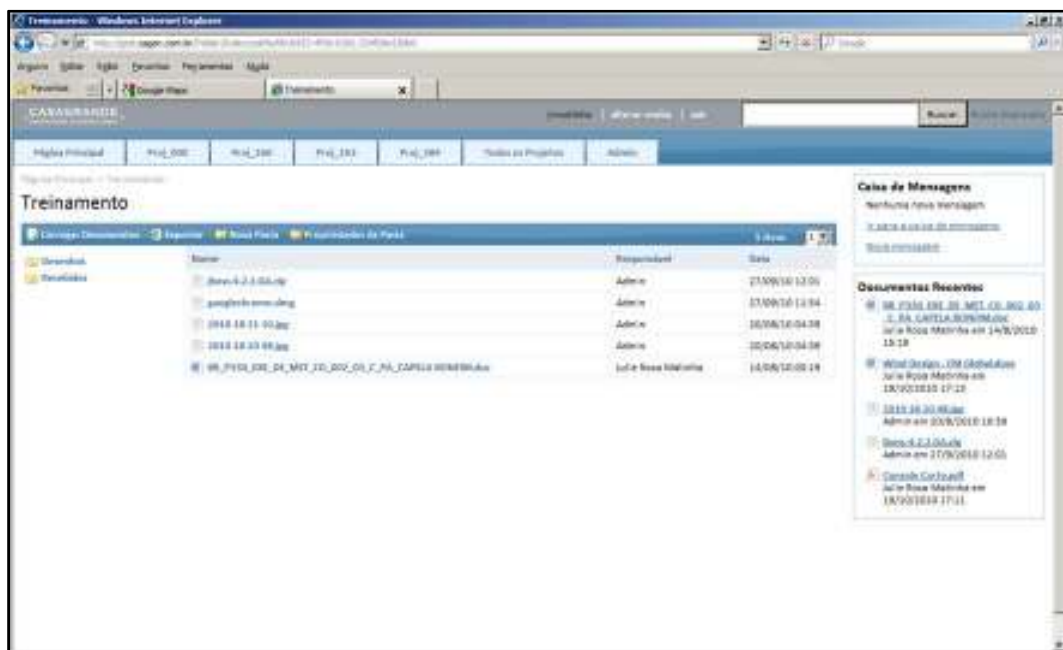


Fig37. Envio e armazenamento de documentos

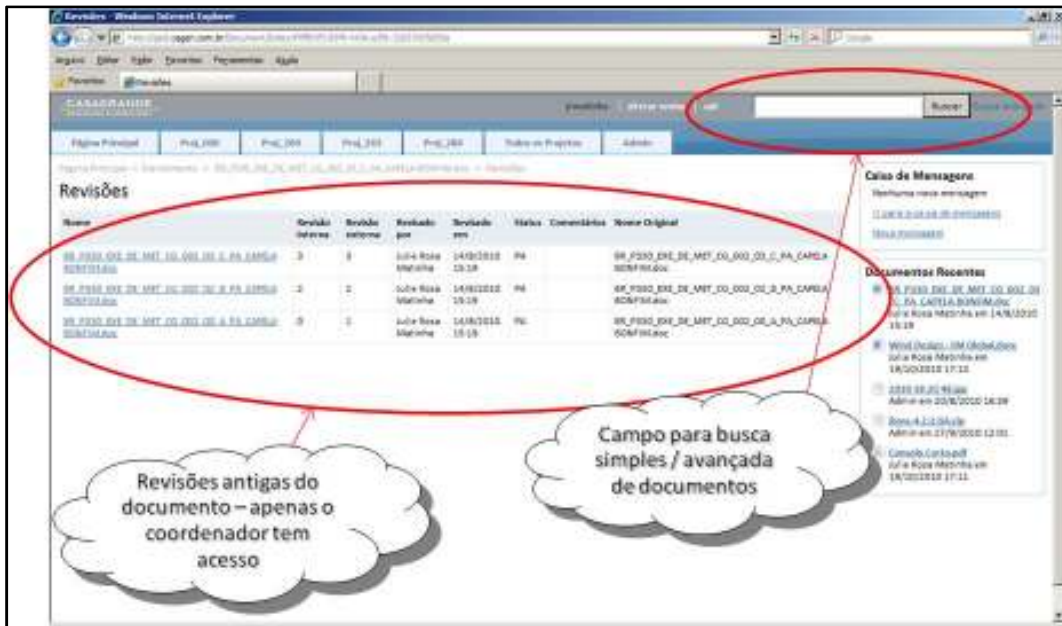


Fig38. Envio e armazenamento de documentos

Envio de Mensagens:

- Cada projeto terá a sua caixa de mensagens;
- Documentos poderão ser anexados às mensagens. Os anexos seguirão como links, portanto não há problema com o tamanho da mensagem;
- Há funcionalidade de busca de mensagens;
- Mensagens recebidas antigas podem ser arquivadas.



Fig39. Envio de mensagens

CAPÍTULO IV - ESTUDO DE CASO

IV.1 - PARTICULARIDADES DE CONSTRUÇÕES EM MEIO URBANO

Uma obra está sujeita a uma série de riscos e estes devem ser analisados ao se realizar o Planejamento Estratégico de Contrato. Existe o risco técnico já citado anteriormente relacionado a problemas gerais com projetos, risco contratual, risco político, risco operacional, risco ambiental e risco financeiro institucional. Nem todas as obras possuem todos os riscos, porém, todos devem ser lembrados e analisados de modo a prevenir e evitar futuros problemas.

Para a construção de um viaduto em meio urbano, uma série de fatores devem ser analisados e viabilizados. Além dos fatores já citados tais como: estudo do local, sondagens, tamanho do vão principal, finalidade da obra, altura de escoramento, entre outros, quando se trata de meio urbano a análise vai mais além. Dependendo do local onde será implantado o viaduto devem ser feitas prospecções para verificar se existem redes de energia, água, gás, esgoto, telefonia, entre outras, para providenciar os remanejamentos.

Os remanejamentos são geralmente um grande problema para o engenheiro e conseqüentemente para a construtora. A primeira dificuldade é realizar o contato com as empresas que irão realizar o serviço tais como CEG, LIGHT, OI, EMBRATEL, CEDAE, entre outras. A próxima dificuldade é conseguir disponibilidade por parte dos funcionários destas empresas para solucionar seu problema e fornecer os cadastros das redes. É muito importante nestas horas o bom relacionamento com os responsáveis por estes remanejamentos já que futuramente irá precisar contar novamente com a disponibilidade e boa vontade dos mesmos.

Em muitos casos somente as prospecções não são suficientes. É comum durante a execução da obra, uma rede de fibra ótica ser rompida durante uma escavação, tubulações de drenagem ou esgoto atingidas durante a execução de uma estaca, por exemplo, o que gera problemas maiores ainda e que devem ser solucionados naquele momento trazendo ao engenheiro uma imensa responsabilidade.

O remanejamento é uma atividade de constante impacto em atraso no cronograma físico da obra. É muito importante definir inicialmente no contrato o responsável por esta atividade: se é a construtora ou o cliente. Caso seja a construtora, deve-se levar em consideração este serviço no orçamento inicial da obra já que é necessário utilizar mão-de-obra, equipamentos, ferramentas, materiais, horas

de engenheiro, que no final geram um alto custo que se não for previsto pode gerar prejuízo para a obra. Caso seja de responsabilidade do cliente (concessionária), este passa a ser um **risco contratual** já que depende-se da disponibilidade do cliente para que o serviço seja executado, podendo impactar no cronograma da obra.

Além dos remanejamentos, existe um problema que é tão preocupante quanto que são as desapropriações, muito comuns quando se trata de construção em meio urbano, que envolvem um poder cujo acesso é mais complicado que é o governo ou a prefeitura. Isto é chamado de **risco político**.

O andamento ou início da obra depende muitas vezes de decisões políticas. Por isto, obras públicas são mais complicadas de se executar, já que estão envolvidas diretamente com o interesse político. Portanto, se alguma outra obra que não a de responsabilidade da construtora em questão gera um status ou uma repercussão maior para o presente governo, a desapropriação que impede o início da obra em questão deixa de ser prioridade. Isto gera além de atrasos no cronograma físico, diminuição no faturamento nos meses que se seguem em atraso e consequente aumento de custos, resultando, em alguns casos, em prejuízo para a obra, dependendo da gravidade da situação. Além disto, ainda existe o risco do impacto e insatisfação dos proprietários dos imóveis a serem desapropriados.

Um outro problema bastante comum que se presencia na construção de viadutos em meio urbano é a interrupção total ou parcial de vias para a execução de determinadas etapas do viaduto. Caso a via possua uma concessão, deve-se pedir permissão antecipada para interrupção da via à empresa concessionária, sendo que na maioria das vezes estes serviços devem ser executados no período noturno ou finais de semana para evitar maiores congestionamentos, gerando custos de hora extra com mão-de-obra e equipamento.

A interrupção de vias é uma operação bastante complexa e que deve contar com a atenção de todos os funcionários envolvidos. A obra deve estar muito sinalizada para evitar qualquer tipo de acidente. É muito importante a presença de técnicos, auxiliares ou até mesmo engenheiros de segurança para que a operação ocorra da maneira mais segura possível. A presença do engenheiro da obra é também indispensável para tentar evitar que ocorram acidentes e caso venha a ocorrer deve se responsabilizar pelo fato. A presença de ambulância no canteiro central ou avançado da obra é muito importante para que em caso de acidentes menores o técnico de enfermagem possa resolver o problema. Em casos de acidentes mais graves ou acidentes em período de trabalho noturno é recomendado chamar a ambulância de

hospitais próximos ao local para que o acidentado seja atendido da melhor forma possível.

Não são somente os funcionários da obra que correm risco de sofrer acidentes. A população que circula constantemente na área da obra, tanto pedestres quanto motoristas, também está sujeita a se acidentar. Por isto, é imprescindível que a obra esteja bem sinalizada e que serviços de algumas etapas de viadutos que estão sendo construídos sobre vias movimentadas tais como, concretagem, desforma, lançamentos de vigas, escarificação, entre outros, devem ser executados com bastante cuidado e com proteção na área de serviço para que não caia nenhuma partícula na via, rua ou calçada que possa atingir pedestres ou veículos e gerar acidentes.

Um outro problema que está presente é a localização das obras no entorno de áreas urbanas violentas, expondo as frentes de serviço a abordagens agressivas além dos furtos de materiais e equipamentos. Este risco é mais expressivo para as obras que operam no turno noturno. Este fato é considerado um **risco operacional** para a obra assim como a execução de serviços em zonas de tráfego intenso sem interrupção total da via.

Além destes riscos, existe o **risco ambiental** que está diretamente relacionado com a obtenção de licenças obrigatórias para a execução da obra, tais como:

- Licença do empreendimento;
- Licença de operação das Concreteiras que prestarem serviços na obra;
- Licença de operação das empresas que fornecem produtos de origem natural para a obra;
- Licença para supressão das árvores;
- Licença de operação dos aterros sanitários para despejo dos diferentes resíduos gerados pela obra, tais como: resíduos orgânicos, entulhos e sucata.

Para finalizar, o **risco financeiro institucional** que todas as obras estão sujeitas e que está relacionado aos seguintes fatos:

- Descolamento dos preços de mercado face ao aquecimento x Reajuste Contratual;
- Possibilidade de redução do valor contratual da obra em função de indefinição de escopo;
- Ocorrência de sinistros não cobertos ou com valores acima das quantias asseguradas, entre outros.

IV.2 - CONSTRUÇÃO DO VIADUTO DA ABOLIÇÃO

IV.2.1 - OBJETIVO DA OBRA

A obra consiste na construção de 02 (dois) viadutos transpondo a Linha Amarela, interligando os 2 trechos da Rua da Abolição entre os bairros de Engenho de Dentro e Abolição, e interligando a Rua da Abolição à Linha Amarela sentido Barra da Tijuca, além da adequação do sistema viário urbano no entorno do viaduto.

O objetivo é religar os dois lados da Rua Abolição, separados pela Linha Amarela, oferecendo mais um acesso à via para quem sai do Estádio Olímpico João Havelange – Engenhão em direção à Barra da Tijuca. Os viadutos facilitarão a circulação dos torcedores, já com foco nas Olimpíadas 2016.

Devido ao intenso fluxo de veículos no local, as intervenções estão previstas, além do normal horário diurno de trabalho, para parcialmente no horário noturno, a ser definido.

O prazo e os custos para a execução dos serviços são de 12 meses a partir da liberação das áreas com interferências com a obra (redes de concessionárias, desapropriações e outras interferências).

IV.2.2 - LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA



Fig41. Localização geográfica da obra
Fonte: Adaptado Google Maps



Fig42. Localização geográfica da obra com sobreposição do projeto
Fonte: Adaptado Google Maps

IV.2.3 - DADOS E CARACTERÍSTICAS DA OBRA

Obra: Viaduto da Abolição

Tipo de Obra: Obra de Arte Especial

Local da Obra: Bairro Abolição, Rio de Janeiro, Brasil

Duração Prevista: 01/05/2011 a 01/05/2012

Tecnologia e Método de Engenharia e Construção predominante: Fundação em estaca escavada, vigas e lajes executadas trechos em Balanço Sucessivo moldado no local e trechos em escoramento, execução de terra armada.

Principais Clientes: Linha Amarela S/A – LAMSA, Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro – PCRJ, Noronha Engenharia (Gerenciadora)

IV.2.4 - ETAPAS EXECUTIVAS DA OBRA

- Demolição de pavimento existente;
- Demolição de guias, meio-fios, sarjetas e calçada;

- Fundação do viaduto composta de estaca escavada e blocos de fundação de concreto armado;
- Execução de pilares em concreto armado;
- Execução e protensão de vigas em concreto armado;
- Execução das transversinas em concreto armado;
- Execução de lajes inferiores e superiores em concreto armado;
- Escoramento de vigas, transversinas e lajes com torres de escoramento e uso do sistema de balanço sucessivo em alguns trechos;
- Execução de placas de transição entre os aterros dos encontros e a estrutura do viaduto;
- Construção de barreira New Jersey em ambos os lados e no centro do viaduto onde a via será de mão-dupla;
- Contenção dos aterros dos encontros por terra armada;
- Pavimentação sobre base de brita corrida e sub-base de pó-de-pedra com duas camadas de CBUQ;
- Pavimentação no trecho de terra armada e sobre laje do viaduto com duas camadas de CBUQ;
- Execução de calçada, meio-fio e sarjeta em concreto simples;
- Sinalização horizontal;
- Execução de drenos com tubos de queda para drenagem do viaduto e ligação com a drenagem existente;
- Execução de rede de drenagem nas vias com intervenções;
- Construção de linhas de iluminação pública para os viadutos e vias no entorno com intervenções.

IV.2.5 - DESCRIÇÃO E ANÁLISES EXECUTIVAS DA OBRA

A fundação da obra ainda não foi iniciada, contando somente os serviços de prospecção para localização das interferências e a execução do canteiro avançado (Fig.43) com salas para engenheiro, fiscais, mestre, vestiário e refeitório para os trabalhadores e um almoxarifado, já que o canteiro central localizado na Av. Brasil, está um pouco distante da obra, dificultando a circulação dos trabalhadores. Os projetos executivos de fundação começaram a chegar na primeira semana de Maio, porém, estão sob análise do consultor de projetos, contratado pela construtora oas.



Fig43. Foto aérea ilustrando as prospecções e canteiro avançado, no local onde será executado o Viaduto da Abolição
Fonte: Adaptação de foto tirada pelo fotógrafo contratado da obra Sérgio Huoliver

O Viaduto da Abolição conta com 9 blocos de fundação e 4 estacas escavadas de diâmetro de 1,20 e 1,50 metros por bloco (Fig.44), 10 pilares trapezoidais (Fig.44), 3 Estruturas em Terra Armada (Fig.48), 220,00 metros de estrutura em viga caixão com escoramento (Fig.49), 1 vão de 45,00 metros em viga caixão executado em balanços sucessivos moldado no local (trecho reto – Fig.50) e 1 vão de 60,00 metros curvo, em viga caixão, executado em balanços sucessivos moldado no local (trecho curvo – Fig.50). Dos 9 blocos, 2 possuem dimensão de 13 x 6 m² (Blocos 1 e 2) e os demais 6,5 x 6,5 m².

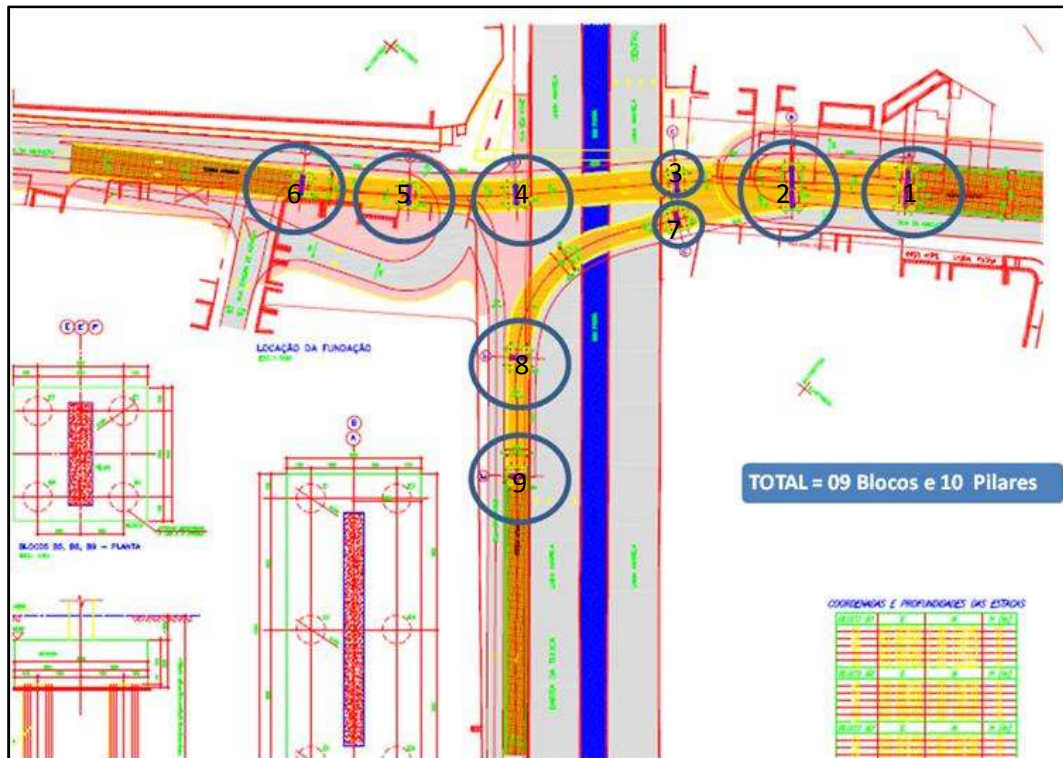


Fig44. Localização dos blocos e estacas de fundação

Fonte: Adaptação de apresentação cedida pelo engenheiro civil Rafael Proença, responsável pela obra do viaduto da Abolição

De acordo com o projeto, está prevista a execução de estaca escavada no trecho em solo e quando se atingir o trecho em rocha será feito com perfuradora *Wirth* ou similar para confecção do pino no interior da rocha.

A perfuração *Wirth* é um sistema de escavação com perfuração reversa que possibilita a perfuração em solos resistentes ou rochas, em que o material escavado retorna no interior da haste de perfuração. O material é praticamente todo retirado e o restante, depositado no fundo da perfuração, é retirado pelo sistema de *air lift*. Este processo elimina todos os resíduos do fundo da perfuração, permitindo um melhor contato entre o concreto e a rocha (Fig.45).

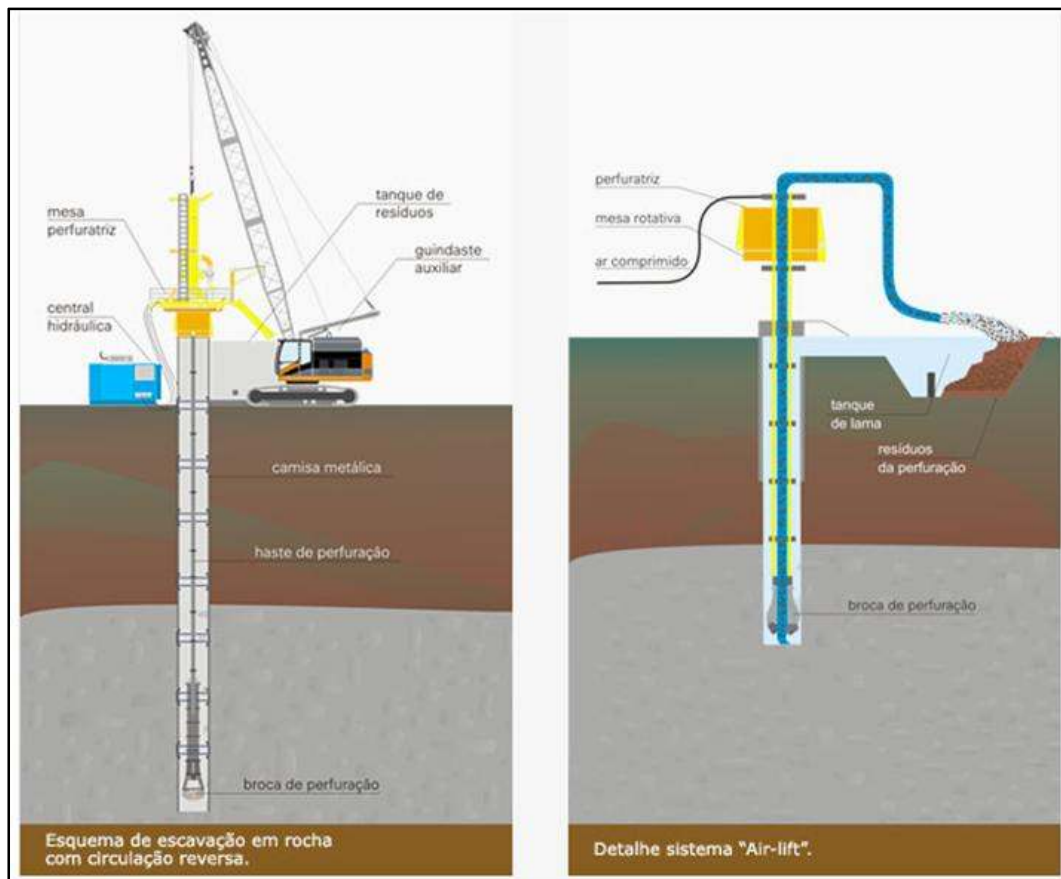


Fig45. Esquema da perfuração Wirth
 Fonte: LAN Consultoria em Fundações Pesadas e Geotecnia

Está sendo estudada a possibilidade de execução do trecho em rocha em estaca raiz a fim de reduzir o custo, já que pelo projeto, o trecho em rocha é de aproximadamente 9 metros, sendo a rocha sã. A execução de estaca com perfuradora *Wirth* tem um alto custo e este aumenta mais ainda com esta profundidade. Está sendo feita uma análise se é realmente necessário a estaca perfurar uma profundidade tão grande quanto a indicada no projeto.

Para a execução da obra, serão necessárias diversas desapropriações de imóveis residenciais e comerciais (Fig.46), sendo algumas destas prioritárias (Fig.47) para a execução dos vãos sobre a Linha Amarela, em balanços sucessivos. Este é um dos maiores problemas desta obra, já que depende-se da prefeitura para que isto seja realizado. E esta desapropriação, a princípio, não era prioridade para a Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, portanto, para criar uma pressão, todos os serviços que podem ser iniciados sem as desapropriações serão executados o quanto antes. É mais fácil conseguir movimentação por parte da Prefeitura com as desapropriações com a obra já em andamento do que em um local em que não se deu início as obras.

Corre-se um grande o risco desta obra ficar parada caso a Prefeitura não priorize estas desapropriações.

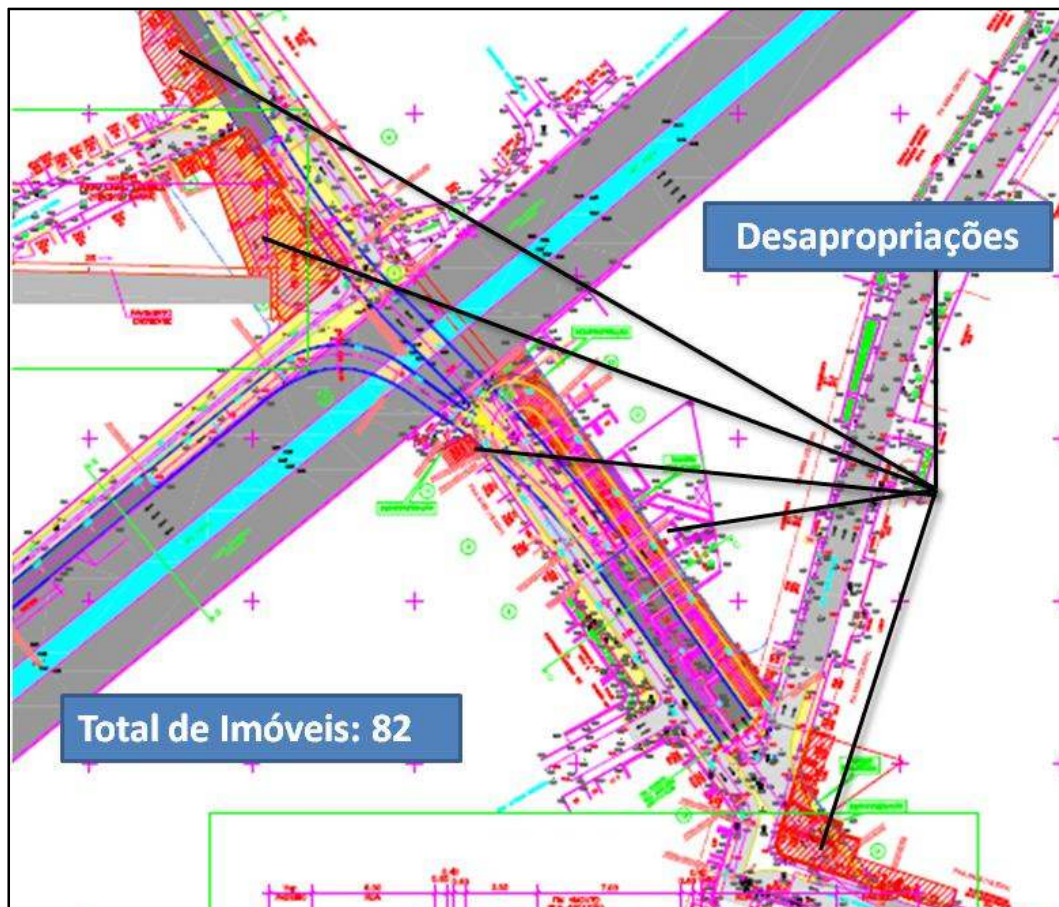


Fig46. Localização das desapropriações. Os trechos com hachuras são os necessários para realizar as desapropriações
Fonte: Adaptação de apresentação cedida pelo engenheiro civil Rafael Proença, responsável pela obra do viaduto da Abolição

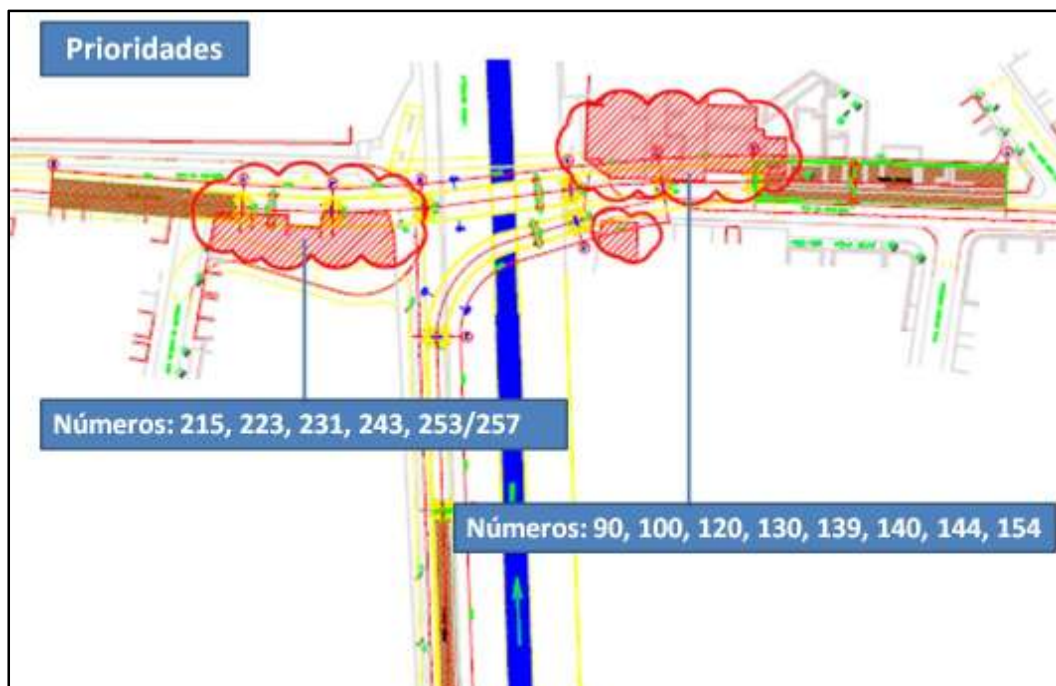


Fig47. Desapropriações prioritárias para a execução da obra
 Fonte: Adaptação de apresentação cedida pelo engenheiro civil Rafael Proença, responsável pela obra do viaduto da Abolição

Inicialmente serão executados ao mesmo tempo os blocos 8 e 9 pois são os blocos livres de interferências e desapropriações, e, na sequência, os pilares 8 e 9. Após a conclusão do bloco 9 será iniciada a terra armada 1 e o pilar 9. Posteriormente será feito o primeiro trecho de viga caixão escorado (trecho 1 - Fig.49). Neste meio tempo estarão sendo providenciados os remanejamentos dos blocos 4 e 7 (Fig.53), e estes serão os próximos blocos e pilares a serem executados. Os blocos 1, 2, 3, 5 e 6 contam com desapropriações assim como as terra armadas 2 e 3. O balanço sucessivo será executado entre os blocos 7 e 8 e 3 e 4, simultaneamente (Trechos 1 e 2 - Fig.50), totalizando 8 treliças, 2 para cada avanço (Fig.58).

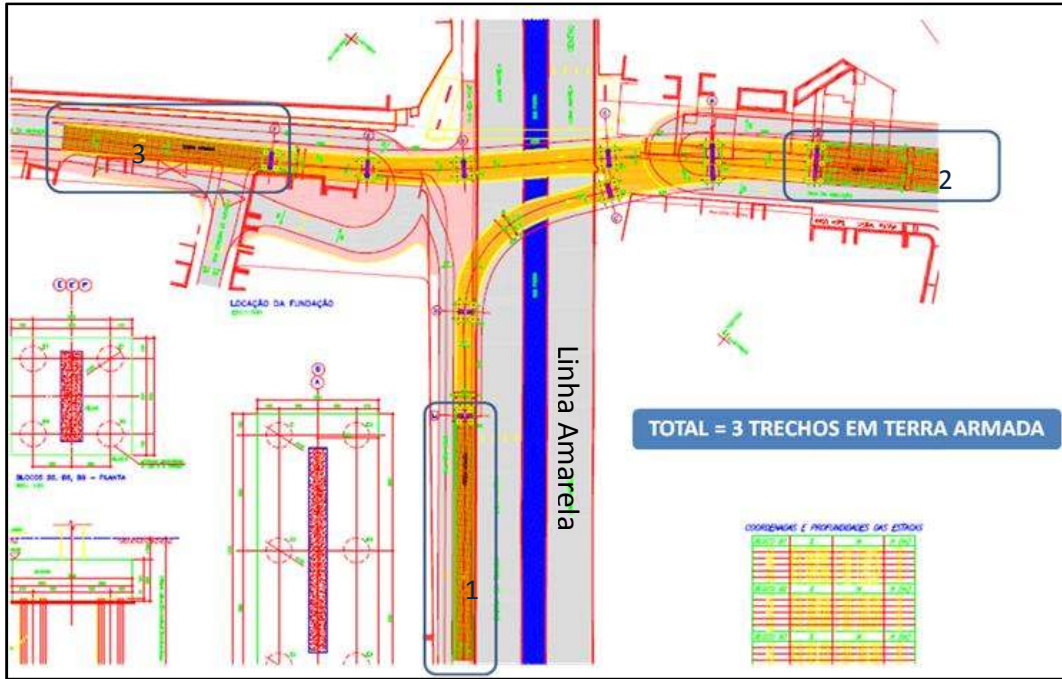


Fig48. Localização dos trechos que serão executados em terra armada

Fonte: Adaptação de apresentação cedida pelo engenheiro civil Rafael Proença, responsável pela obra do viaduto da Abolição

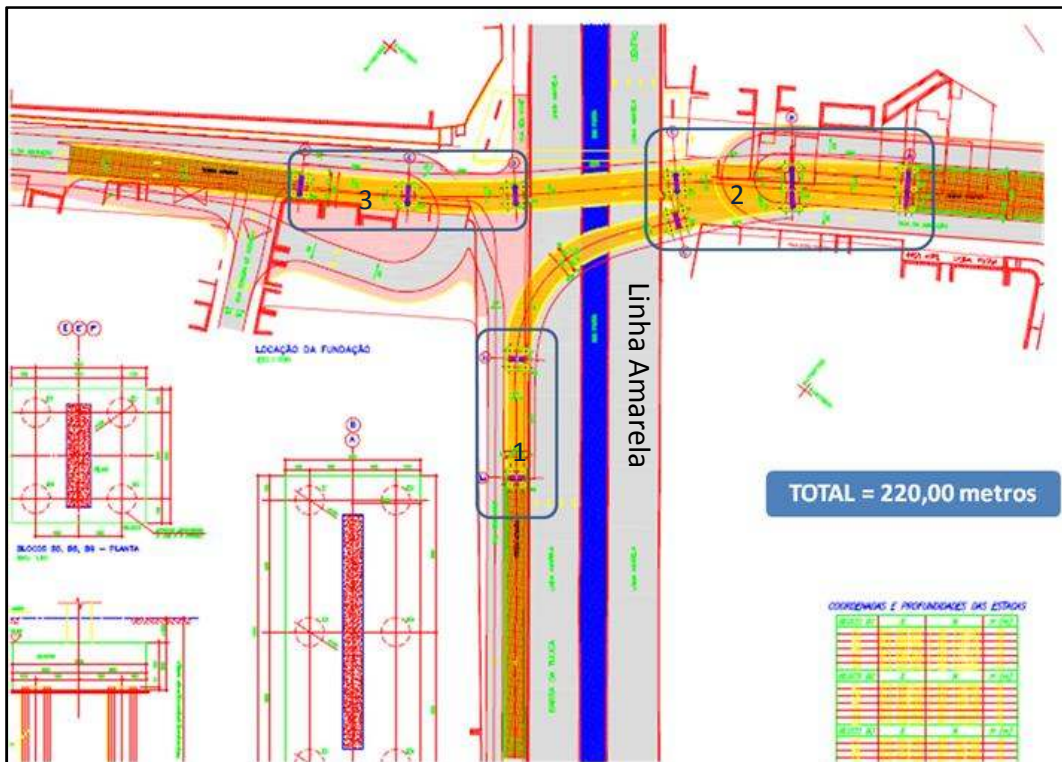


Fig49. Trechos onde serão executadas vigas caixão com escoramento

Fonte: Adaptação de apresentação cedida pelo engenheiro civil Rafael Proença, responsável pela obra do viaduto da Abolição

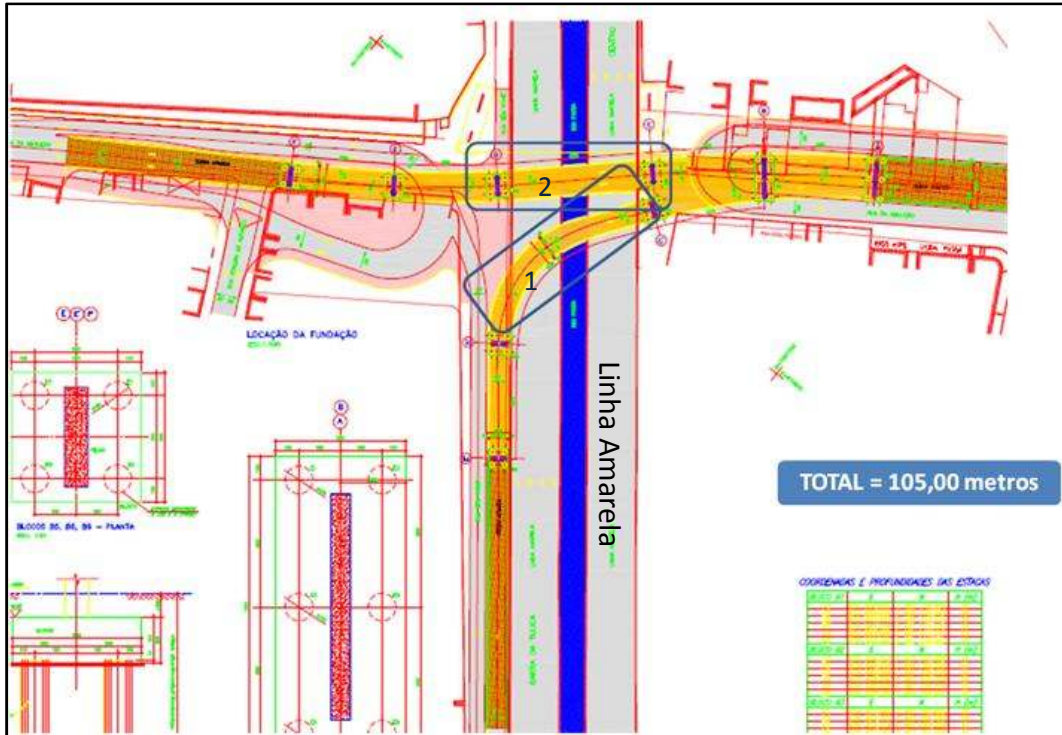


Fig50. Trechos onde serão executadas vigas caixão em balanço sucessivo com aduelas moldadas no local

Fonte: Adaptação de apresentação cedida pelo engenheiro civil Rafael Proença, responsável pela obra do viaduto da Abolição

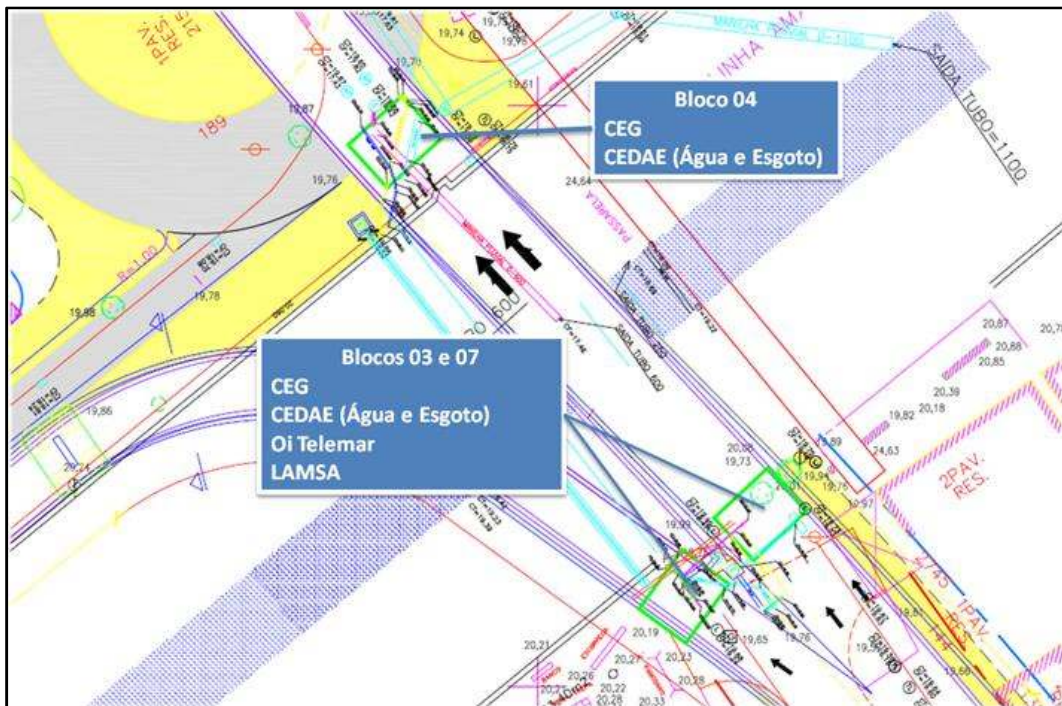


Fig51. Blocos onde serão necessários alguns dos remanejamentos

Fonte: Adaptação de apresentação cedida pelo engenheiro civil Rafael Proença, responsável pela obra do viaduto da Abolição

A obra do Viaduto da Abolição, conforme já foi dito, será executada em meio urbano, em uma região de tráfego de veículos muito intenso, sendo impossível a interrupção do fluxo de veículos da Linha Amarela para a execução do viaduto. Portanto, a solução escolhida para executar os vãos que cruzam a Linha Amarela foi o sistema de balanços sucessivos (Fig.50), para evitar maiores transtornos para os usuários da via expressa. Porém, nos trechos onde havia a possibilidade de se executar o escoramento (Fig.49) este foi escolhido para não fazer o balanço sucessivo já que este requer cuidados especiais. Sua execução é mais complexa pois o encaixe final tem que ser perfeito e para isto dar certo, conta-se muito com o levantamento topográfico que deve ser extremamente bem executado.

Nos trechos onde é possível fazer o escoramento, a concretagem das vigas caixão será feita no local, com escoramento fixo, em que todo o vão será concretado de uma só vez (aproximadamente 30 metros de vão). A viga não será caixão perdido, ou seja, a fôrma de dentro será retirada. Isto é bom pois normalmente quando a fôrma fica perdida é comum o início de problemas futuros de apodrecimento da madeira ou cupins que podem danificar a estrutura.

Os trechos em balanço sucessivo, neste caso, serão com aduelas moldadas no local pois, não existe espaço suficiente para execução de canteiro de pré-moldados próximo da obra, além do fato de não ter espaço suficiente para posicionamento de uma treliça lançadeira ou guindaste para realizar o lançamento das peças pré-moldadas. A concretagem das aduelas será de 3,5 a 3,5 metros. Além disto, a opção pelo balanço sucessivo era a solução com menor custo. Foi proposta uma outra opção com caixão metálico, porém o custo era muito elevado.

Conforme já foi dito, serão executadas 3 trechos em terra armada. As escamas da terra armada serão pré-moldadas na obra com fôrmas metálicas alugadas por uma subempreiteira contratada. No total serão necessárias 12 fôrmas metálicas para executar os 3 trechos. Os detalhes de execução da terra armada estão ilustrado nas figuras 52, 53, 54, 55 e 56.

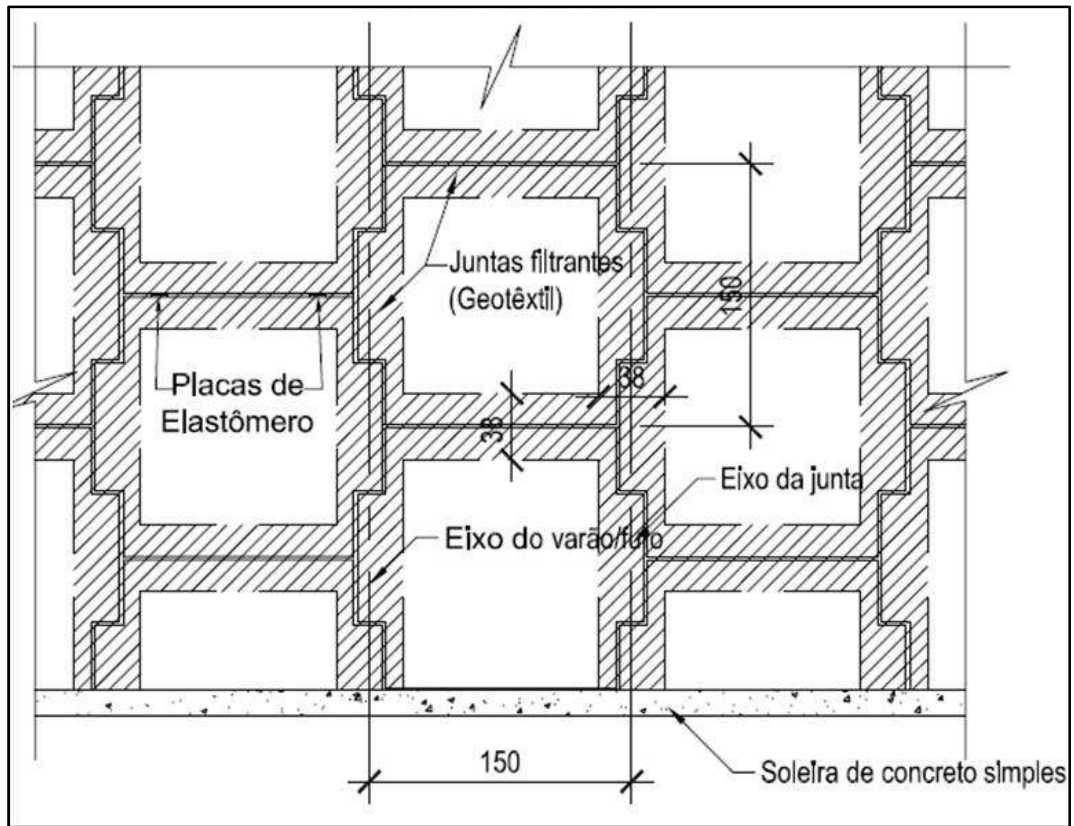


Fig52. Detalhe do posicionamento das escamas da Terra Armada, vista externa
 Fonte: Trecho do Projeto Executivo Viaduto da Abolição – Muros em Terra Armada – Locação. Noronha Engenharia S.A.

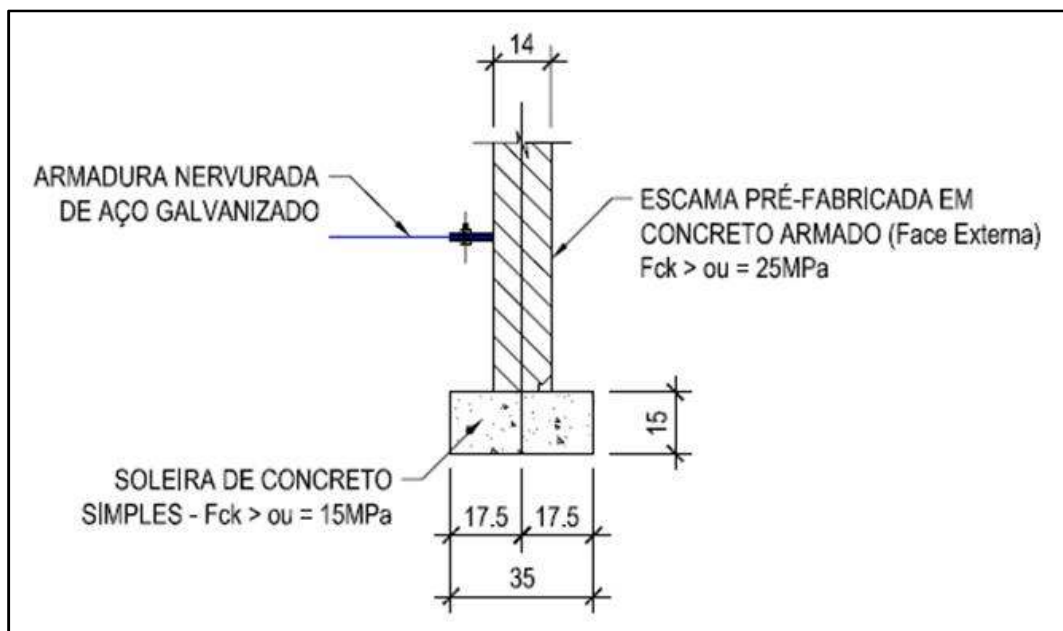


Fig53. Detalhe da Soleira
 Fonte: Trecho do Projeto Executivo Viaduto da Abolição – Muros em Terra Armada - Locação. Noronha Engenharia S.A.

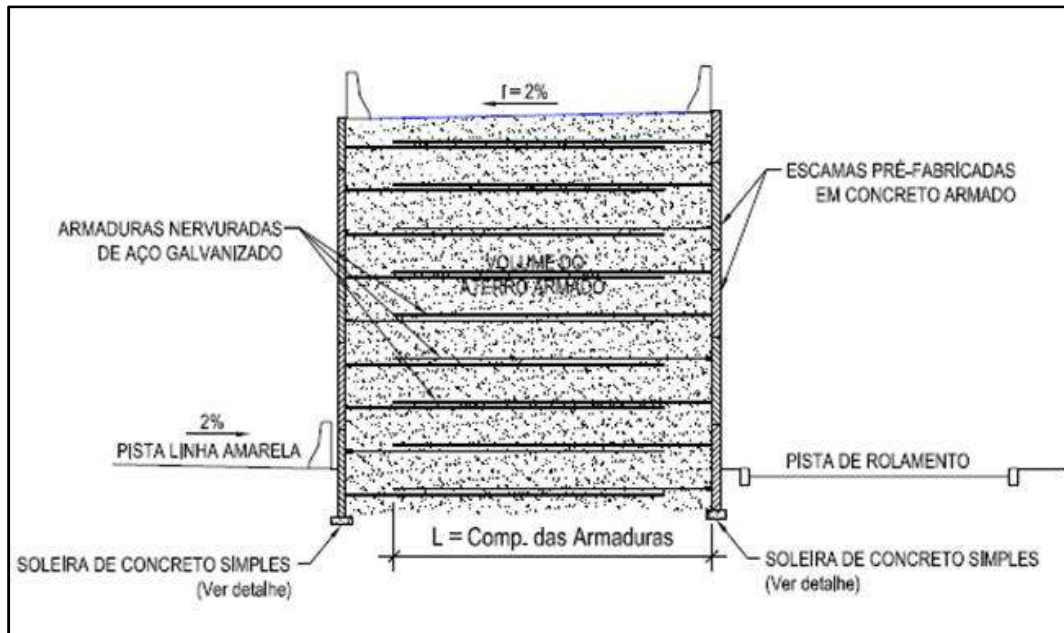


Fig54. Seção tipo ilustrando as camadas de aterro divididas com armaduras nervuradas de aço galvanizado
 Fonte: Trecho do Projeto Executivo Viaduto da Abolição – Muros em Terra Armada – Locação. Noronha Engenharia S.A.

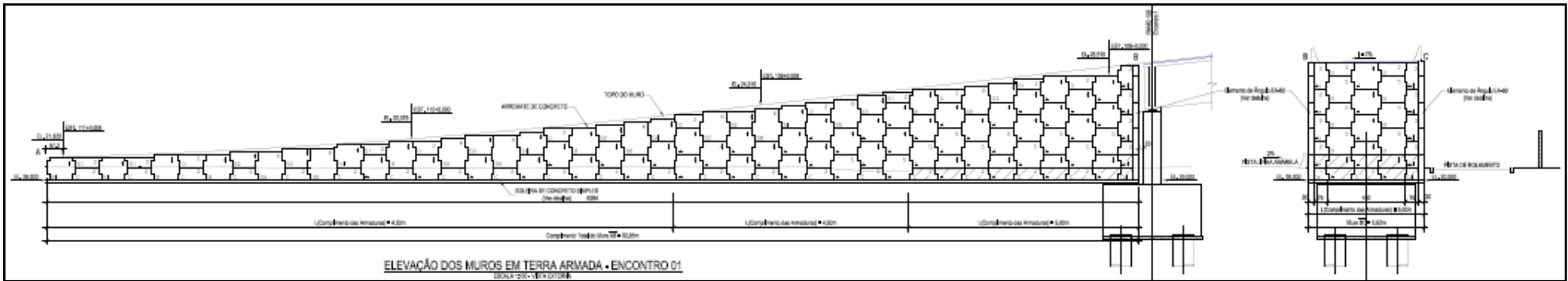


Fig55. Elevação dos muros em terra armada. Vista externa
 Fonte: Trecho do Projeto Executivo Viaduto da Abolição – Muros em Terra Armada – Elevação, Seção Tipo e Detalhes. Noronha Engenharia S.A.

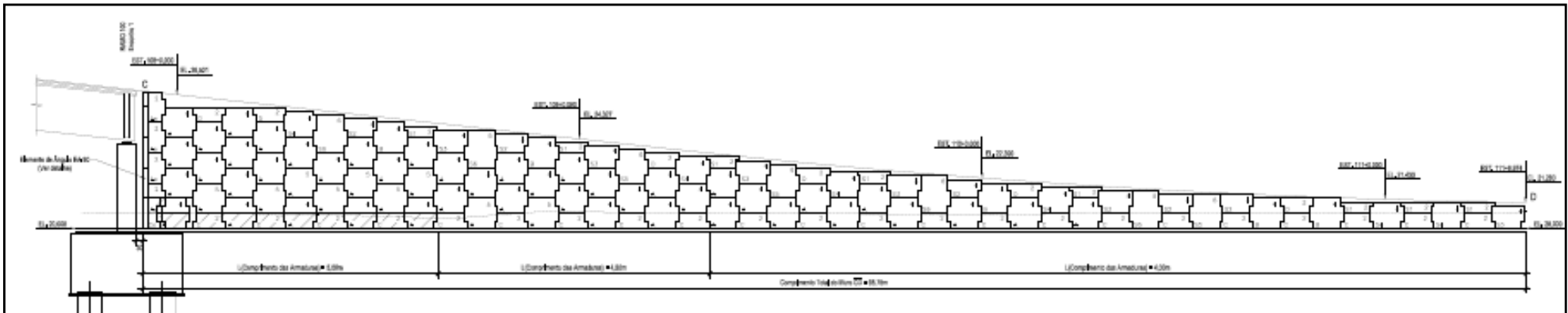


Fig56. Elevação dos muros em terra armada. Vista externa
 Fonte: Trecho do Projeto Executivo Viaduto da Abolição – Muros em Terra Armada – Elevação, Seção Tipo e Detalhes. Noronha Engenharia S.A.

Etapas executivas do trecho em balanço sucessivo com aduela moldada no local:

- Inicialmente é feito o arranque para servir de base para o posicionamento da treliça para execução da primeira aduela (Fig.57). Serão necessárias duas treliças (Fig.58 e Fig.59) para a execução de um lado do balanço sucessivo;

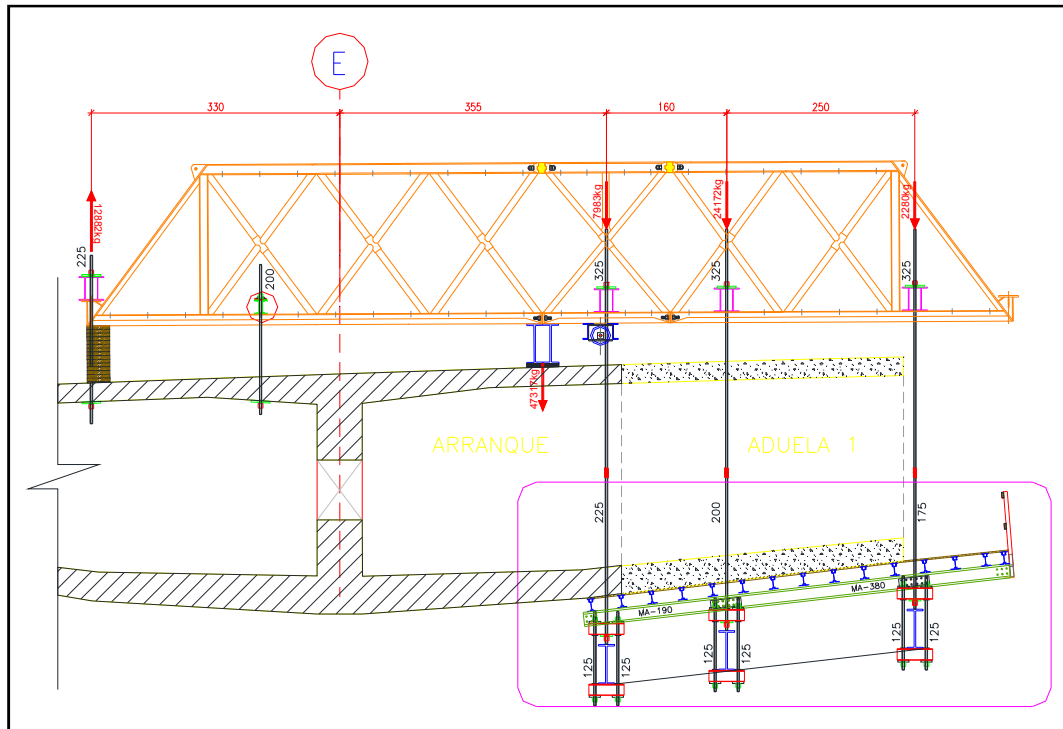


Fig57. Vista lateral dos tabuleiros superior e inferior, mostrando o posicionamento da treliça sobre o arranque para execução da fôrma da laje inferior da primeira aduela.

Fonte: Trecho do Ante-Projeto de Locação das Treliças e Perfis Superiores, Plantas e Cortes. Mills – Andaimos, Escoramentos e Fôrmas.

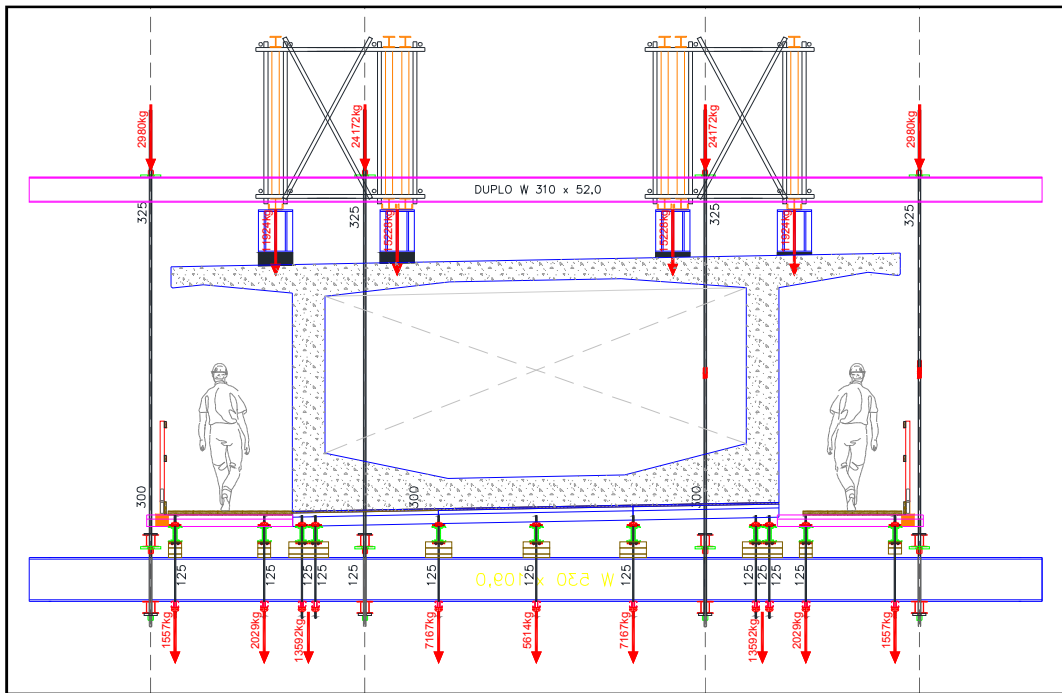


Fig.58. Corte da seção da aduela moldada no local ilustrando o posicionamento da treliça.

Fonte: Trecho do Ante-Projeto de Locação das Treliças e Perfis Superiores, Plantas e Cortes. Mills – Andimes, Escoramentos e Fôrmas.

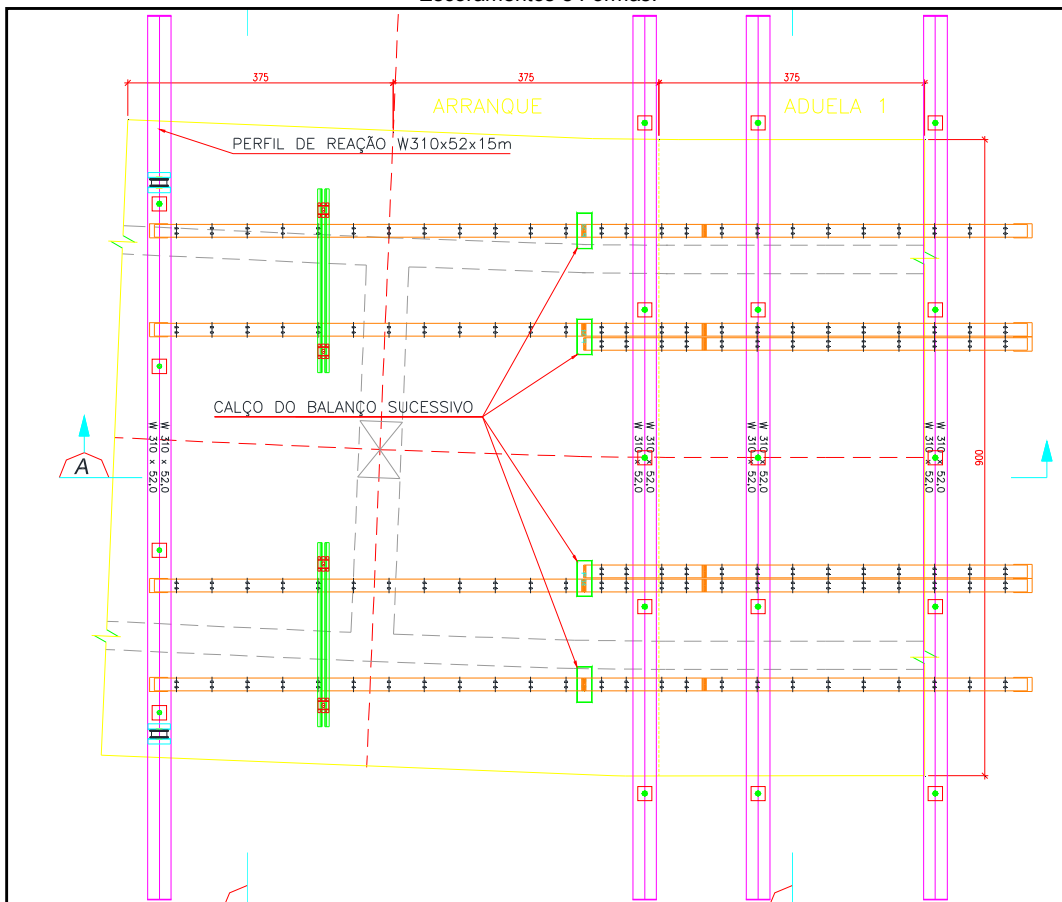


Fig.59. Planta de locação das treliças e perfis superiores

Fonte: Trecho do Ante-Projeto de Locação das Treliças e Perfis Superiores, Plantas e Cortes. Mills – Andimes, Escoramentos e Fôrmas.

- Em seguida, é feita a fôrma, armação e concretagem do tabuleiro inferior da primeira aduela, deixando a espera da armadura das vigas e a espera para a laje inferior da aduela seguinte (Fig.58);
- Montagem da armadura e da fôrma das vigas, deixando espera para a laje superior e para as vigas da aduela seguinte. Após a montagem da armadura, deve-se posicionar as bainhas de acordo com o projeto, que é por onde irão passar posteriormente os cabos de protensão. Concretam-se as vigas laterais;
- Montagem da fôrma da laje superior apoiada sobre as vigas. Montagem da armadura, deixando espera para a laje superior da aduela seguinte. Posicionar as bainhas de protensão e concretar a laje superior;
- Após a concretagem da laje superior, as formas são retiradas por dentro da viga caixão por um trabalhador;
- Passa-se os cabos por dentro das bainhas de protensão e faz-se a protensão. No Anexo I consta um procedimento de *Injeção e Protensão de Cabos e Tirantes* que explica como deve ser executado este serviço;
- A seguir, após 3 dias da aduela concretada, a treliça se move apoiando-se na aduela concretada para dar início a aduela seguinte. Para isto, o concreto da aduela deve atingir uma resistência mínima para sustentar a treliça que irá ficar apoiada sobre esta aduela. Portanto, será utilizado um concreto de alta resistência (40MPa) para atingir a resistência suficiente mais rápido com cimento de alta resistência inicial (CP-V ARI). Cada aduela terá 3,5 metros de comprimento;
- Por fim, é executado a barreira *New Jersey* de concreto armado para fornecer maior segurança aos motoristas já que possui uma elevada resistência ao choque, e aplicação da massa asfáltica CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado a Quente).

Os elevados esforços de tração na laje superior geram um esforço de arranque nos pilares, e por isso, a fundação deve ser muito “pesada”, com inércia bastante elevada, para resistir aos esforços de arranque e aos de torção gerados pelo trecho curvilíneo e de cortante no “pé” do pilar. Isto explica a elevada dimensão dos blocos de fundação descritos anteriormente e elevado diâmetro das estacas escavadas.

No caso dos trechos que serão executados com escoramento, a montagem da fôrma será de pilar a pilar e a toda a laje do tabuleiro inferior concretada de uma só vez. Diferentemente do trecho em balanço sucessivo, será necessária a protensão no tabuleiro inferior já que o escoramento gera esforços de tração no mesmo.

IV.3 - ALARGAMENTO DO VIADUTO DE MANGUINHOS

IV.3.1 - OBJETIVO DA OBRA

A obra consiste no Alargamento do Viaduto de Manguinhos através da execução de 1 (uma) nova faixa de rolamento de 3,50 metros de largura em ambos os sentidos e ampliação/adequação das alças de acesso ao viaduto.

Os motoristas passarão a contar com quatro faixas de tráfego, desafogando os acessos da Avenida Brasil e Linha Vermelha. Atualmente, são três faixas – o que causa retenções que chegam até a Ilha do Governador. A capacidade viária do viaduto aumentará em 33%.

Devido ao intenso fluxo de veículos no local, as intervenções estão previstas, além do normal horário diurno de trabalho, para parcialmente no horário noturno.

IV.3.2 - LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA



Fig60. Localização geográfica do viaduto de Manguinhos localizado na Linha Amarela, sobre a Avenida Brasil
Fonte: Empresa Angular, contratada para tirar as fotografias aéreas das obras

IV.3.3 - DADOS E CARACTERÍSTICAS DA OBRA

Obra: Alargamento do Viaduto de Manguinhos

Tipo de Obra: Obra de Arte Especial

Local da Obra: Bairro Manguinhos, Rio de Janeiro, Brasil

Duração Prevista: 01/07/2010 a 01/08/2011

Tecnologia e Método de Engenharia e Construção predominante: Fundação em estaca raiz, vigas pré-moldadas e protendidas, lajes e transversinas moldadas no local.

Principais Clientes: Linha Amarela S/A – LAMSA, Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro – PCRJ, Noronha Engenharia (Gerenciadora)

IV.3.4 - ETAPAS EXECUTIVAS DA OBRA

- Demolição de pavimento e laje existentes;
- Demolição de guias, meio-fios, calçadas, canaletas;
- Fundação com estacas de concreto tipo raiz e blocos de fundação em concreto armado;
- Execução de pilares e capitéis em concreto armado;
- Execução de vigas pré-moldadas de concreto armado que serão protendidas e lançadas no local através de guindastes;
- Execução de transversinas moldadas no local;
- Fresagem das faixas adjacentes aos locais onde serão executados novos revestimentos e das alças de acesso;
- Pavimentação sobre laje com duas camadas de CBUQ;
- Pavimentação sobre base e sub-base de brita corrida, com duas camadas de CBUQ;
- Contenção das paredes na ampliação da passagem inferior;
- Execução de calçada, meio-fio e calha em concreto simples;
- Sinalização horizontal e vertical;
- Execução de drenos com tubos de queda para drenagem do viaduto e ligação com a drenagem existente;
- Construção de linhas de iluminação pública para o viaduto.

IV.3.5 - DESCRIÇÃO E ANÁLISES EXECUTIVAS DA OBRA

A obra do alargamento do viaduto de Manguinhos está localizada na Linha Amarela, cruzando a Avenida Brasil, sendo este, o maior desafio na sua execução, já que a Avenida Brasil é a responsável pelo maior fluxo viário da cidade do Rio de Janeiro. A obra iniciou em Julho de 2010 e já está em fase de conclusão com término previsto para Agosto de 2011.

O alargamento do viaduto de Manguinhos, conforme já foi dito, contará com uma faixa a mais de cada lado com largura de 3,5 metros. O viaduto possui no total 128,04 metros de comprimento, e a nova faixa, considerando os dois sentidos, contará com 14 blocos, 14 pilares, 4 encontros e 16 vigas sendo as 4 apoiadas nos encontros com comprimento de 14,32 metros (V1,V8,V9 e V16) e as demais com 16,5 metros (Fig.61 e Fig.62). Além disso, estas vigas ficarão apoiadas sobre os pilares em aparelhos de apoio Neoprene, devidamente posicionados. Cada bloco contém 4 estacas de diâmetro de 25 cm, exceto os blocos B2 (5 estacas), B6 (6 estacas) e B13 (5 estacas), que devido interferências no local, tiveram que ser modificados. Já os encontros são formados por 5 estacas inclinadas com diâmetro de 16 cm. No total foram executadas 80 estacas raiz (Fig.63).

Diversas análises devem ser feitas para a escolha da fundação de um viaduto. No caso do viaduto de Manguinhos foi optado por executar estacas raiz devido as baixas cargas de solicitação. Será construída uma única faixa de rolamento que ficará engastada à existente e que será composta por vigas bi-apoiadas. Além disto, foi encontrado um afloramento de rocha a 6 metros de profundidade e a estaca raiz é bastante indicada quando há a necessidade da perfuração em rocha. Neste caso, era importante um atrito lateral elevado e o que influencia o atrito lateral é a profundidade da estaca, raio da estaca e resultados do SPT (*Standard Penetration Test*). Como a rocha foi encontrada a pouca profundidade e era necessário atingir uma profundidade de projeto elevada, optou-se pela estaca raiz, que também tem a vantagem de ter um baixo custo comparado com outros métodos que executam perfuração em rocha como a estaca *Wirth* comentada no estudo de caso anterior. O procedimento de execução de estaca raiz está melhor detalhado no Anexo I do presente trabalho.

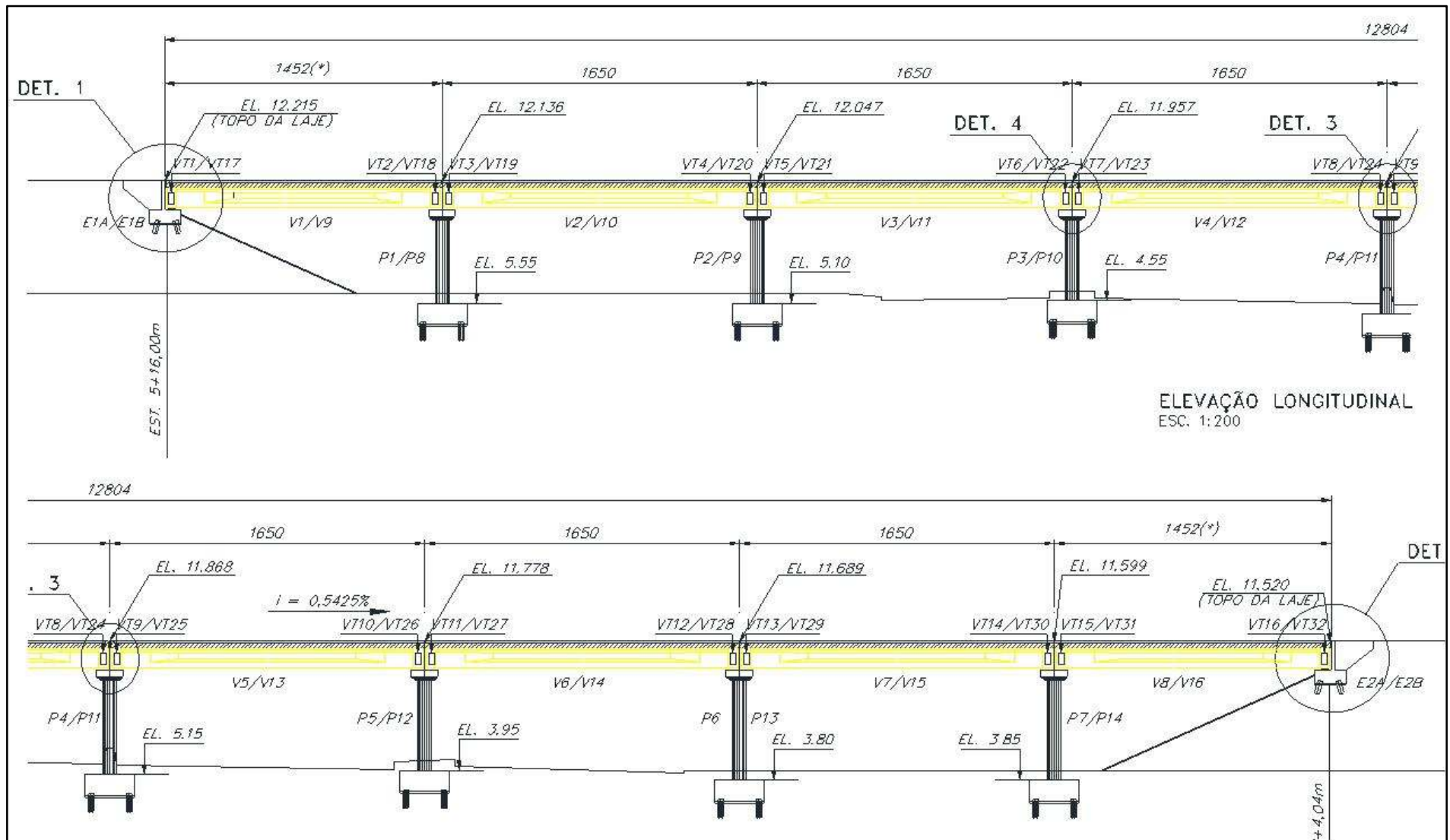


Fig62. Posicionamento e numeração das vigas longarinas e transversinas, pilares e encontros
 Fonte: Trecho de Projeto Executivo de Elevação Longitudinal das Vigas – Noronha Engenharia

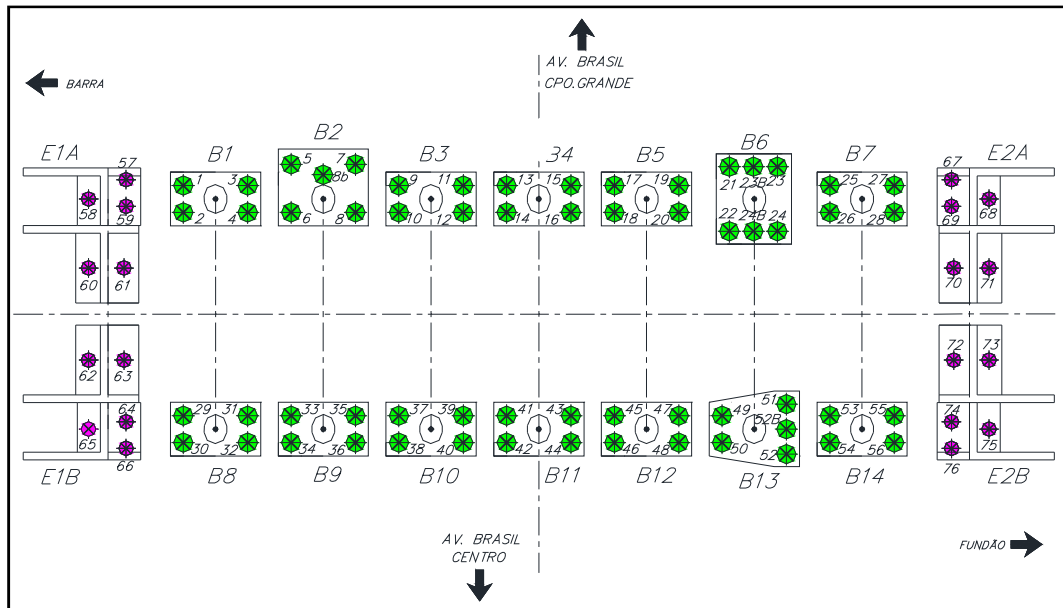


Fig63. Esquema do posicionamento e numeração dos blocos, estacas e encontros
 Fonte: Autor

As 16 vigas bi-apoiadas que constituem o alargamento do viaduto (8 em cada lado) (Fig.64) foram pré-moldadas e protendidas no canteiro central. A protensão foi feita em uma só etapa. Conforme analisado, a protensão em duas etapas é aplicada em casos que se tem pressa para lançamento das vigas. No caso do viaduto de Manguinhos, as vigas ficaram prontas bem antes do prazo e a protensão foi toda feita em uma só etapa. O lançamento das vigas foi executado com auxílio de guindaste e uma carreta extensiva para transportar as vigas pré-moldadas até o local da obra. Para o lançamento de vigas com guindaste é importante a elaboração de um *Plano de Rigging* (Fig.65).

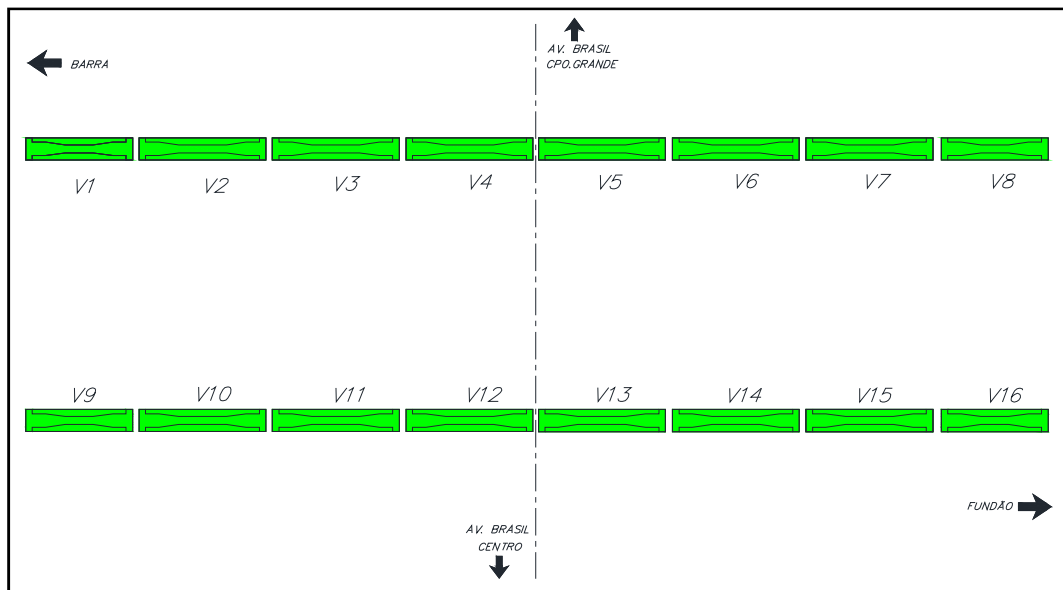


Fig64. Esquema do posicionamento e numeração das vigas longarinas
 Fonte: Autor

O *Plano de Rigging* é a elaboração da melhor estratégia de içamento das vigas através de um planejamento de posicionamento dos equipamentos que serão utilizados, constando a hora, data e local do lançamento (Fig.65 e Fig.66). Este plano é enviado para a empresa contratada do guindaste (neste caso a empresa Transmacri) para a mesma elaborar o projeto do *Plano de Rigging* (Fig.67 e Fig.68). O planejamento é muito importante, pois, além de possibilitar a seleção do equipamento mais adequado e da melhor estratégia de içamento, também fornece dados que servem para a compra de suprimentos, como materiais necessários à mobilização e preparação da máquina e acessórios, de forma a se evitar imprevistos, retrabalho e estabelecendo parâmetros de segurança operacional. As datas são importantes também para programar o fechamento das vias com a concessionária.

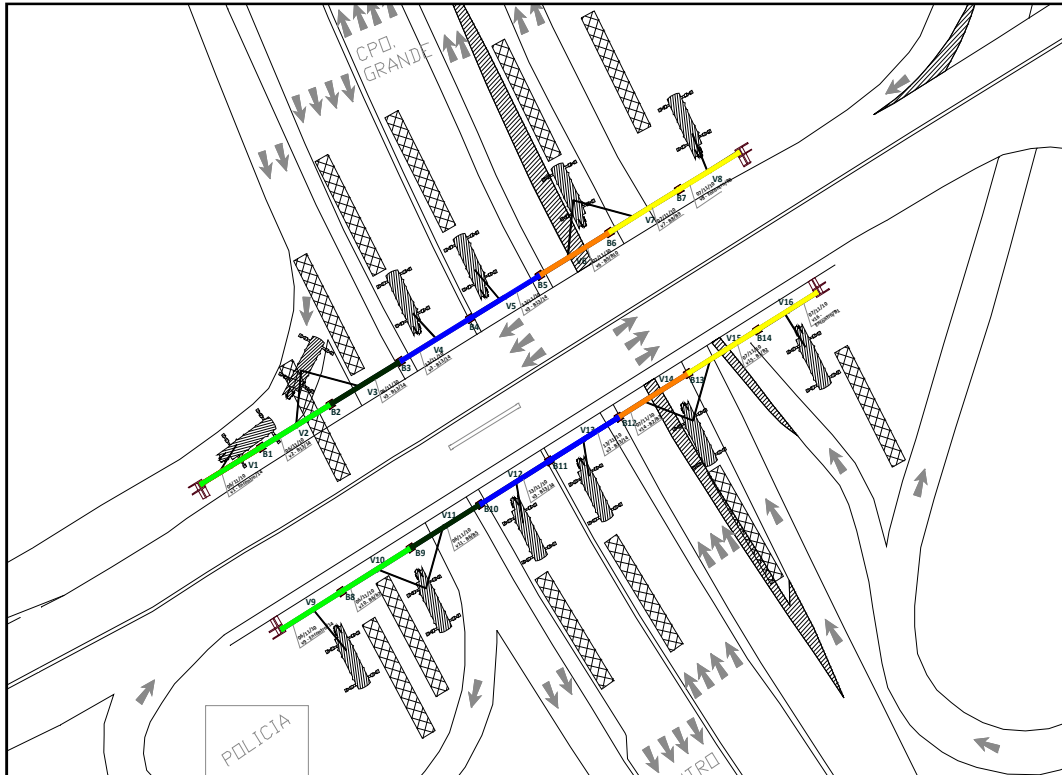


Fig65. Esquema do posicionamento do guindaste e carreta extensiva elaborado para ser enviado a subempreiteira contratada para o aluguel do guindaste
Fonte: Autor

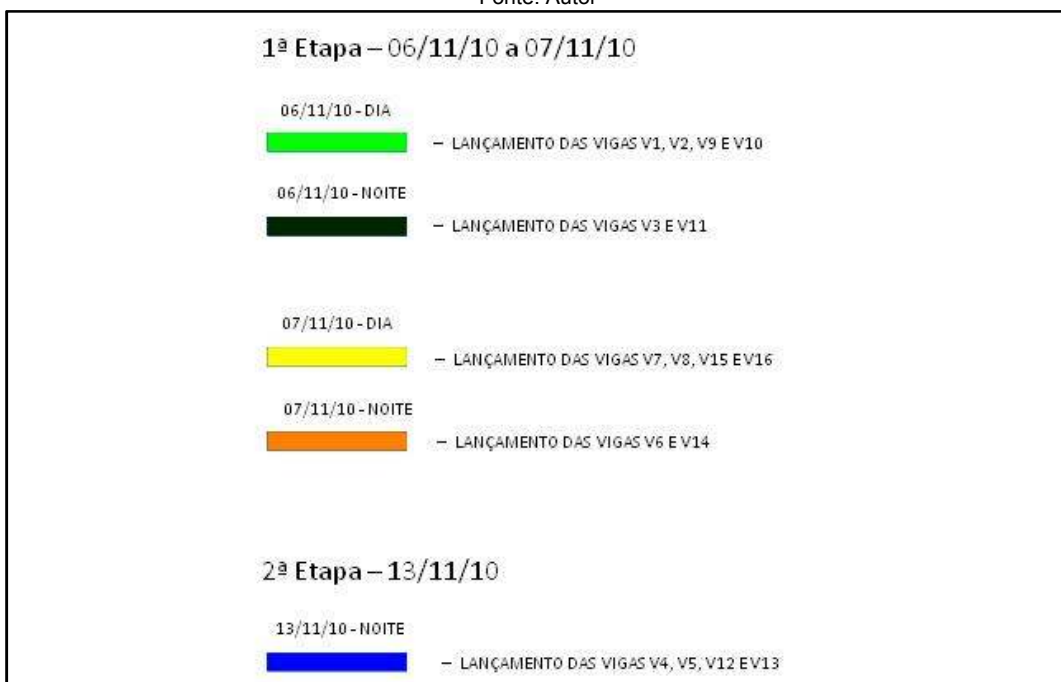


Fig66. Programação de lançamento das vigas longarinas
Fonte: Autor

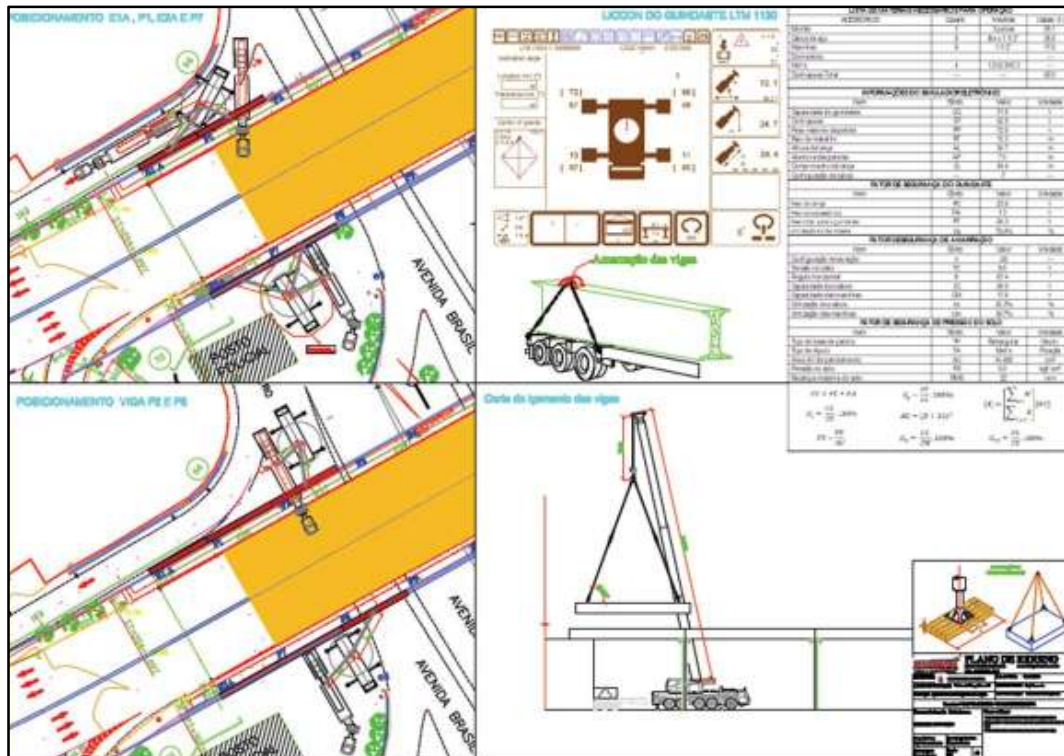


Fig67. Projeto elaborado pela subempreiteira Transmacri constando o posicionamento e especificação do guindaste e as vigas possíveis de serem lançadas nesta mesma posição. Trecho posicionado sobre canteiro, sem haver a necessidade de interrupção de uma faixa da Av. Brasil
 Fonte: Plano de Rigging da Transmacri

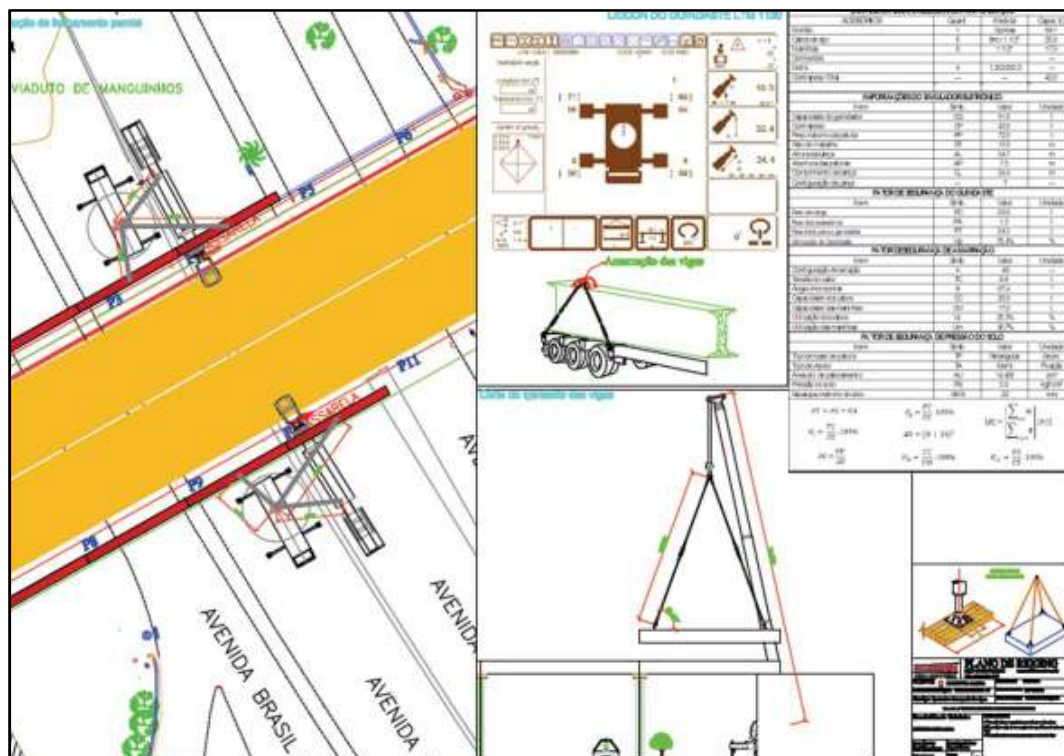


Fig68. Projeto elaborado pela subempreiteira Transmacri constando o posicionamento e especificação do guindaste e as vigas possíveis de serem lançadas nesta mesma posição. Trecho posicionado sobre Av. Brasil, havendo necessidade de interrupção de uma faixa durante a execução do serviço.
 Fonte: Plano de Rigging da Transmacri



Fig69. Detalhe do lançamento de uma viga em que foi necessária a interrupção total da Linha amarela em seu lançamento (total de 8 minutos)

Fonte: Fotos tiradas pelo fotógrafo profissional contratado pela obra Sérgio Huoliver



Fig70. Lançamento das vigas na posição de projeto da figura 60

Fonte: Fotos tiradas pelo fotógrafo profissional contratado pela obra Sérgio Huoliver

A opção pelas vigas pré-moldadas se deu pelo fato de não ser possível a execução de escoramento por de estar localizado sobre a Avenida Brasil. Além disto, a escolha pela execução com o auxílio do guindaste foi devido o fato de que não há

espaço suficiente para o posicionamento de um treliça lançadeira, que era a outra opção de lançamento. A opção pela utilização de fôrmas metálicas para moldagem das vigas foi devido ao fato de que estas podem ser reaproveitadas e a viga melhor executada. A fôrma de madeirit é mais complexa de ser executada em casos de vigas em que a seção varia ao longo do vão, podendo deixar falhas. Além disto, foi feito um estudo de orçamento a fim de comparar o custo da pré-moldagem da viga com forma metálica e forma de madeirit e chegou-se a conclusão que a utilização de forma metálica resultaria em um menor custo para a obra (redução de aproximadamente 70% do custo).

Outro fator que influenciou na escolha da execução com vigas pré-moldadas foi a disponibilidade de espaço para execução do pátio de pré-moldados e pátio de montagem de armadura localizados no canteiro central na Avenida Brasil (Fig.71). O canteiro está localizado bem próximo a obra e desta maneira o transporte das vigas não percorre um longo percurso em que as vezes pode surgir danos a estrutura devido os efeitos dinâmicos.



Fig71. Canteiro central, localizado na Av. Brasil. Detalhe para o espaço disponível para o pátio de pré-moldados e pátio de aço

Fonte: Adaptada de Sérgio Huoliver

Esta obra conta com uma série de remanejamentos que ao longo da obra devem ser executados. O pior deles é o remanejamento da adutora de esgoto localizada sobre a antiga passagem de pedestre e que deve ser remanejado para a nova passagem de pedestre. Esta adutora sai do Fundão e segue pela Av. Bento Ribeiro Dantas na Linha amarela, passando pelo Viaduto de Manguinhos (Fig.72).

A execução da laje de 3,5 metros de largura por 128,4 metros de comprimento que constitui a nova faixa, depende do término deste remanejamento e, para este ser executado, é necessário que a nova passagem de pedestre esteja pronta para apoiar a tubulação da nova adutora, e para esta estar pronta é necessário que a laje esteja pronta, ou seja, um problema que parecia sem solução. Então, foi feito um estudo de uma alternativa para execução da nova passagem de pedestre sem a laje estar completamente pronta (Fig.73 e Fig.74).

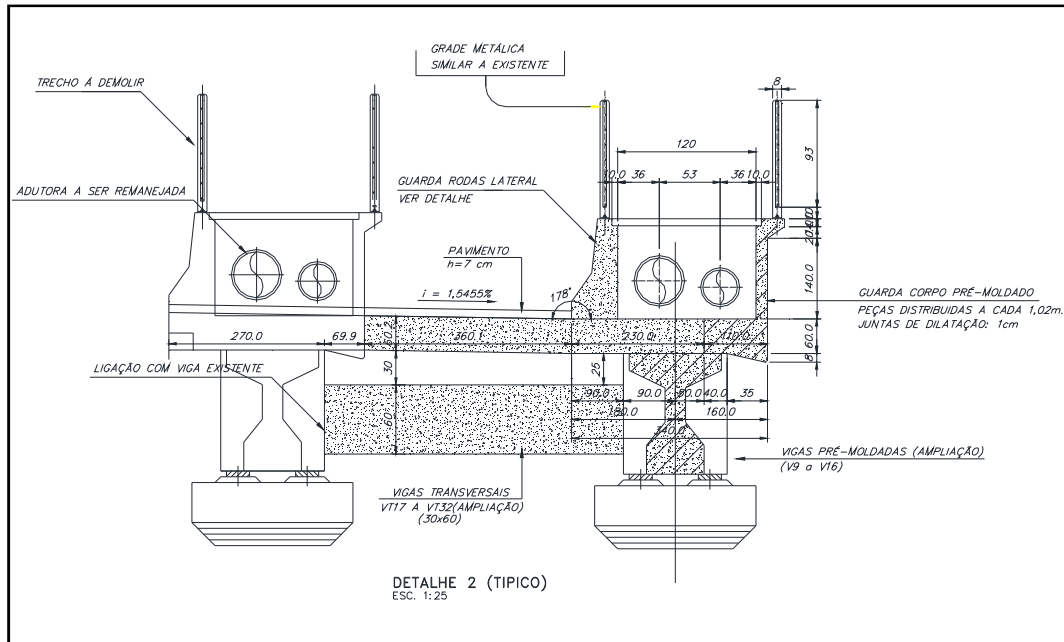


Fig.72. Detalhe do corte da passagem de pedestre, ilustrando o trecho do alargamento e posicionamento das adutoras

Fonte: Projeto Executivo da Seção Transversal Típica. Noronha Engenharia

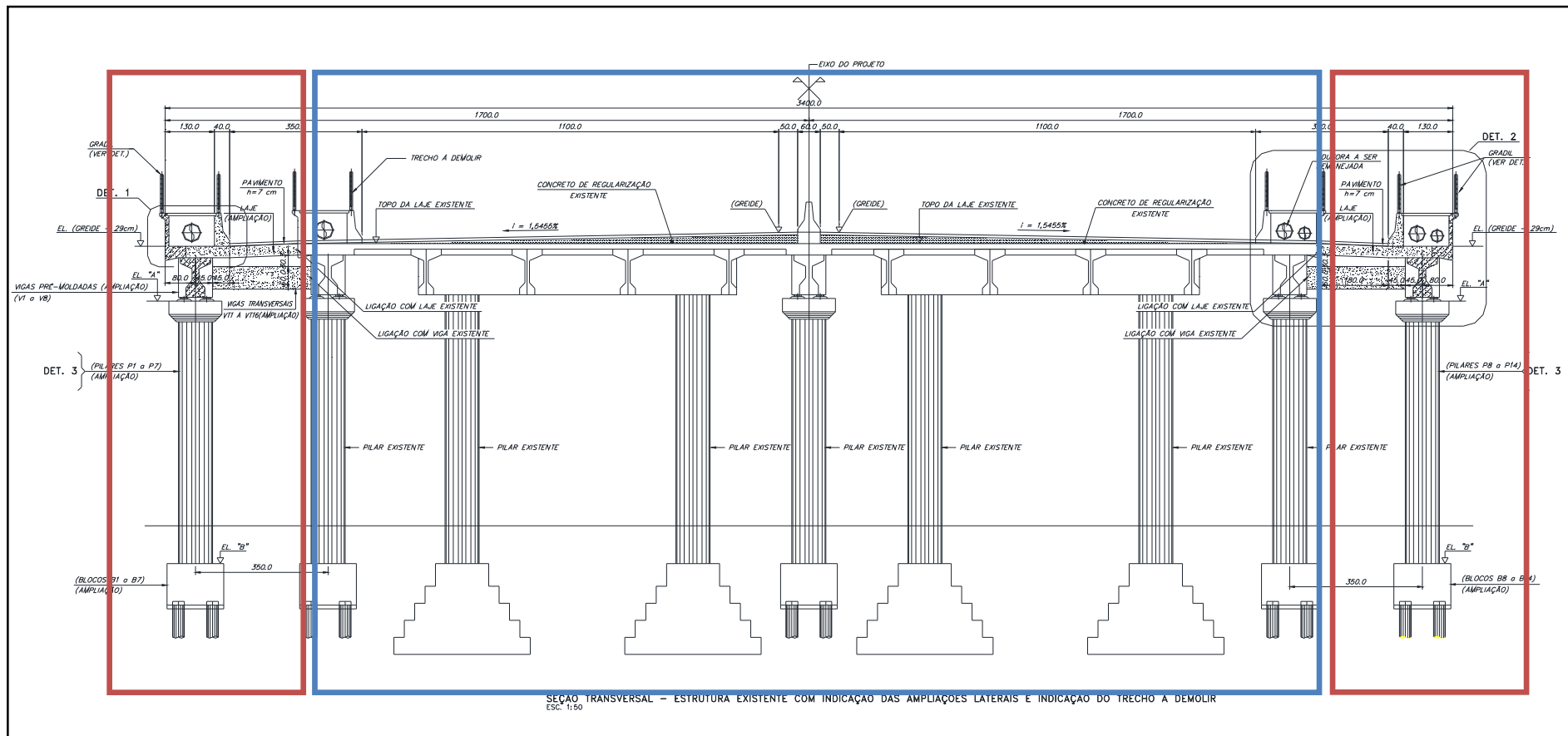


Fig73. Seção transversal do viaduto. Os trechos extremos representam o alargamento do viaduto em uma nova faixa em cada sentido. O trecho demarcado no centro é o viaduto existente sem o alargamento, contando com duas faixas.

Fonte: Projeto Executivo da Seção Transversal Típica. Noronha Engenharia

A espessura total da laje é de 30 cm. Porém, optou-se pela execução de uma pré-laje de 12 cm de espessura no trecho fora da nova passagem de pedestre, e que vai ao encontro da antiga passagem de pedestre. No trecho por onde passa a nova passagem de pedestre, a laje deve ser executada já com os 30 cm. Porém, como não pode ser feita a demolição da antiga passagem de pedestre por conta da adutora (para executar o engaste de toda a laje à laje existente), foi optado por executar esta pré-laje de 12 cm que pode ficar engastada na laje existente sem a necessidade da demolição total do trecho da passagem de pedestre, necessitando somente da escarificação de tanto quando for necessário para o engastamento inicial da mesma (análise através de diagramas de decalagens de momentos fletores). O passo seguinte é o desligamento da adutora, ou seja, parar o funcionamento para que seja feito o remanejamento. Este processo deve ser feito em no máximo 6 horas que é o tempo que ela pode ficar desligada (Fig.74).

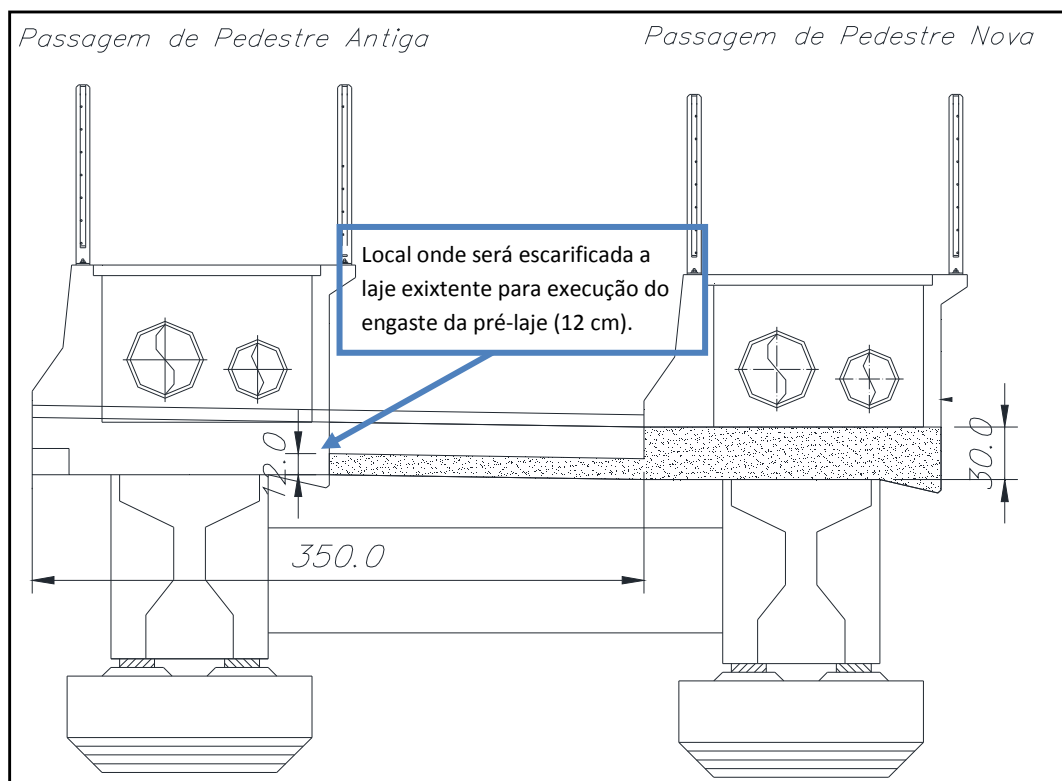


Fig74. Esquema da concretagem da pré-Laje engastada na laje existente e da nova passagem de pedestre executada sobre a laje com espessura definitiva de 30 cm.

Fonte: Projeto Executivo da Seção Transversal Típica. Noronha Engenharia



Fig75. Detalhe da nova passagem de pedestre com a tubulação da adutora já posicionada e travada nas laterais
Fonte: Autor

A chaminé de equilíbrio existente também teve que ser remanejada de modo a acompanhar o fluxo da adutora. A chaminé de equilíbrio é um dispositivo de proteção utilizado geralmente em adutoras por gravidade, para proteção contra os efeitos de fechamento rápido de válvulas ou de variações bruscas de vazão em bombas, posicionada próxima ao reservatório alimentador (Fig.76).



Fig76. Execução da nova chaminé de equilíbrio. Ao lado esquerdo está a antiga existente
Fonte: Autor

O escoramento da forma da pré-laje foi em estrutura metálica, parte executado em escoamento fixo convencional, parte escoramento suspenso. O suspenso fica sustentado pela estrutura existente. O escoramento fixo foi feito nos trechos em que a laje fica posicionada sobre as vigas V1, V8, V9 e V16 (as de menor comprimento), apoiadas nos encontros, que estão posicionadas sobre canteiros laterais permitindo este tipo de escoramento (Fig.78 A e B). Os demais trechos da laje, posicionado sobre as vigas intermediárias que estão sobre a Av. Brasil foram executados com escoramento suspenso. A concretagem da pré-laje foi dividida em 4 tabuleiros (2 em cada sentido) com comprimento de 64 metros cada (Fig.77). A pré-laje irá servir de forma para a concretagem da laje definitiva que também será executada em 4 tabuleiros, divididos por juntas *Jeene* que permitem trabalhabilidade dos tabuleiros que sofrem esforços diários de variação de temperatura, retração, frenagem, etc.

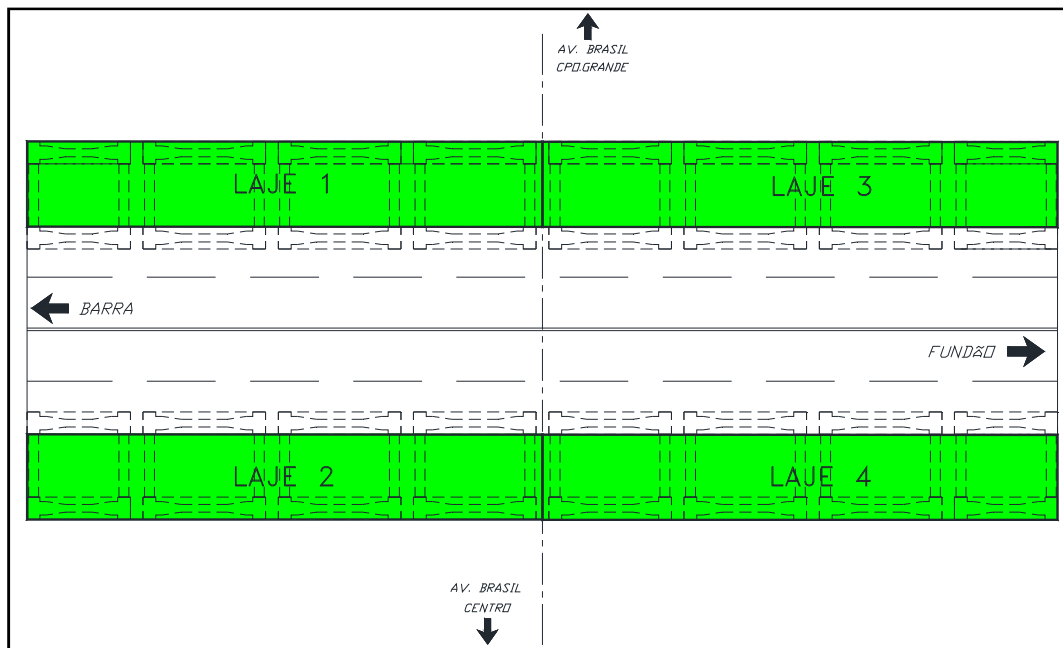


Fig77. Esquema do posicionamento das lajes por concretagem de tabuleiro. Entre um tabuleiro e outro será executada junta *jeene*
 Fonte: Autor



Fig78. Figura A – Montagem do escoramento convencional fixo. Figura B – Montagem da forma sobre o escoramento convencional fixo. Figura C – Montagem do escoramento suspenso. Figura D – Concretagem da pré-laje com concreto bombeado.
 Fonte: Autor



Fig79. Figura A – Escarificação da laje existente para engastamento da pré-laje. Figura B – Laje existente escarificada. Figura C – Montagem da armadura da pré-laje e da nova passagem de pedestre. Figura D – Fôrma e concretagem da barreira *New Jersey* sobre a passagem de pedestre. Detalhe para a passagem de pedestre existente a direita com a adutora que será remanejada.
 Fonte: Autor

A seguir serão descritas as etapas da execução do alargamento do viaduto de Manguinhos, com ênfase na execução da viga pré-moldada no canteiro. Todas as fotos são de fonte do autor, tiradas diariamente no acompanhamento da obra.

1. Inicialmente é feita a perfuração estacas raiz do bloco ou encontro livre de interferências;



Fig80. Execução da estaca raiz

2. No dia seguinte, após sua concretagem, pode ser iniciada a escavação do bloco.
3. Seguindo da escavação, é feito o arrasamento das estacas e concretagem da base do fundo do bloco com concreto magro;
4. Monta-se a fôrma lateral sobre o magro;
5. A armadura do bloco é montada do lado de fora e depois instalada no local de aplicação. Deve ser prevista a armadura de espera do pilar;



Fig81. Armação e fôrma do bloco B6 com espera da armadura da primeira etapa do pilar 6

6. Execução dos encontros;



Fig82. Encontro E2B concretado

7. O pilar será executado em 2 etapas. Portanto, será feito a montagem da armação, fôrma e concretagem da primeira etapa do pilar. Em seguida, é feita a segunda etapa;



Fig83. Pilar P13 já concretado, ainda com a fôrma da segunda etapa e montagem da fôrma e armação do capitel

8. Após a concretagem dos pilares é feita a cabeça do pilar, chamada de capitel, onde ficará apoiada a viga sobre o aparelho de apoio Neoprene;



Fig84. Concretagem do capitel 14

9. Em paralelo a execução da infra e meso estrutura, é feita parte da superestrutura, ou seja, a fabricação das vigas pré-moldadas no pátio de pré-moldados do canteiro central;
10. Fazer um berço de concreto para servir de base de apoio para a viga;



Fig85. Confeção dos berços para apoio das vigas pré-moldadas

11. Passar uma graxa líquida no berço para quando for feita a concretagem da viga ela não aderir ao berço. Além disso, após a protensão a viga se desprende do berço;



Fig86. Graxa líquida sendo passada no berço para não aderir o concreto da viga com o do berço

12. Produzir a fôrma para execução da cabeça das vigas que pode ser reaproveitada posteriormente;



Fig87. Fôrma da cabeça da viga

13. Montagem da armadura da cabeça da viga prevendo armadura de espera para viga longarina, transversina e laje.



Fig88. Armadura da cabeça da viga

14. Concretagem da cabeça da viga;



Fig89. Cabeça da viga já concretada. Detalhe para a armadura de espera da transversina



Fig90. Cabeça da viga já concretada. Detalhe para a armadura de espera da laje (em cima), da transversina (lateral) e da longarina (na frente), além da espera para a bainha de protensão

15. Posicionar a cabeça concretada no berço, nas 2 extremidades;



Fig91. Posicionamento das duas cabeças da viga no berço. Esta escarificação na lateral é para aderir melhor a transversina que será posteriormente executada

16. Iniciar o processo de montagem da armadura da viga;



Fig92. Montagem da armadura da viga

17. Passar as bainhas de protensão por dentro da armadura na posição indicada de projeto;



Fig93. Passagem da bainha de protensão no meio da armadura no local devido de projeto para posterior passagem dos cabos e protensão



Fig94. Detalhe para a bainha de protensão e espaçadores entre a armadura da viga

18. Após montagem da armadura, iniciar o processo de montagem da forma metálica;



Fig95. Montagem da fôrma metálica escorada na lateral para não ocorrer tombamento

19. Concretagem da viga;



Fig96. Concretagem das vigas

20. Em caso de lançamento com guindaste, executar um *Plano de Rigging* para lançamento das vigas prevendo posicionamento do guindaste e carreta extensiva que irá transportar os pré-moldados até o local de aplicação;
21. Contratar uma empresa para executar o serviço de protensão;
22. Após a concretagem, esperar atingir a resistência de 30MPa, aproximadamente após 28 dias, para executar a protensão (No anexo I consta um Procedimento sobre Estruturas em Concreto Protendido que explica melhor como deve ser executado este serviço);
23. Os cabos a serem protendidos são passados pela bainha dentro da viga até atingir o outro lado;



Fig97. Protensão das vigas longarinas

24. Posicionar o macaco hidráulico. A protensão pode ser feita dos dois lados ao mesmo tempo ou primeiro de um lado e depois de outro. Depende da disponibilidade de macaco hidráulico;



Fig98. Protensão das vigas longarinas



Fig99. Viga já protendida

25. Após a protensão, nota-se que o fundo da viga se desprende do berço;
26. A viga está pronta para ser lançada. Posicionar os aparelhos de apoio nos pilares;



Fig100. Posicionamento dos aparelhos de apoio Neoprene

27. Providenciar o transporte das vigas ao local de aplicação com auxílio de carreta extensiva;



Fig101. Transporte da viga do canteiro central ao local da obra através da carreta extensiva

28. Após a protensão a viga pode ser lançada e encaixada entre um pilar e outro sobre aparelho de apoio;



Fig102. Lançamento da viga com auxílio do guindaste

29. Após o lançamento, fazer o escoramento da viga para ações externas não provoquem o tombamento das mesmas;



Fig103. Escoramento da viga

30. Armação, fôrma e concretagem das transversinas;



Fig104. Vigas transversinas executadas

31. Execução da pré-laje e da nova passagem de pedestre



Fig105. Guarda-corpo da passagem de pedestre a esquerda já concretado e montagem da armadura da barreira *New Jersey* a direita.



Fig106. Foto aérea do viaduto de Manguinhos (Abril/2011)
Fonte: Empresa Angular, contratada para tirar as fotografias aéreas das obras

CAPÍTULO V - CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho apresentou um estudo sobre métodos executivos de obras de arte especiais, especificamente para construção de viadutos em meio urbano, apresentando as principais dificuldades que surgem antes e durante a construção de viadutos nestas condições específicas.

Após a apresentação dos principais métodos executivos tais como balanços sucessivos, empurramentos sucessivos, superestrutura de vigas pré-moldadas e, superestrutura de vigas moldadas no local, pode-se concluir que diversos fatores devem ser analisados previamente, de modo a escolher a melhor estrutura de acordo com o melhor custo/benefício. Cada método executivo possui suas vantagens e desvantagens de acordo com o meio em que se aplica.

A execução de viadutos em meios urbanos apresenta uma dificuldade maior devido a uma série de riscos que a obra está sujeita. São riscos ambientais, financeiros, contratuais, políticos, operacionais, que podem vir a gerar problemas durante a execução da obra, se os mesmos não forem previstos.

Nos estudos de caso foram apresentados dois exemplos de obras de viadutos na cidade do Rio de Janeiro, localizadas sobre vias bastante movimentadas. As obras apresentadas foram a construção do viaduto da Abolição com trechos em balanço sucessivo e aduelas moldadas no local e trechos com vigas caixão executadas com escoramento, e o alargamento do viaduto de Manguinhos executado com vigas pré-moldadas. A apresentação destas duas obras foram importantes para consolidar o estudo pois ambas apresentam diversos problemas por estarem localizadas no meio da cidade e porque a escolha dos seus métodos executivos ficaram limitados por conta do meio onde foram executadas.

Além destas análises, também foi apresentada a logística de funcionamento do setor de projetos de uma obra e seus maiores problemas, que foi importante para saber como lidar com estas situações e prevenir a obra de possíveis atrasos que possam vir a gerar por conta dos problemas com projetos.

Portanto, é muito importante o planejamento de uma obra para que todos os fatores sejam analisados previamente de modo a optar por melhores escolhas executivas, prevenir riscos, reduzir custos e executar as atividades dentro do prazo para não atrasar o término previsto de contrato.

CAPÍTULO VI - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LEONHARDT, F. (1979), "CONSTRUÇÕES DE CONCRETO – PRINCÍPIOS BÁSICOS DA CONSTRUÇÃO DE PONTES DE CONCRETO", INTERCIÊNCIA.

PFEIL, W. (1987), "CIMBRAMENTOS", LIVROS TÉCNICOS E CIENTÍFICOS EDITORA S.A.

DNER – DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM (1996), "MANUAL DE PROJETO DE OBRAS-DE-ARTE ESPECIAIS".

LAVIOLETTE, M. (2007), "BRIDGE CONSTRUCTION PRACTICES USING INCREMENTAL LAUNCHING", AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (AASHTO).

SCHMID, M. (2005), "A CONSTRUÇÃO E O LANÇAMENTO DE PONTES PELO PROCESSO DOS SEGMENTOS EMPURRADOS", PUBLICAÇÃO TÉCNICA RUDLOFF INDUSTRIAL LTDA.

VSL, (1977) "THE INCREMENTAL LAUNCHING METHOD IN PRESTRESSED CONCRETE BRIDGE CONSTRUCTION", VSL INTERNATIONAL LTD. (BERNE / SWITZERLAND).

JUDICE, F. (2009), "PROJETO DE ESTRUTURAS DE PONTES". PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROJETO DE ESTRUTURAS. DEPARTAMENTO DE MECÂNICA APLICADA E ESTRUTURAS. ESCOLA POLITÉCNICA DA UFRJ.

TRAYNER, D. (2007), "BRIDGE CONSTRUCTION METHODS", CONCRETE INSTITUTE OF AUSTRALIA.

REZENDE, P. & ANDERY, P. (2008), "A UTILIZAÇÃO DE PRINCÍPIOS DA ENGENHARIA SIMULTÂNEA NO PROCESSO DE PROJETO DE PONTES E VIADUTOS", ARTIGO DE GESTÃO DE TECNOLOGIA DE PROJETOS.

NBR 7187, (2003), "PROJETO E EXECUÇÃO DE PONTES DE CONCRETO ARMADO E PROTENDIDO", ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.

ROHR, (2009), "TRELIÇA SICET", DOCUMENTAL TÉCNICO.

NASCIMENTO, F. (2011), "NOTAS DE AULA DA DISCIPLINA PONTES DE CONCRETO ARMADO I", SOROCABA, FACENS.