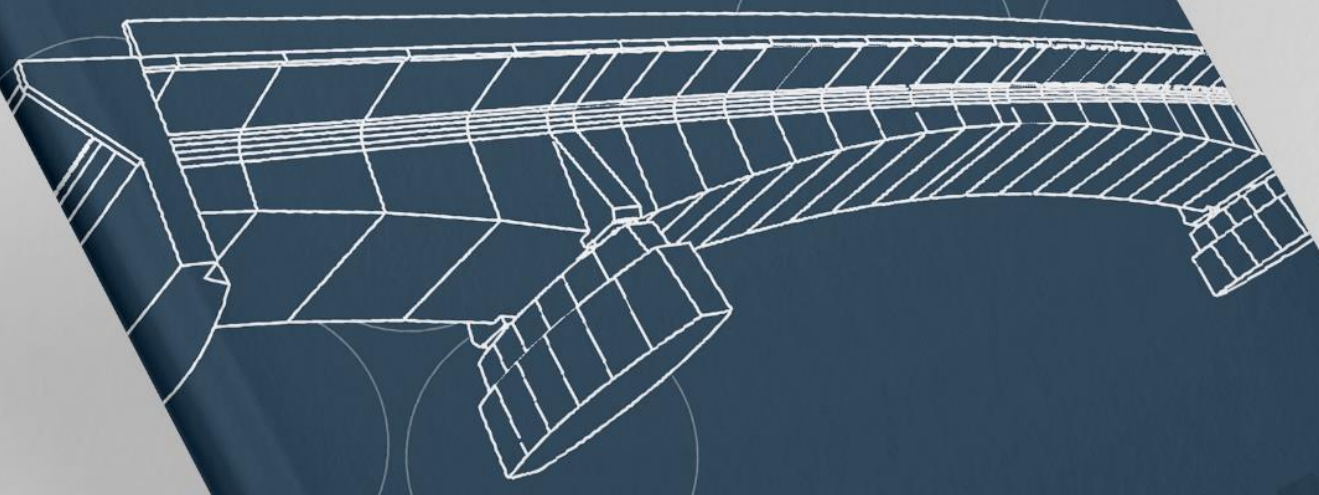
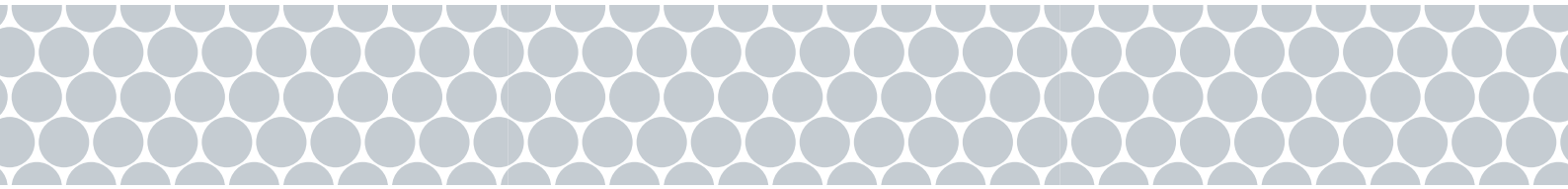


  
**ENGEROD**  
ENGENHARIA E CONSULTORIA



PORTFOLIO



**ENGEROD**  
ENGENHARIA E CONSULTORIA



# PONTES!

## OBRAS DE ARTE QUE CONECTAM

*“Quando a história do nosso tempo for escrita, seremos lembrados não pelas catedrais ou templos que erguemos, mas pelas pontes que construímos”.*

*Montgomery Schuyler, jornalista e crítico de arquitetura (1877)*

## **PONTES | 06**

---

Importância e evolução das pontes ao longo da História.

## **ENGEROD | 14**

---

Meio século de dedicação ao desenvolvimento de projetos na área de transportes.

## **PRÉ MOLDADOS | 18**

---

Agilidade, flexibilidade e padronização.

## **BALANÇOS PROGRESSIVOS | 108**

---

Construção em etapas, a partir da estrutura já executada.

## **ALARGAMENTOS | 136**

---

Obras fundamentais para acompanhar o crescimento das cidades.

## **RECUPERAÇÕES | 150**

---

Nossa atuação para restaurar obras viárias que já chegam a até 100 anos de funcionamento.

## **CANALIZAÇÕES | 216**

---

Soluções inovadoras aproveitando técnicas usadas em projetos de pontes e viadutos

## **MOLDADOS IN SITU | 230**

---

Projetos com geometria complexa e necessidades muito específicas.

# PONTES

***Você já reparou no elemento central de todas as notas de Euro? PONTES! E nos aquedutos romanos? Golden Gate? Ponte Rio-Niterói?***



## **PONTES SÃO OBRAS DE ARTE QUE CONECTAM!**

Obras de arte que vencem obstáculos - ruas, estradas, vales, rios... Se não forem erguidas sobre cursos d'água, são chamadas de viadutos ou elevados. Mas isso é um detalhe; de qualquer maneira, continuam sendo obras de arte que conectam.

Há praticamente meio século, nos dedicamos a projetos de pontes. Sentimos um grande orgulho sempre que passamos por uma estrutura que nasceu nas nossas pranchetas - ou, nas últimas décadas, nas nossas telas. Temos plena consciência de que as pontes (viadutos e elevados) geram impacto social, ao conectar regiões e pessoas; segurança, ao evitar cruzamentos; e fluidez, ao desatar nós de mobilidade.

Como já diria o psicólogo Abraham Maslow, superadas as necessidades básicas, pessoais ou

sociais, o que fica para as pessoas é um enorme desejo de transcender, de construir um legado, algo que ultrapasse as barreiras do tempo, que seja relevante para as próximas gerações. Imagine como nos sentimos ao pensar no que cada ponte que projetamos representará quando entrar em funcionamento e em tudo que continuará significando por anos, décadas e, muito provavelmente, séculos.

Ao projetar uma estrutura, todo engenheiro pensa na sua funcionalidade e em segurança. Mas, tirando algumas exceções, as estruturas de grande parte das obras civis são invisíveis, imperceptíveis. Talvez seja por isso que as pontes são chamadas de obras de arte. Elas são visíveis! Podem ser criticadas, admiradas e até copiadas, como qualquer obra de arte. Viram ícones, cartões postais das cidades. Você consegue imaginar São Francisco sem a Golden Gate? Rio ou Niterói sem a ponte que as une sobre a baía que as separa?

## A HISTÓRIA

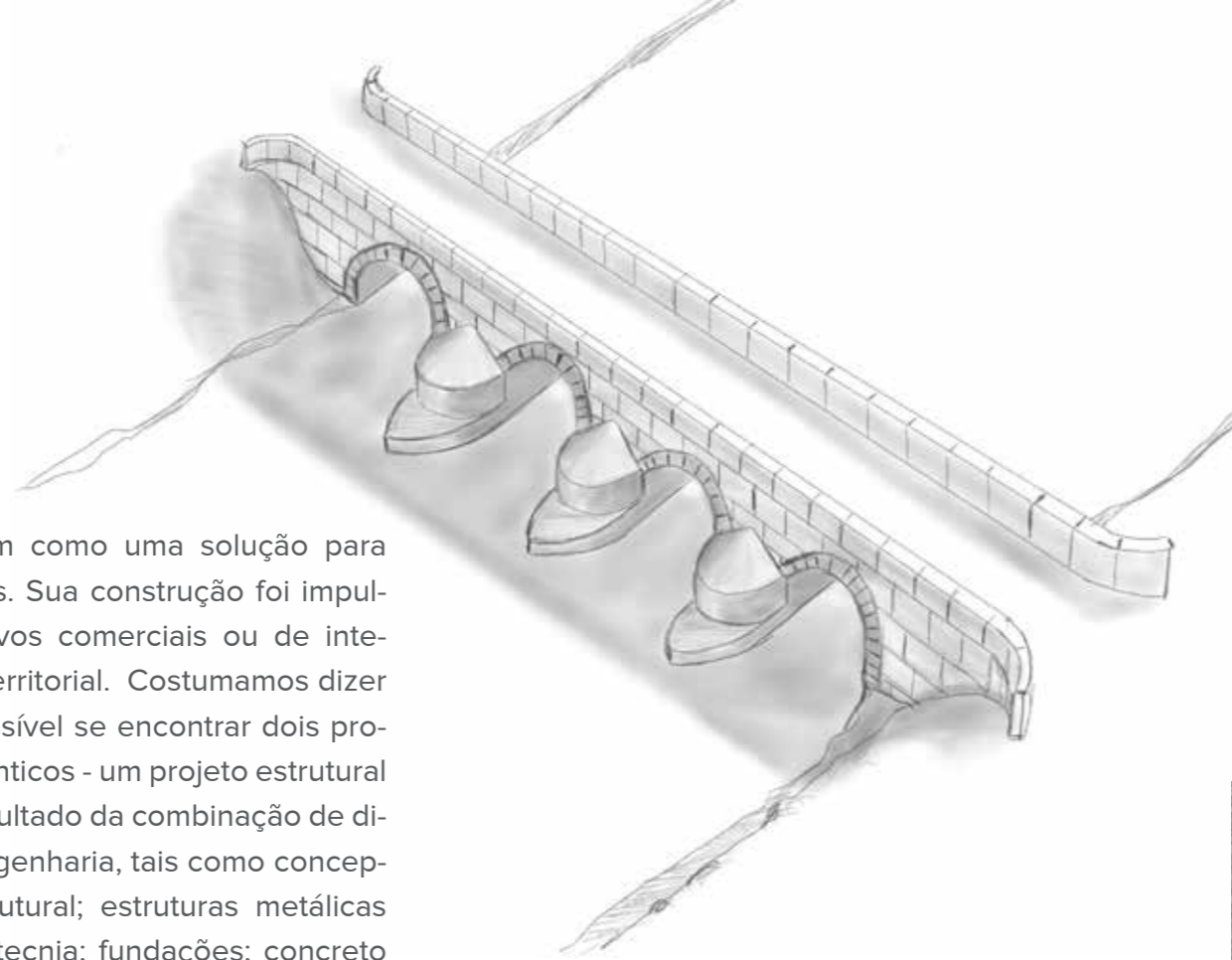
As pontes surgiram como uma solução para transpor obstáculos. Sua construção foi impulsionada por objetivos comerciais ou de integração/expansão territorial. Costumamos dizer que é quase impossível se encontrar dois projetos de pontes idênticos - um projeto estrutural de uma ponte é resultado da combinação de diversas áreas da engenharia, tais como concepção e análise estrutural; estruturas metálicas e de madeira; geotecnia; fundações; concreto armado e protendido; e cimbramentos (suporte provisório da estrutura).

Ao longo do tempo, os desafios impostos pelos vãos e obstáculos que se queria transpor levaram ao aprimoramento das técnicas de construção, ao conhecimento de novos materiais e ao desenvolvimento de ferramentas e equipamentos.

Embora a construção de pontes remonte aos primórdios da humanidade, pode-se observar que apenas as civilizações com rede de estradas dominaram e sistematizaram de fato o processo. Na civilização ocidental, destacam-se os romanos, considerados os primeiros construtores de estradas e pontes em grande escala. No império romano, as estradas chegaram a totalizar aproximadamente 400 mil quilômetros, distribuídos pela Europa, Oriente Próximo e norte da África,

Nas Américas, a rede de estradas construída pelo império Inca chegou a atingir a marca de 40 mil quilômetros, em duas rotas principais, uma no litoral e a outra na cordilheira. Como os Incas não conheciam a roda, as pontes recebiam apenas cargas relativamente leves, de pessoas e animais. A solução para vencer pequenos vãos era um sistema biapoiado em madeira ou em viga de pedra. Nas cordilheiras, os vãos maiores e mais altos eram vencidos com um sistema pênsil, utilizando-se cordas de fibras naturais.

Com aproximadamente 14% de toda a água doce do planeta, o Brasil tem uma das mais extensas redes fluviais e o maior potencial do mundo. Além disso, sua dimensão continental e relevo acidentado impõem desafios adicionais à integração e à construção de pontes e elevados.



## TIPOS DE PONTES SISTEMAS ESTRUTURAIS

Deste a antiguidade, o homem busca na natureza inspiração para superar obstáculos.

Todas as pontes do mundo têm até hoje sua origem em um desses quatro sistemas estruturais fundamentais.



## BIAPOIADO

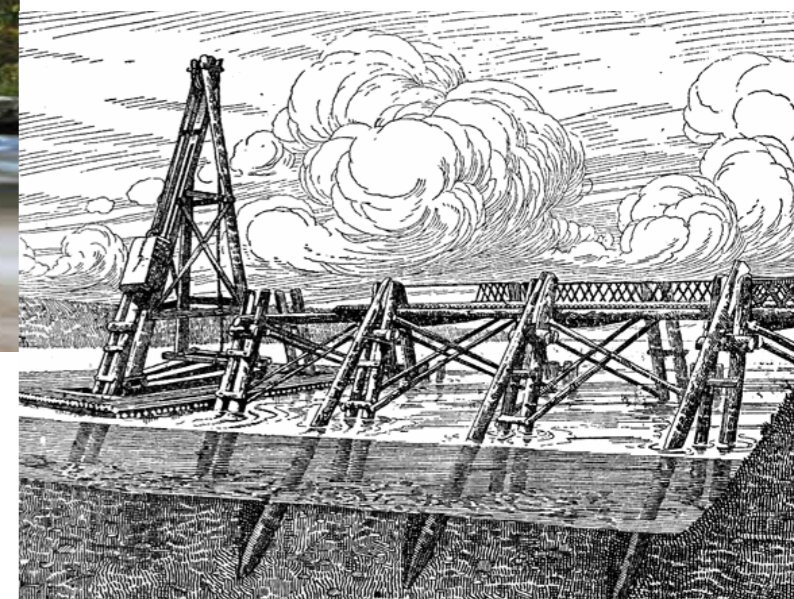
O sistema de viga biapoiada é talvez o mais intuitivo. Foi dominante em todas as civilizações antigas da Mesopotâmia, Egito, Grécia e Américas (Astecas, Maias e Incas).

Nesse sistema, as construções em pedra ficam limitadas a alguns poucos metros de vão, devido à relativamente baixa resistência à flexão da estrutura.

Um exemplo de ponte antiga em placa de pedra apoiada é Tarr Step, na Inglaterra, cuja construção é considerada pré-histórica.

A solução em viga biapoiada em pedra pode ser encontrada recorrentemente em construções antigas nas Américas e no Egito, assim como nos templos gregos e romanos.

Na verdade, as pontes antigas baseadas no sistema de viga apoiada eram quase todas executadas em madeira e assim não resistiram aos séculos. Exemplo célebre é a ponte de Júlio César sobre o rio Reno.





## BALANÇO

As pontes em balanço são construídas a partir das extremidades engastadas, formando balanços independentes que se unem no centro do vão. A ponte de Eleutherna, é um raro exemplo em pedra, construída anteriormente ao período romano, na ilha de Creta (Grécia).

Assim como no caso da viga biapoiada, as antigas pontes em balanço também eram construídas em madeira e assim não resistiram ao tempo. Na imagem ao lado, um exemplo de sistema em balanço construído em madeira, típico da região do Himalaia.



## ARCO

Embora se atribua aos etruscos a construção dos primeiros arcos, sua aplicação em pontes só se deu de forma sistemática, no Ocidente, a partir da civilização Romana. Em outras civilizações, tais como na Grécia, o arco era utilizado somente em vãos enterrados, na forma de galerias para esgotamento de águas.

No arco, o material é solicitado exclusivamente à compressão, praticamente uniforme em toda a seção transversal. Com o melhor aproveitamento do material, a solução em arco permite vãos bem maiores do que a viga.

Diversas pontes romanas em arco podem ainda ser encontradas íntegras em várias partes da Europa. Uma destas notáveis obras é a ponte Juliano, no sul da França, construída há mais de dois mil anos e que só foi retirada de uso no ano de 2005.

No Oriente, o arco também era conhecido pela civilização chinesa desde a antiguidade. Exemplo ainda em uso é a ponte de Zhaozhou, construída por volta do ano 600, em arco abatido com aduelas em pedra com chavetas em aço.

As construções em pedra, segundo o sistema em arco ou em balanço apresentam aspecto semelhante, sendo diferenciados basicamente pela forma e disposição das pedras. No arco, os blocos apresentam superfície de contato em



direções radiais, ou seja, um elemento típico tende a apresentar aspecto trapezoidal, como indicado no detalhe do aqueduto de Segóvia, acima, à direita. No sistema em balanço, as superfícies de contato são paralelas e horizontais,



## PÊNSIL

O sistema pênsil ou de cabo suspenso é uma solução intuitiva, presente em todas as civilizações antigas. A ponte pênsil pode vencer vãos bem mais extensos que os arcos, porém é bastante flexível e tende a apresentar oscilação lateral com a passagem das cargas ou até mesmo pela ação do vento.

O sistema original pênsil, com o estrado côncavo, evoluiu naturalmente para o tabuleiro retificado, suspenso por um cabo pênsil.

No passado, com os cabos em fibras naturais, as pontes ficavam limitadas à travessia de pessoas ou alguns animais. Na prática, as pontes baseadas no sistema pênsil só puderam ganhar capacidade de carga representativa após o advento do aço na forma de correntes e cabos.



## DO PANTHEON À PROTENSÃO

Um teto em formato de semi-esfera, com 9,1 metros de diâmetro e 5000 toneladas de peso: essa é a descrição da maior cúpula de concreto não reforçado do mundo. A estrutura, localizada na parte central do Pantheon, em Roma, já seria impressionante se tivesse sido feita com técnicas, métodos construtivos e materiais modernos. Acontece que ela tem quase dois mil anos de idade! No lugar do concreto como nós conhecemos hoje, foi utilizada uma argamassa altamente resistente e duradoura, resultante da mistura da cal com pozolanas - rochas derivadas das cinzas vulcânicas da região próxima ao Vesúvio.

Muito à frente do seu tempo, a estrutura representou o auge do concreto pozolânico. Com a queda do Império Romano, o conhecimento sobre o uso da pozolana se perdeu. Foram necessários 14 séculos para que o concreto voltasse a ser desenvolvido.

O concreto simples é um material que apresenta uma grande resistência a compressão, porém um ponto fraco: a baixa tolerância a tração. Já o aço é resistente a compressão (com ressalvas, pois tende a flambar) e a tração, mas tem na corrosão sua grande fonte de vulnerabilidade. Ao unir o concreto simples com o aço, o concreto armado se apresentou como uma solução ideal para eliminar os pontos fracos de ambos: o aço tornou o concreto resistente a tração ao mesmo tempo em que o concreto em torno do aço serviu para protegê-lo da corrosão. Todos os problemas estariam resolvidos se não fosse uma nova fragilidade que surgiu com o concreto armado: a fissuração. Foi então que entrou em cena a protensão:

*“A invenção da protensão, um produto do século XX, introduziu uma nova direção na engenharia estrutural, mais significativa que a de qualquer outro período da história... Ela colocou nas mãos do engenheiro a habilidade de controlar o comportamento das estruturas e ao mesmo tempo obrigou-o a pensar mais profundamente na construção... Além disso, o conceito da protensão abriu novas possibilidades para a forma.”*

**David Billington,**

Universidade de Princeton, Estados Unidos.



A protensão é uma técnica que consiste em tensionar cabos de aço dispostos ao longo do eixo longitudinal das vigas de concreto. Com isso, a estrutura se torna mais estável e resistente, principalmente contra elevados esforços de tração.

A verticalização, a conexão e a iluminação das cidades de hoje devem muito à protensão. Grandes estruturas, pontes com vãos de até 300 metros e barragens para a construção de hidrelétricas são alguns dos exemplos da importância que o concreto protendido adquiriu no século passado.

## EUGENE FREYSSINET

Engenheiro francês, nascido em 1879, foi pioneiro no uso do concreto protendido em pontes, no fim da primeira metade do século passado. A ponte de Luzancy, sobre o Rio Marne, na França, em 1945 e a Ponte do Galeão, no Rio,

em 1948 (primeira das Américas) são alguns dos seus projetos mais emblemáticos.

Antes da construção da Ponte do Galeão, os passageiros que chegavam ao Rio precisavam tomar uma lancha da Ilha do Governador para chegar à cidade. A princípio, seriam construídas duas pontes: uma ligando o continente à Ilha do Fundão e a outra, da Ilha do Fundão à Ilha do Governador. Os projetos já estavam sendo desenvolvidos quando chegou a informação de que pontes estavam sendo construídas na Europa em concreto protendido.

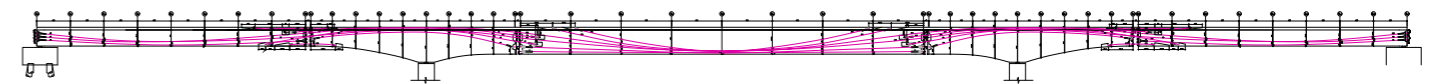


*Ponte antiga do Galeão (1948)*

*Primeira nas Américas*



# ENGEROD



Através da história, o desenvolvimento das cidades e nações tem sido sempre condicionado à capacidade de transportar riquezas e pessoas com rapidez, segurança e economia. Nesta função as vias urbanas, rodovias e ferrovias desempenham papel fundamental.

Fundada em 1972, a Engerod coordenou e desenvolveu dezenas de projetos executivos, serviços de consultoria, assessoria técnica à construção e supervisão de obras na área de transportes, para diversos órgãos governamentais e construtoras brasileiras.

Com a reestruturação de seu quadro diretor em 1991, a empresa concentrou-se no setor de obras de arte especiais, com ênfase na utilização do concreto protendido. Detentora de

“software” próprio e exclusivo, voltado para análise de estruturas de grande porte e dispondo de técnicos com longa e sólida experiência, a empresa orgulha-se de acumular em seu currículo um expressivo elenco de pontes, viadutos e obras especiais. Mais recentemente, podemos citar os projetos das obras de arte na Av. Ayrton Senna (com cerca de 24.000 m<sup>2</sup>), no alargamento da Av. Brasil e no Teleporto do Rio de Janeiro, onde se destaca a passarela estaiada sobre a Av. Presidente Vargas.

Para a Engerod, apoiar esta publicação é motivo de honra e satisfação, certos de que com isso, face à seriedade e importância do tema, estamos contribuindo de modo significativo para o enriquecimento técnico da Engenharia Nacional.



## DRONE

A ENGEROD trabalha em parceria com a SVA – Soluções com Veículos Autônomos para utilizar Drones como ferramenta para filmagens aéreas, acompanhamento de obras e vistorias técnicas de estruturas.

As inspeções com Drone são mais seguras, rápidas e acessíveis que métodos convencionais, que normalmente envolvem montar um andaime, interditar uma determinada área, escalar a equipe, montar equipamento de rapel e outras complicações.

Os equipamentos podem ficar prontos para voo em questão de minutos e chegam facilmente a locais de acesso complicado, não sendo necessário arriscar a vida de profissionais e possibilitando uma alta periodicidade de inspeções, tudo isso com uma economia significativa nos custos da empresa.

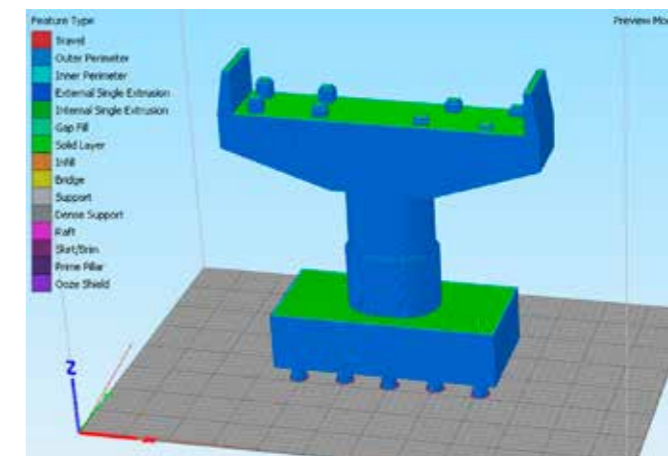
Com os Drones também é possível obter imagens aéreas 360° para a criação de ambientes virtuais interativos. Estes ambientes virtuais podem ser visualizados com óculos de realidade virtual ou em dispositivos de uso mais comum como celulares e computadores.



## APOIO AO PROJETO COM IMPRESSÃO 3D

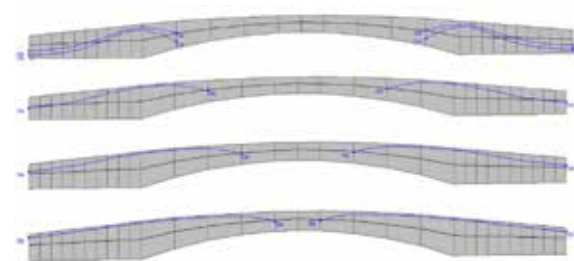
A Engerod possui equipamento de impressão 3d que auxilia e materializa estudos geométricos, principalmente quando a estrutura apresenta complexidade em virtude, por exemplo, de curvas reversas, rampas e inclinações transversais (superelevação), como foi o caso do Viaduto de Austin. O modelo impresso representou com fidelidade, em medida escalonada (1:50), as alturas dos berços de apoio, as cunhas e as regularizações do talão superior das vigas, além dos elementos de lajes pré-moldadas, vigas, encontros e apoios intermediários.

Esse recurso pode ser utilizado ainda auxiliando as equipes de campo na montagem de estruturas metálicas, demonstração de métodos construtivos e na representação de geometrias mais complexas.

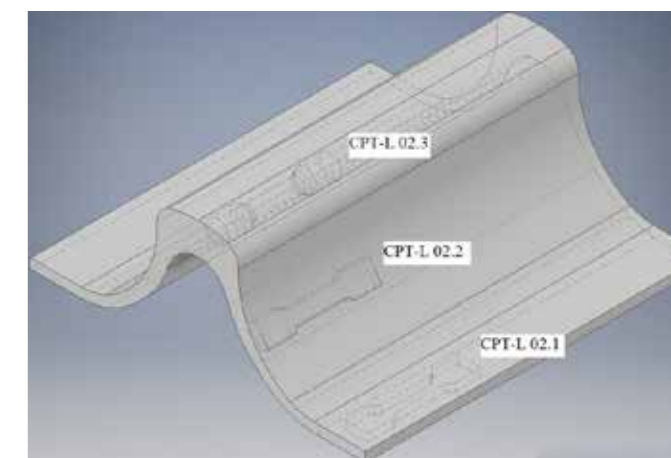
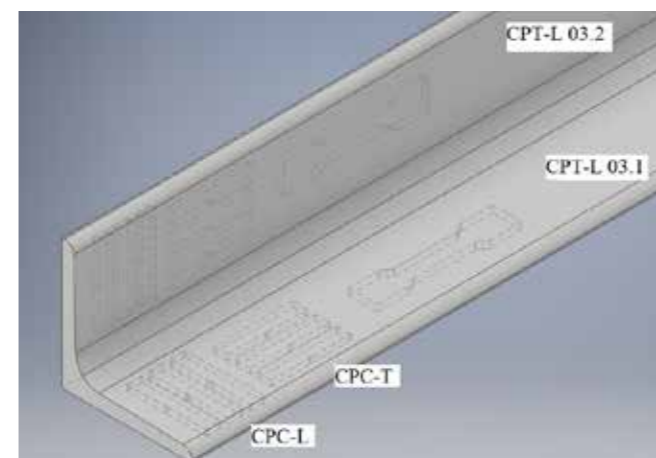
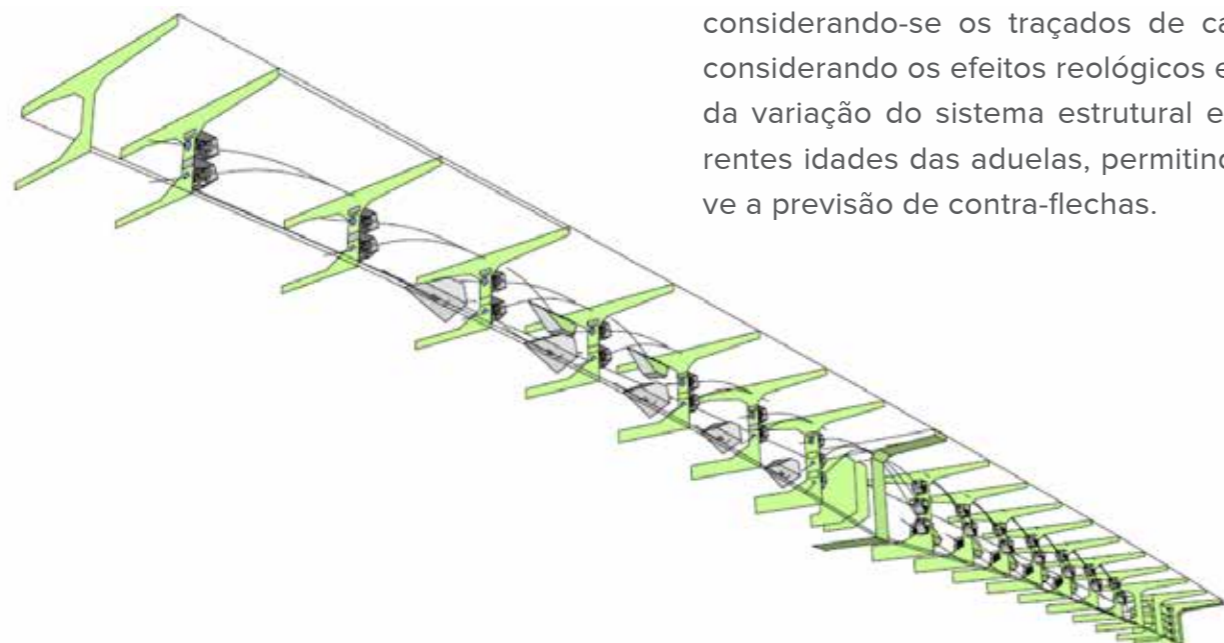


## ANÁLISE ESTRUTURAL E DIMENSIONAMENTO DE PONTES EM BALANÇOS SUCESSIVOS

A ENGEROD desenvolveu e vem aplicando continuamente o ANESP; sistema computacional para análise, verificação e dimensionamento de pontes construídas em balanços sucessivos. Atualmente o ANESP conta com cerca de 2 dezenas de pontes em balanços progressivos, tanto rodoviárias como ferroviárias; projetadas para diferentes empresas construtoras.



O sistema permite a modelagem integral de superestrutura, mesoestrutura e infraestrutura e considera inclusive a interação solo-estrutura. A análise estrutural e a verificação de tensões são efetuadas em todas as fases de sucessivos sistemas estruturais abertos a cada produção de aduelas protendidas até as últimas aduelas de fecho da superestrutura. Todas as linhas de influência de seções de super e mesoestrutura são geradas, integradas e carregadas para determinação das envoltórias de dimensionamento e verificações a partir da análise das diversas combinações de solicitações concomitantes. A protensão é modelada considerando-se os traçados de cada cabo, considerando os efeitos reológicos em função da variação do sistema estrutural e das diferentes idades das aduelas, permitindo inclusive a previsão de contra-flechas.



## INTERFACE COM UNIVERSIDADES FEDERAIS

Por meio de suas sucessivas diretorias, a ENGEROD manteve sempre boa interface com as principais Universidades Federais do Rio de Janeiro, permitindo assim a realização de ensaios especiais de caracterização dos materiais estruturais.

Na recuperação da ponte do Desengano, tais ensaios foram decisivos ao demonstrar que a estrutura metálica era composta por “ferro puddado”, precursor do aço moderno, cuja fragilidade para ligações soldadas só foi diagnosticada após exames metalográficos.





*Janina F. Ruiz*

# PONTES EM VIGAS PRÉ-MOLDADAS

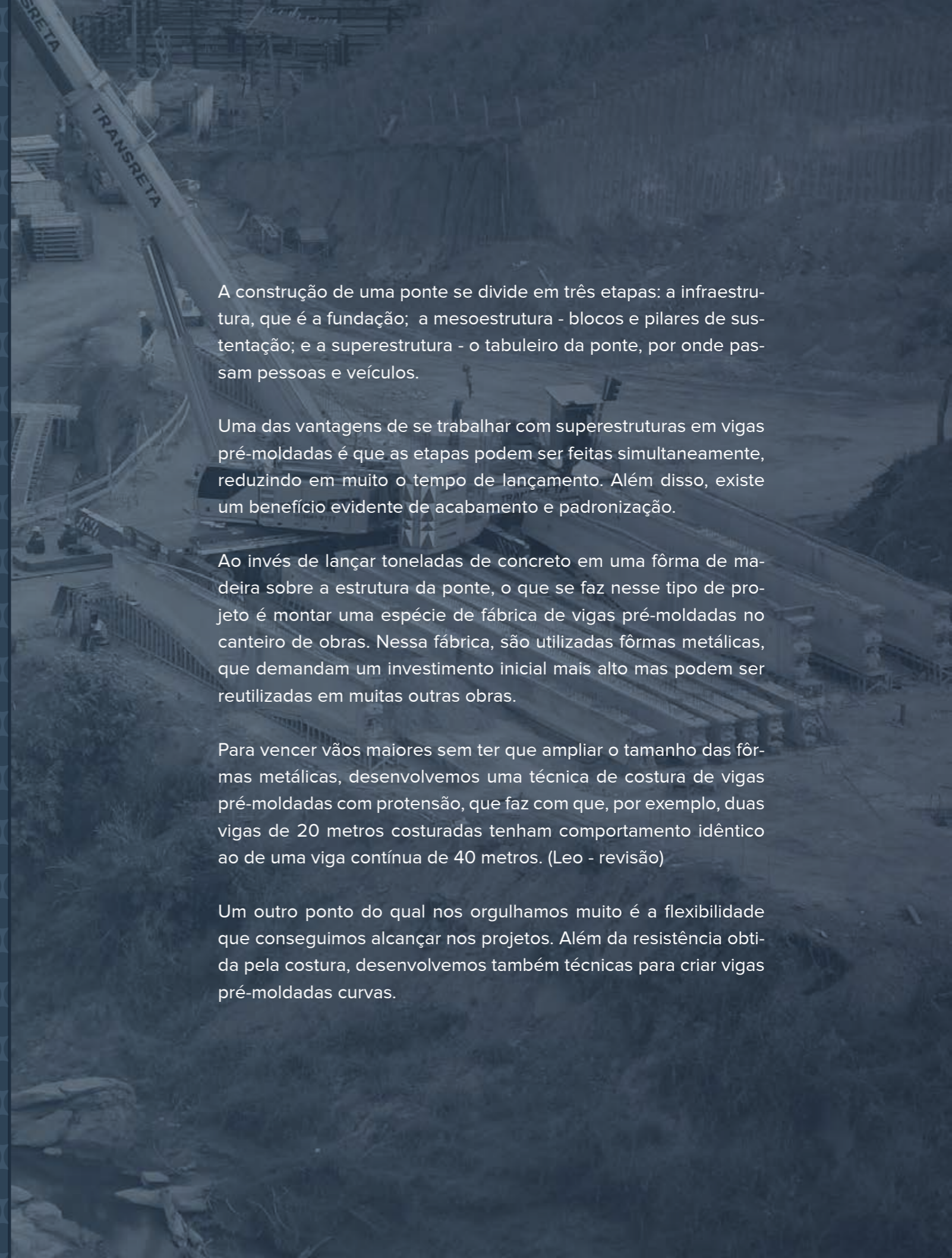
A construção de uma ponte se divide em três etapas: a infraestrutura, que é a fundação; a mesoestrutura - blocos e pilares de sustentação; e a superestrutura - o tabuleiro da ponte, por onde passam pessoas e veículos.

Uma das vantagens de se trabalhar com superestruturas em vigas pré-moldadas é que as etapas podem ser feitas simultaneamente, reduzindo em muito o tempo de lançamento. Além disso, existe um benefício evidente de acabamento e padronização.

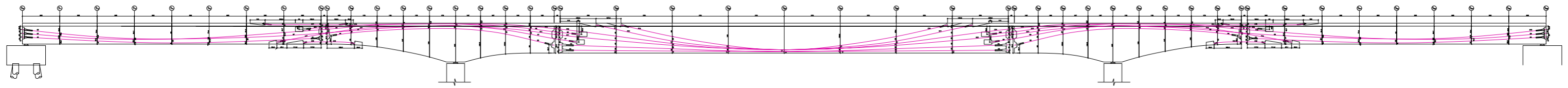
Ao invés de lançar toneladas de concreto em uma fôrma de madeira sobre a estrutura da ponte, o que se faz nesse tipo de projeto é montar uma espécie de fábrica de vigas pré-moldadas no canteiro de obras. Nessa fábrica, são utilizadas fôrmas metálicas, que demandam um investimento inicial mais alto mas podem ser reutilizadas em muitas outras obras.

Para vencer vãos maiores sem ter que ampliar o tamanho das fôrmas metálicas, desenvolvemos uma técnica de costura de vigas pré-moldadas com protensão, que faz com que, por exemplo, duas vigas de 20 metros costuradas tenham comportamento idêntico ao de uma viga contínua de 40 metros. (Leo - revisão)

Um outro ponto do qual nos orgulhamos muito é a flexibilidade que conseguimos alcançar nos projetos. Além da resistência obtida pela costura, desenvolvemos também técnicas para criar vigas pré-moldadas curvas.

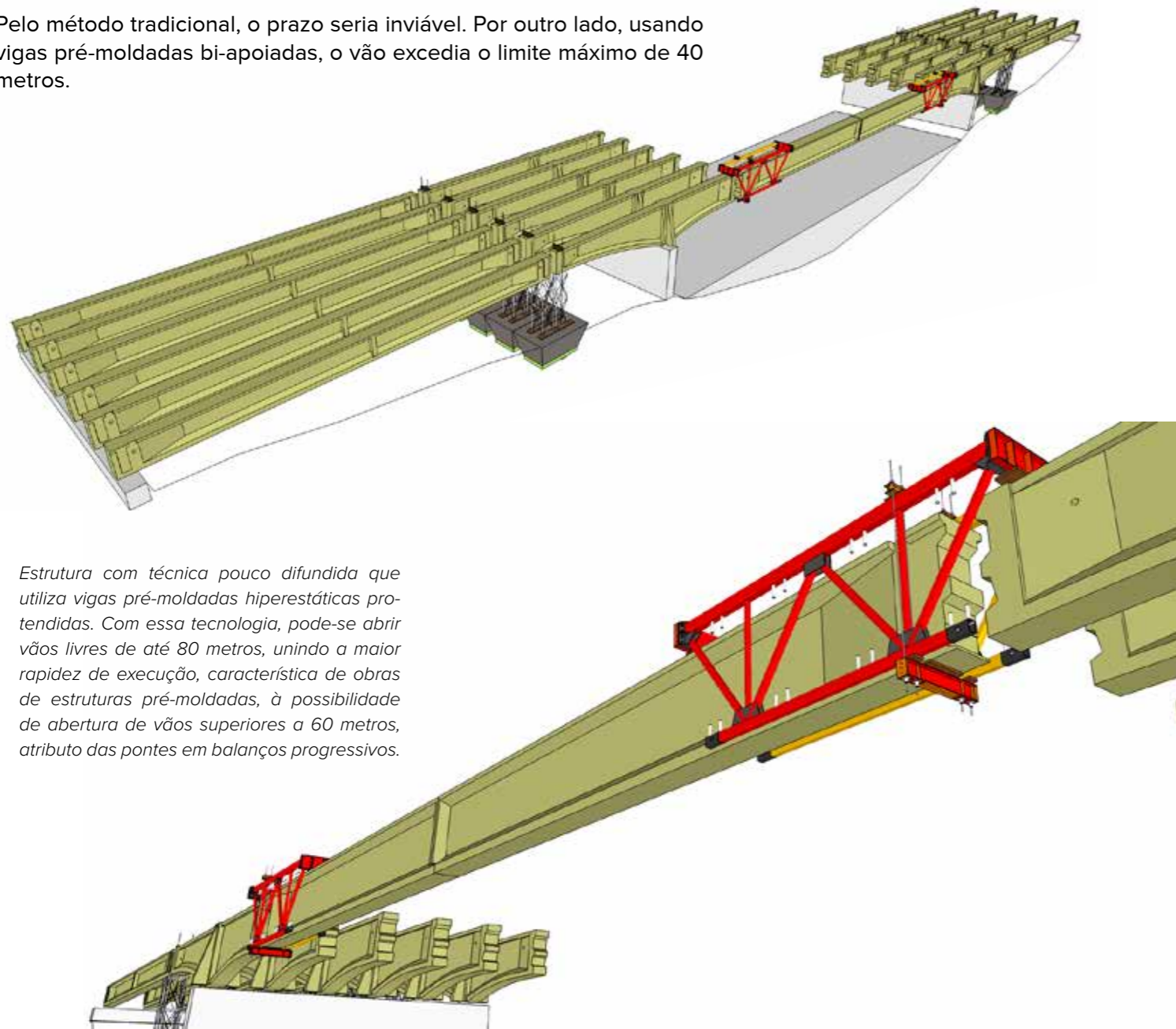






Após a enchente na Região Serrana do Rio de Janeiro em 2011, precisávamos desenvolver um projeto para vencer vão na faixa de 50 metros. O prazo para a execução da obra era de seis meses.

Pelo método tradicional, o prazo seria inviável. Por outro lado, usando vigas pré-moldadas bi-apoiadas, o vão excedia o limite máximo de 40 metros.



Estrutura com técnica pouco difundida que utiliza vigas pré-moldadas hiperestáticas protendidas. Com essa tecnologia, pode-se abrir vãos livres de até 80 metros, unindo a maior rapidez de execução, característica de obras de estruturas pré-moldadas, à possibilidade de abertura de vãos superiores a 60 metros, atributo das pontes em balanços progressivos.

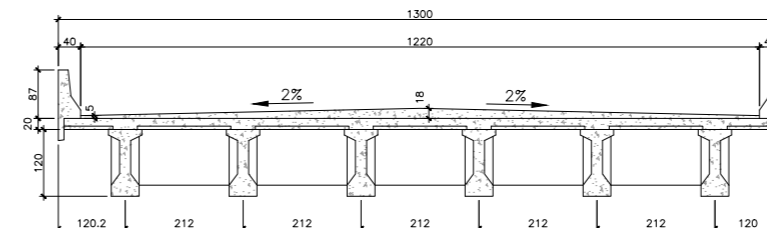
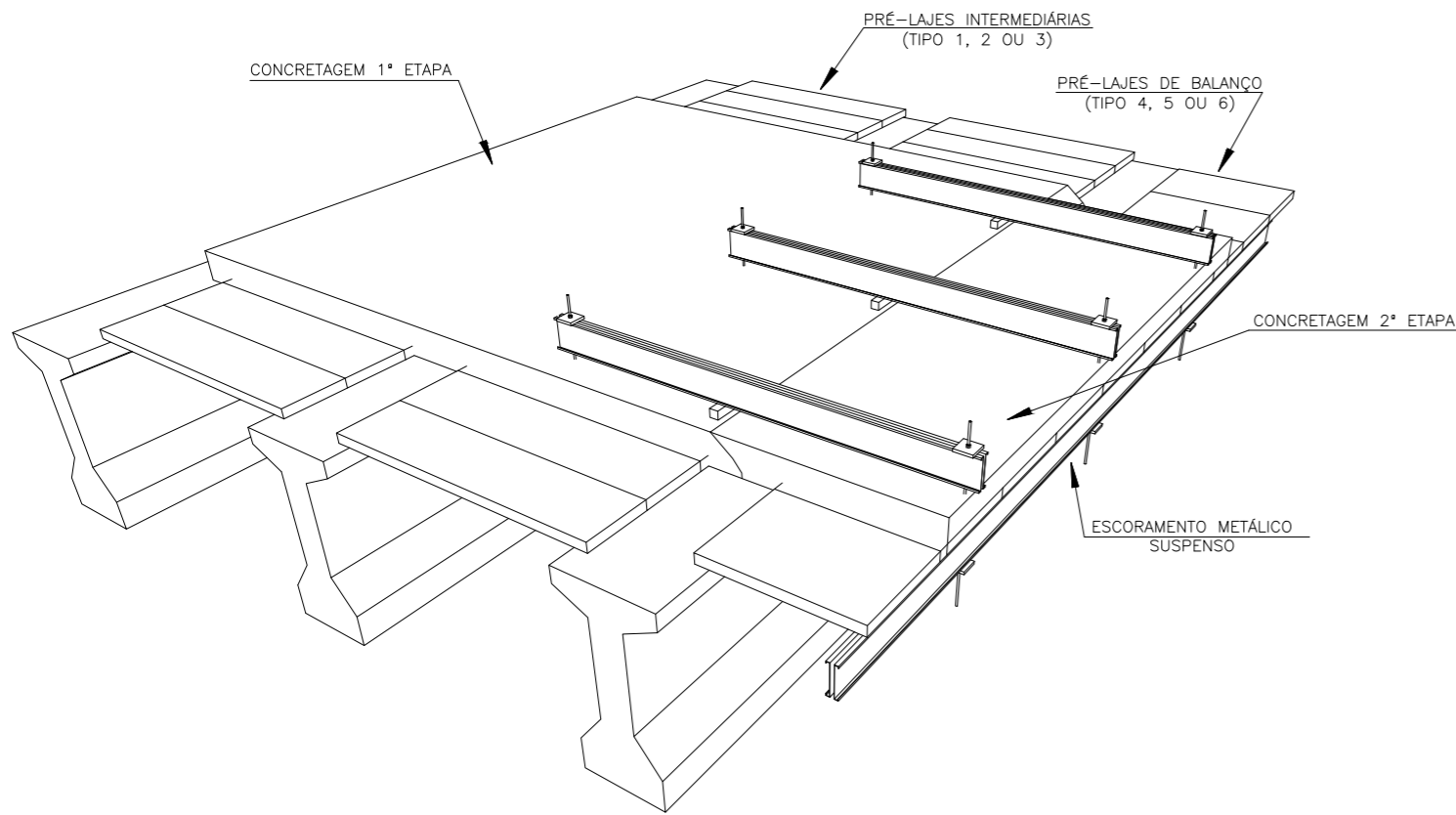
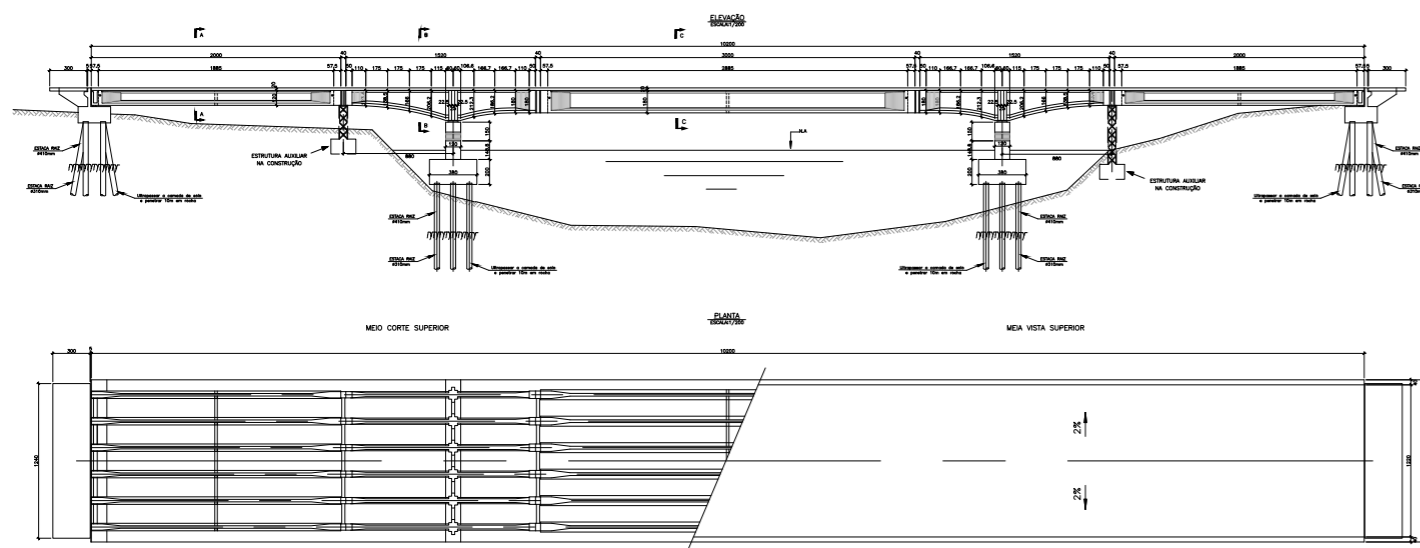


Imagem do pátio de concretagem das vigas pré-moldadas. Ao lado, seção transversal no vão central da ponte.



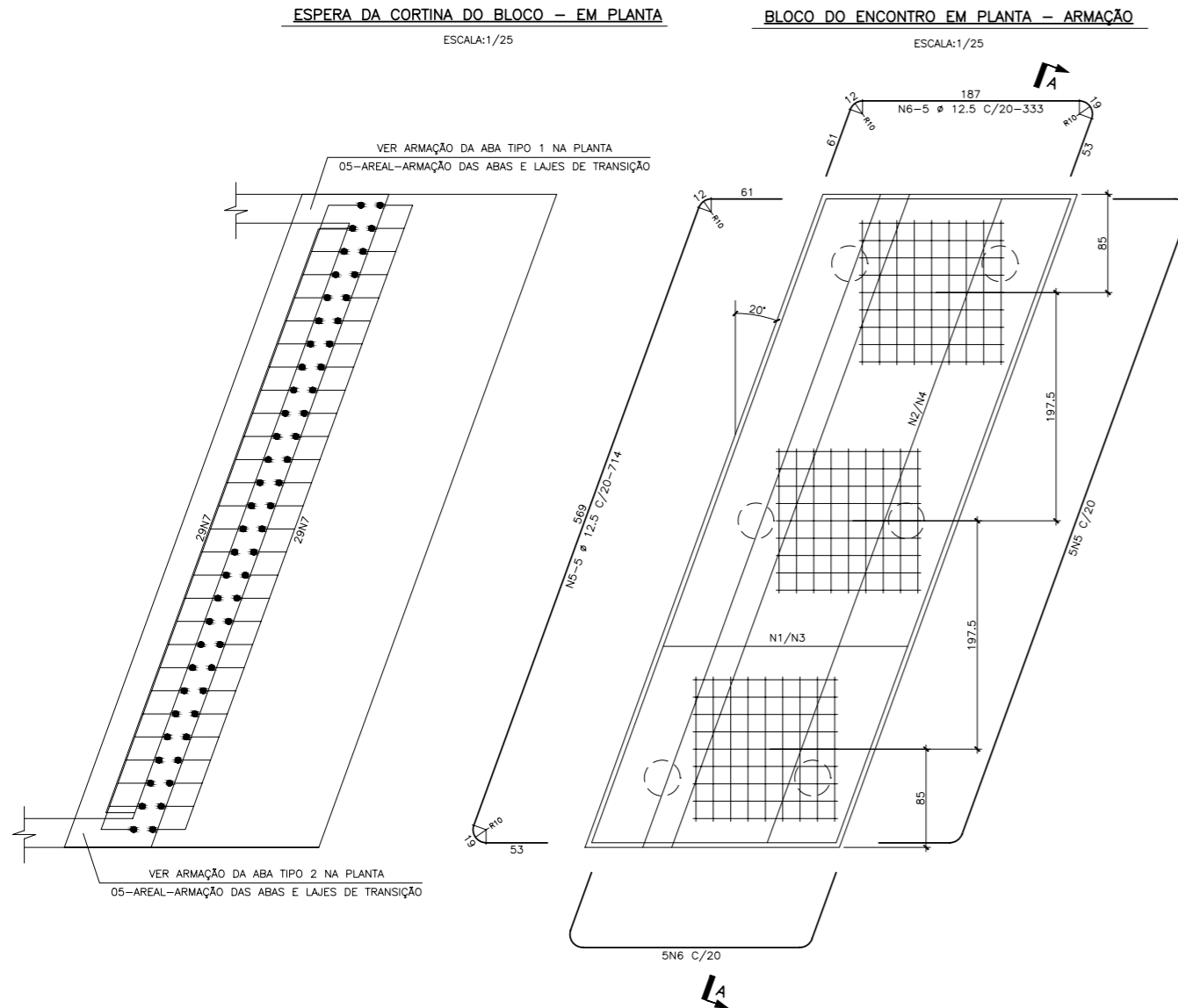
Acima, detalhe das etapas de concretagem das lajes com auxílio de escoramento metálico suspenso. Abaixo, vista em elevação e vista em planta da ponte nova de Manoel de Moraes.

Detalhe da ligação da viga central com as vigas de apoios com auxílio de "balancins" metálicos.

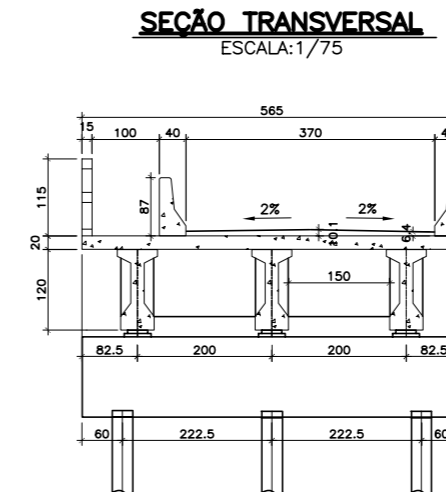




Solução em viga pré-moldada bi-apoiada. Para restabelecer a ligação entre Areal e a região de Angra dos Reis, o projeto e a execução foram realizados em regime emergencial em um prazo total de 3,5 meses.

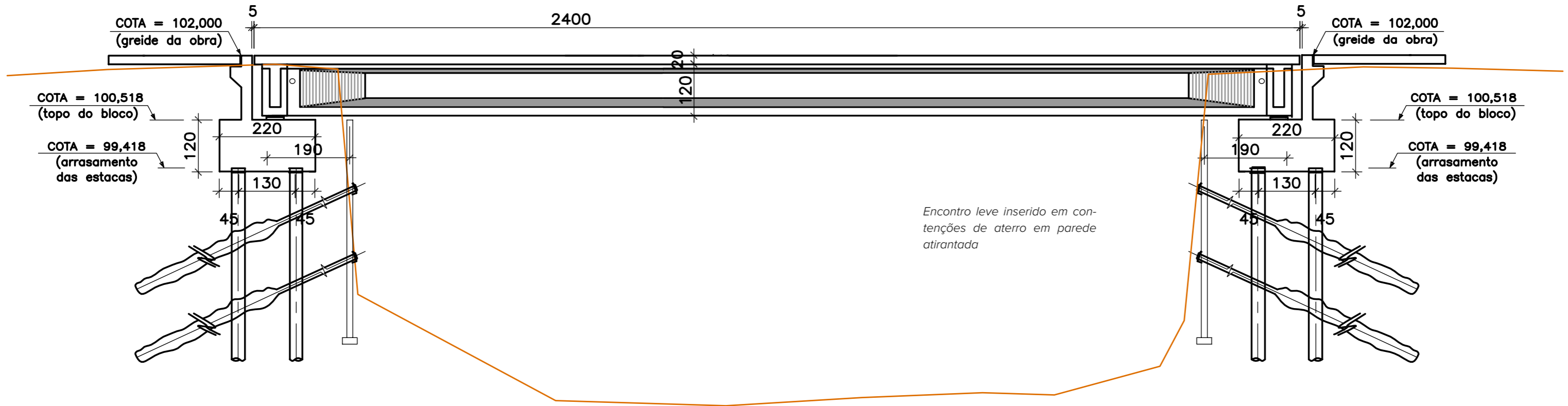


Detalhe das armaduras dos blocos de coroamento do encontro com esconsidade significativa.



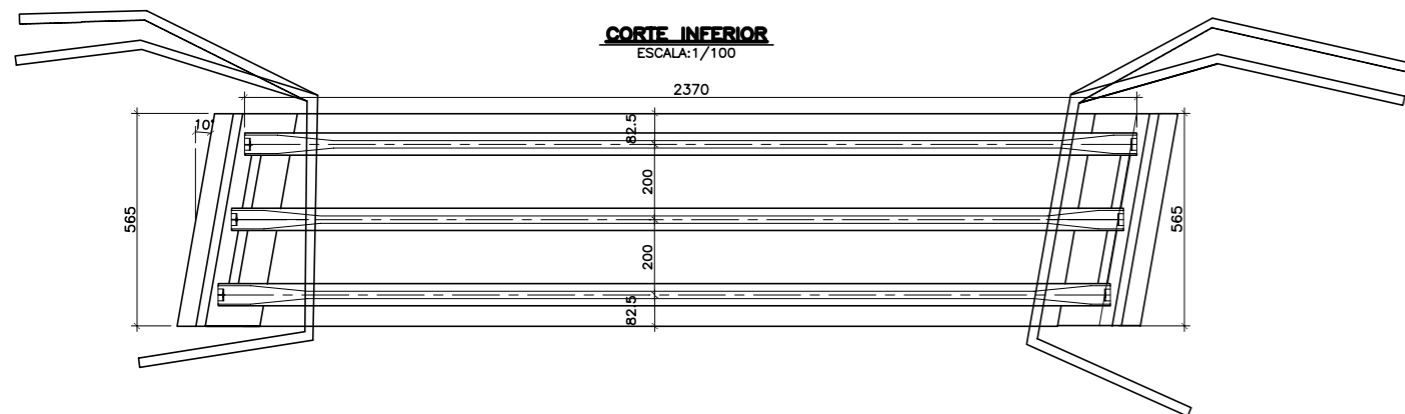
Seção transversal típica de ponte em via vicinal comportando a passagem de um veículo e de pedestre. Acima, lançamento das longarinas.

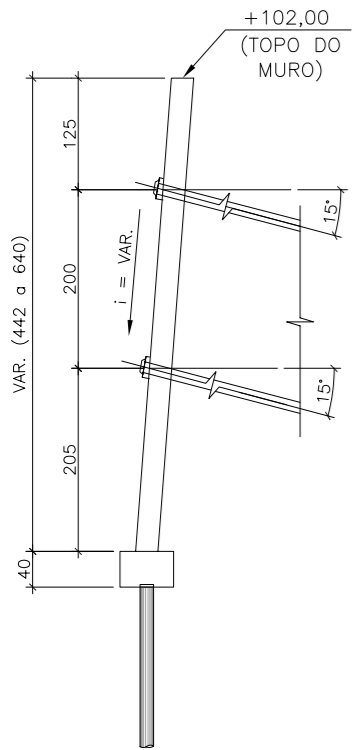
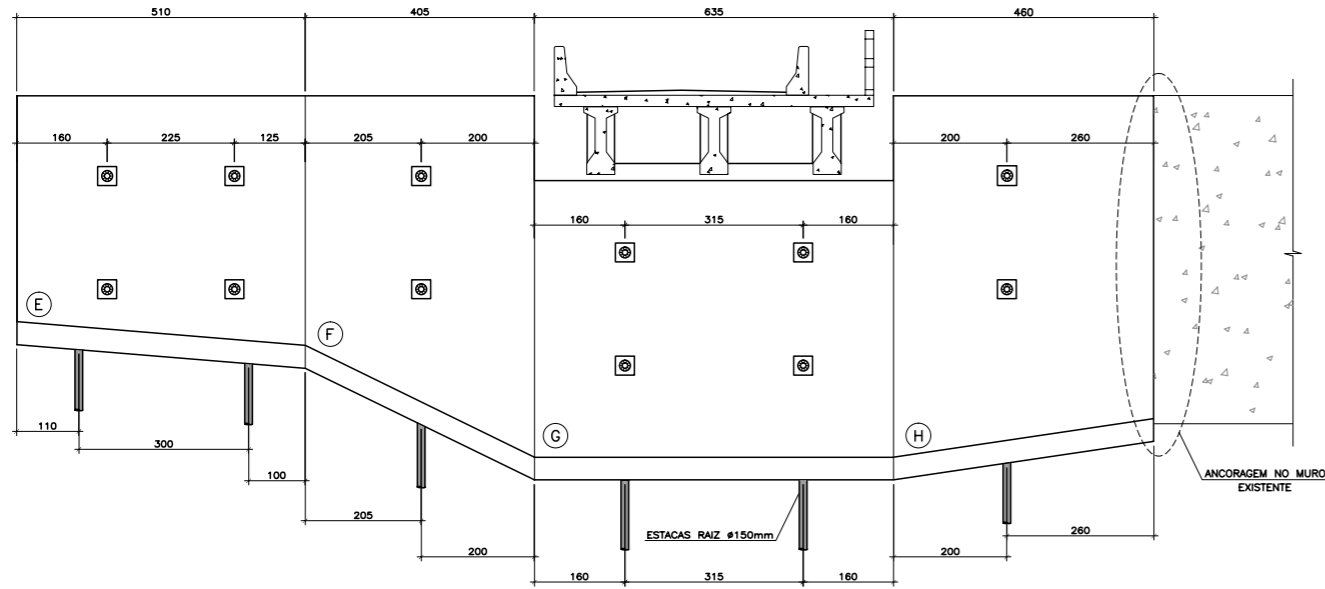




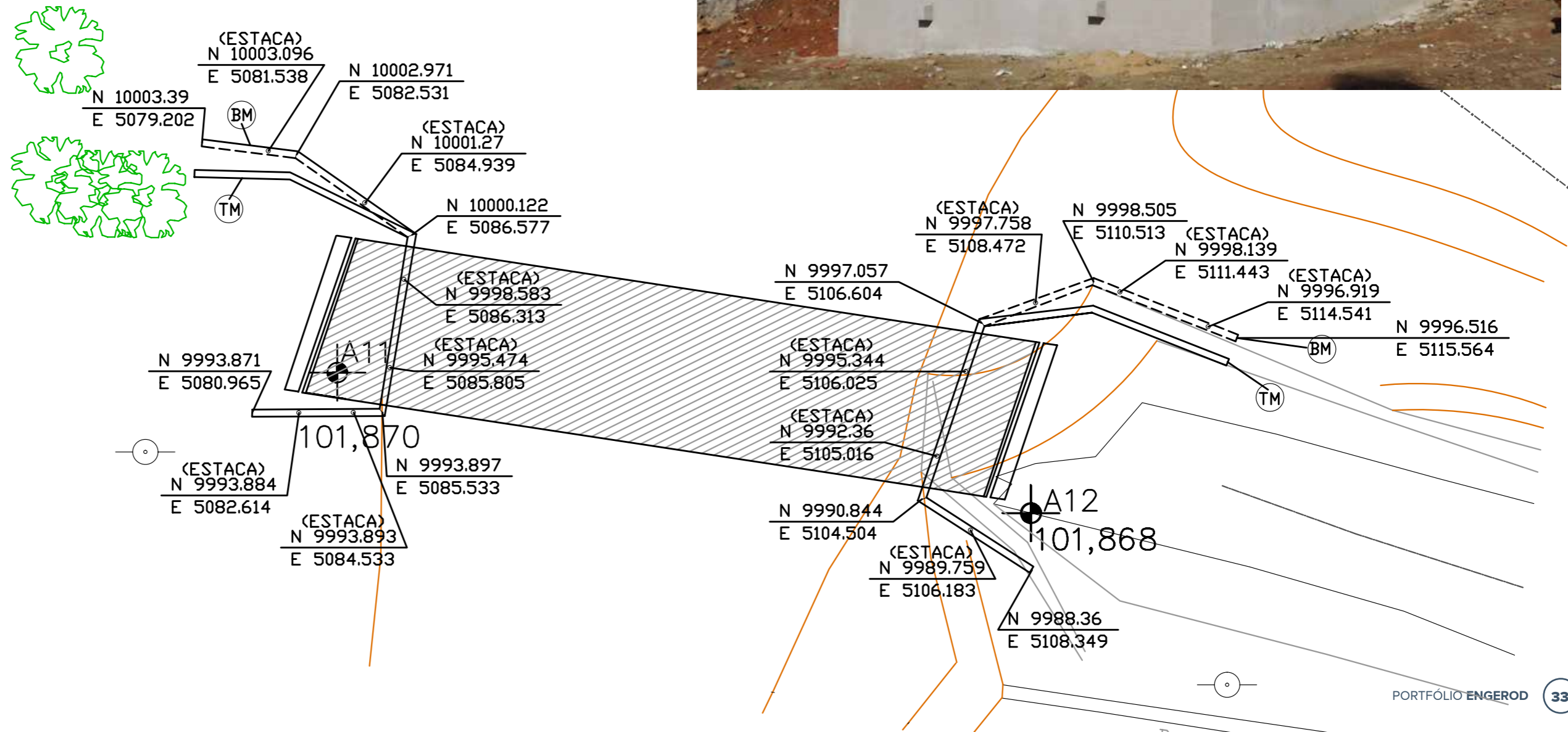
Solução tradicional em viga pré-moldada atendendo demanda de religação emergencial da localidade de Banqueta após cheia que destruiu a ponte original.

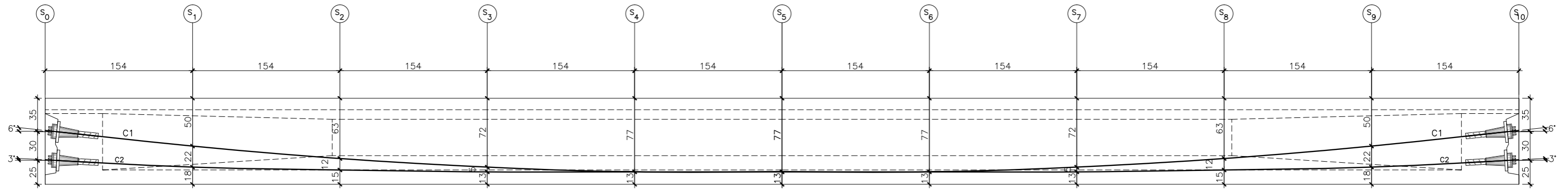
No nosso projeto, retiramos o pilar que existia na ponte antiga, deixando o seção hidráulica totalmente livre, sem qualquer interferência.





Detalhes das paredes estruturais de contenção





**SEÇÃO-S0**  
ESCALA: 1/25

**SEÇÃO-S1**  
ESCALA: 1/25

**SEÇÃO-S2**  
ESCALA: 1/25

**SEÇÃO-S3**  
ESCALA: 1/25

**SEÇÃO-S4**  
ESCALA: 1/25

**SEÇÃO-S5**  
ESCALA: 1/25

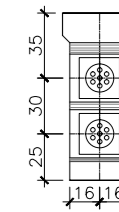
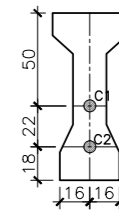
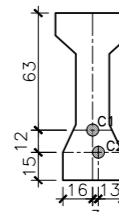
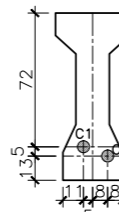
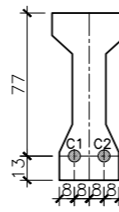
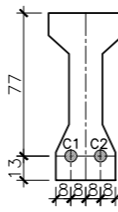
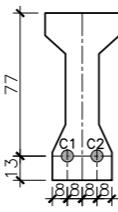
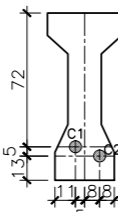
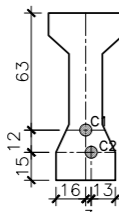
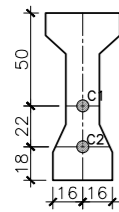
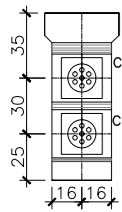
**SEÇÃO-S6**  
ESCALA: 1/25

**SEÇÃO-S7**  
ESCALA: 1/25

**SEÇÃO-S8**  
ESCALA: 1/25

**SEÇÃO-S9**  
ESCALA: 1/25

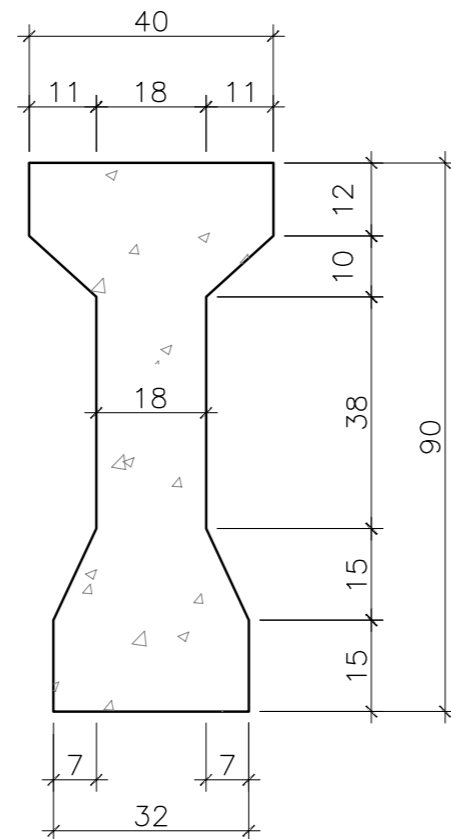
**SEÇÃO-S10**  
ESCALA: 1/25



Obra emergencial devido à ruptura súbita da ponte original.

Projeto desenvolvido para que a estrutura pudesse ser executada em duas etapas, de modo a manter o tráfego na rodovia, reduzindo impacto sobre população local e deslocamento na região.

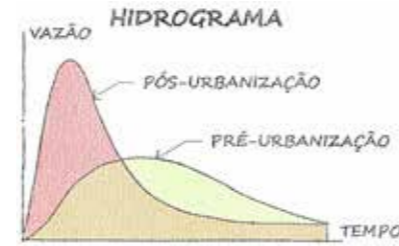
Para a superestrutura, foram utilizadas vigas pré-moldadas pós-tensionadas. Protensão toda aplicada em uma só etapa.



# PONTES EM VIGAS PRÉ-MOLDADAS ARQUEADAS

## INFLUÊNCIA DA URBANIZAÇÃO

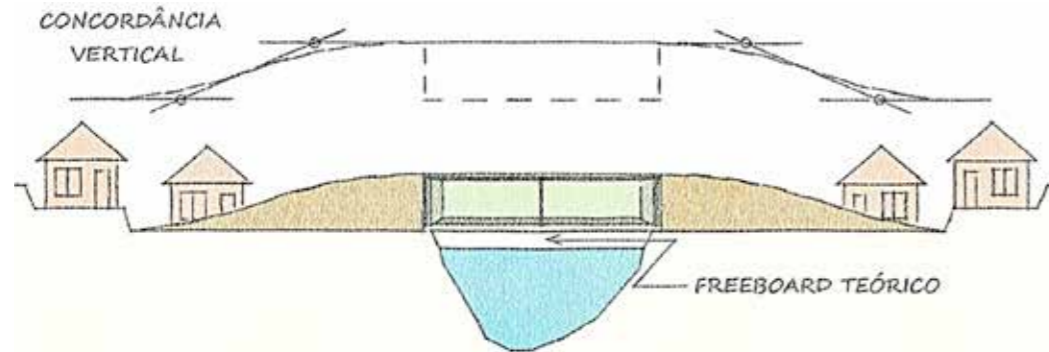
- Maior impermeabilização do solo
- Menor tempo de concentração das chuvas
- Maior volume escoado
- Maior pico de vazão



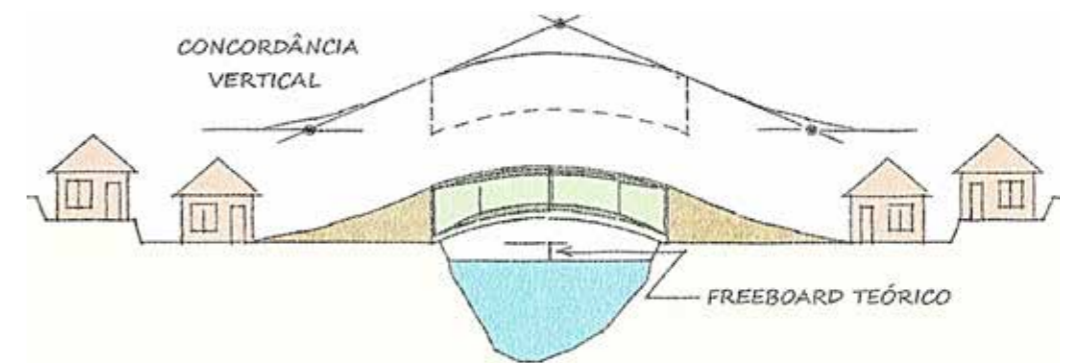
## SEÇÃO TRANSVERSAL DE RIO NAS CHEIAS



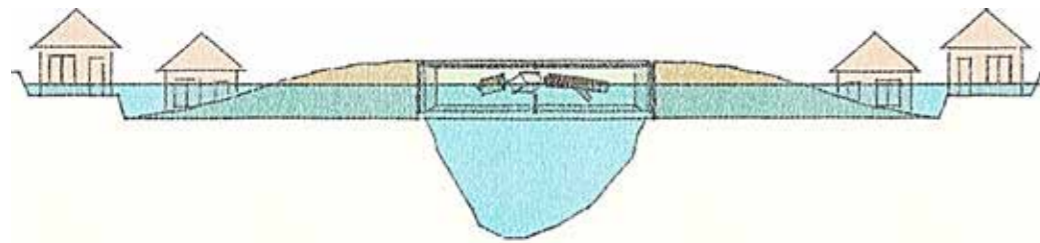
PONTE COM INFRADORSO RETO | **FREEBOARD** CONSTANTE, MAIOR ATERRO DE ACESSO E PIOR ESTÉTICA



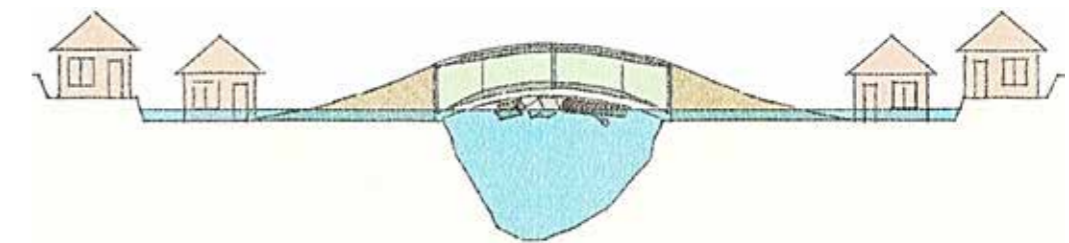
PONTE COM INFRADORSO ARQUEADO | MAIOR **FREEBOARD**, MENOR ATERRO DE ACESSO E MELHOR ESTÉTICA



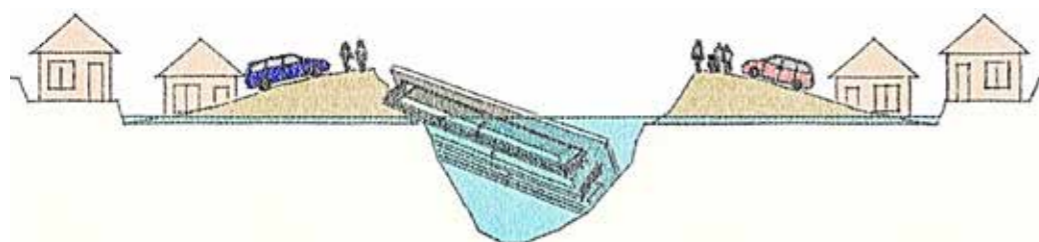
PONTE COM INFRADORSO RETO | MAIOR RISCO DE REPRESAMENTO NA CHEIA EXCEPCIONAL



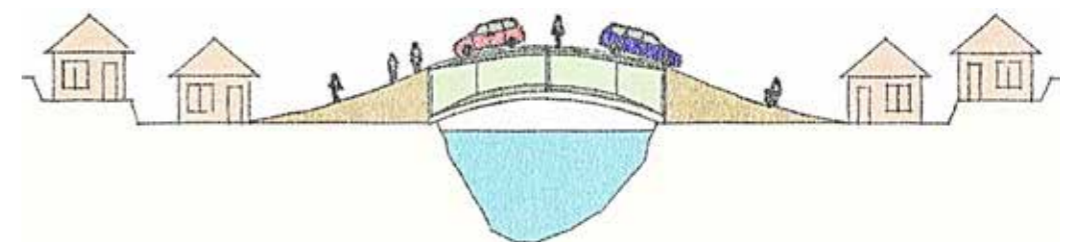
PONTE COM INFRADORSO ARQUEADO | MENOR RISCO DE REPRESAMENTO NA CHEIA EXCEPCIONAL

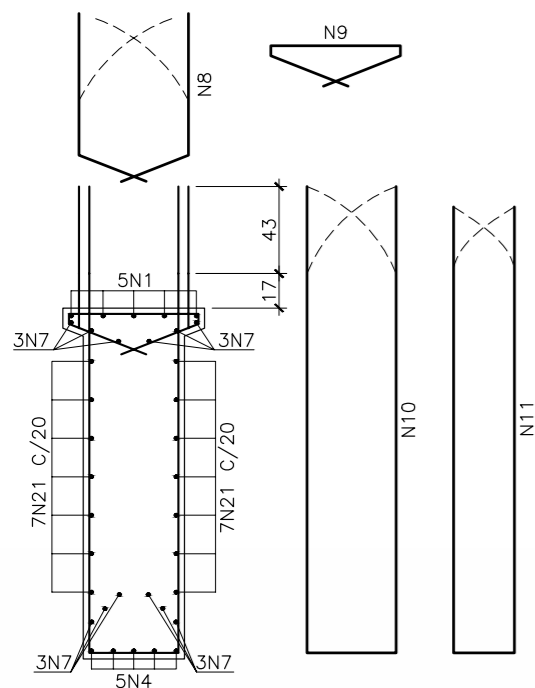
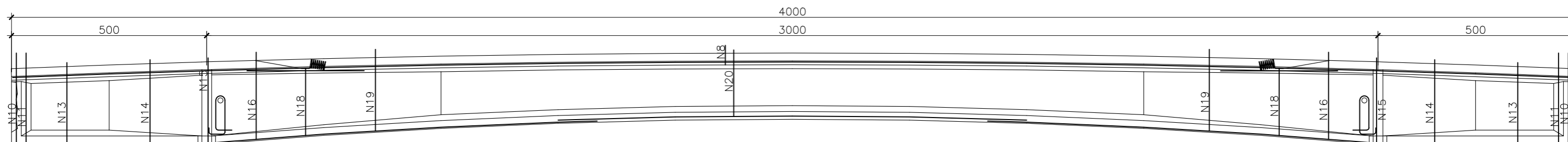


PONTE COM INFRADORSO RETO | MAIOR RISCO DE RUPTURA POR REPRESAMENTO



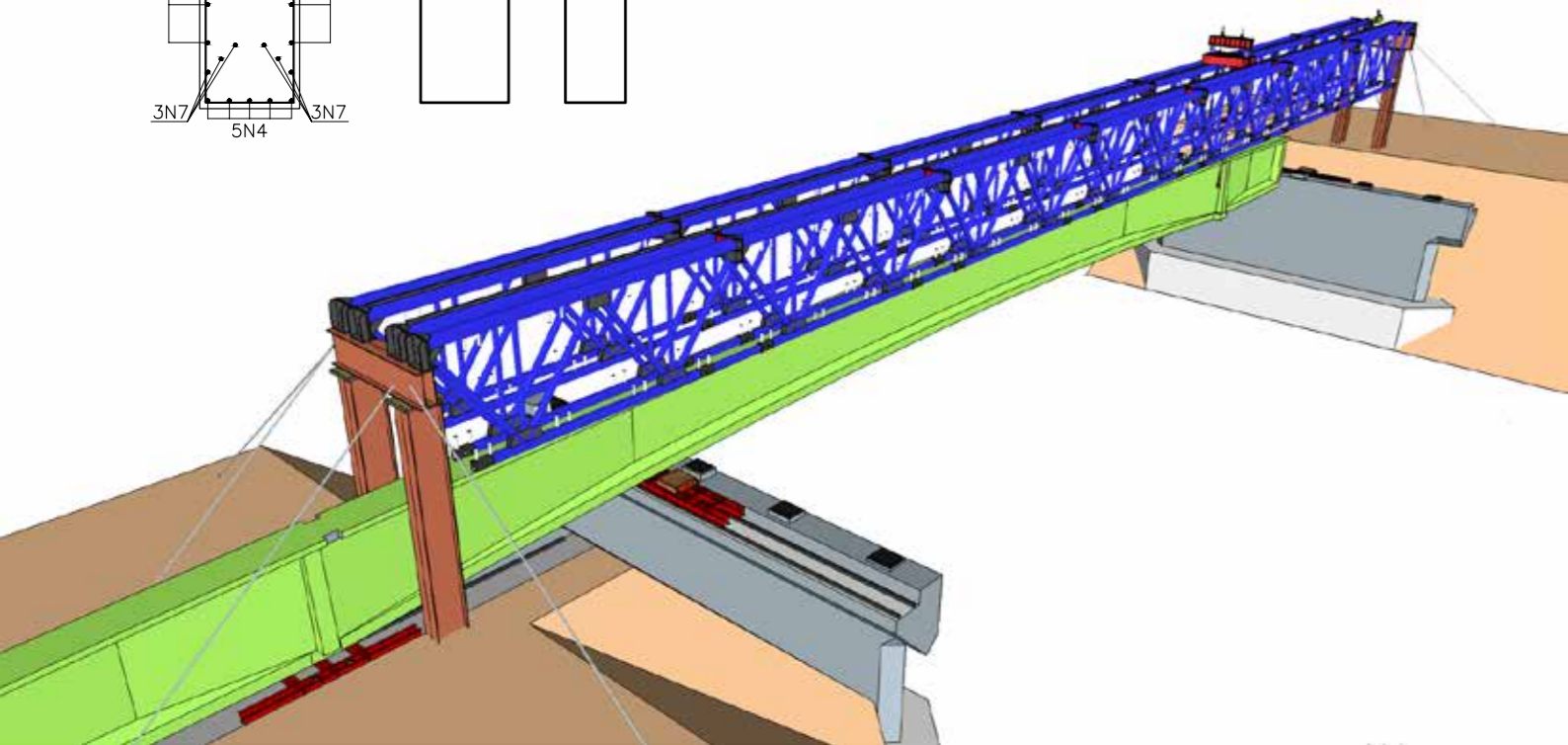
PONTE COM INFRADORSO ARQUEADO | MENOR RISCO DE RUPTURA POR REPRESAMENTO



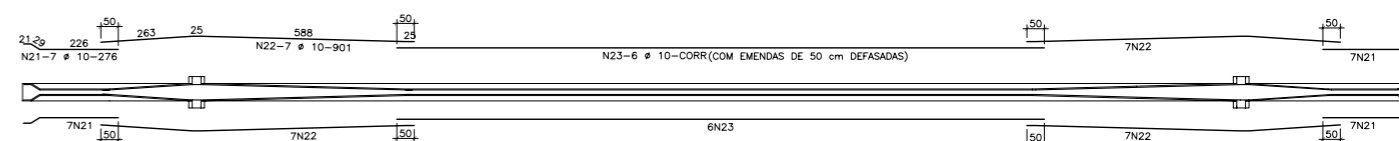


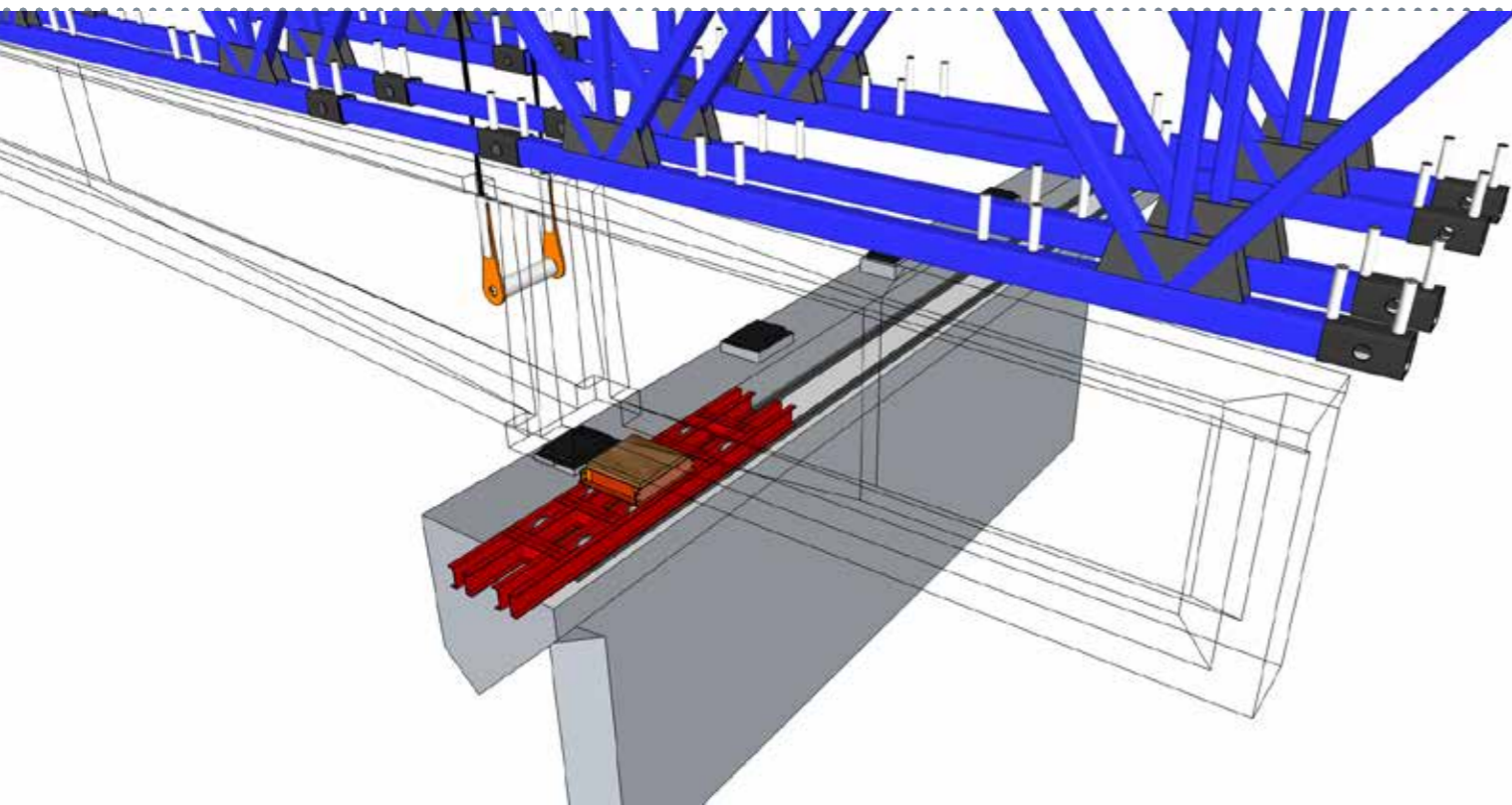
Ponte em superestrutura com vigas pré-moldadas arqueadas.

Solução única para transposição viária de rios em áreas ribeirinhas urbanizadas - redução significativa da elevação do nível dos trechos de acesso à ponte, evitando a necessidade de desapropriações.

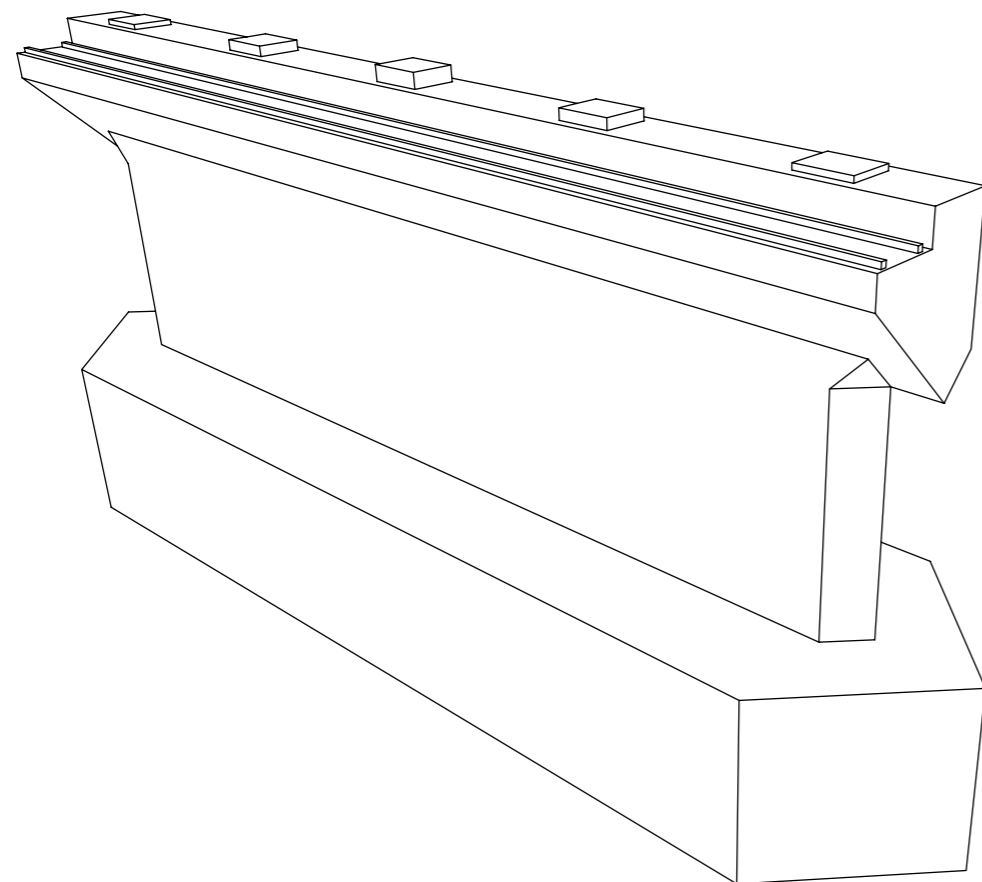
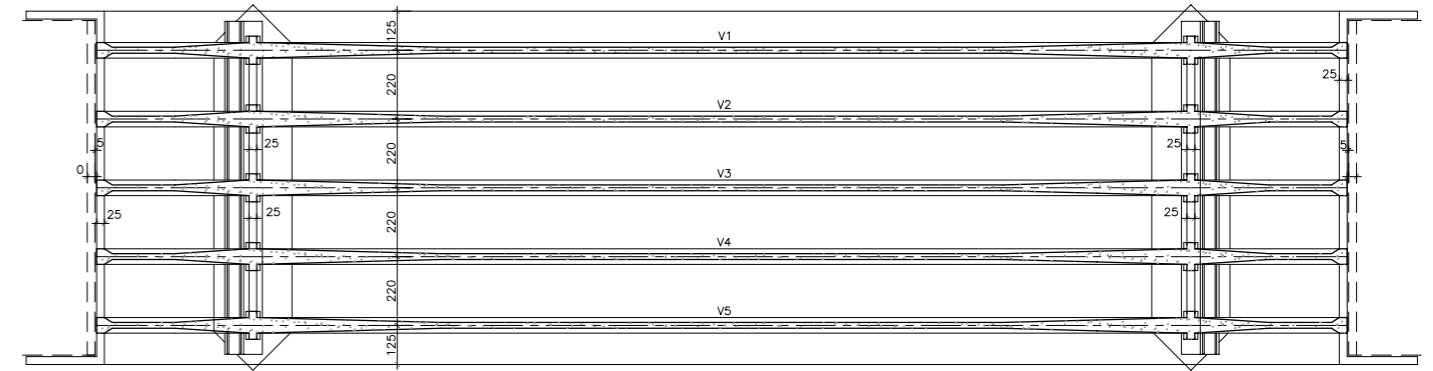


Construção de ponte sobre o Rio Grande, no município de Bom Jardim para a Fundação DER-RJ, em vigas arqueadas protendidas, pré-moldadas, lançadas com estrutura treliçada (2012).

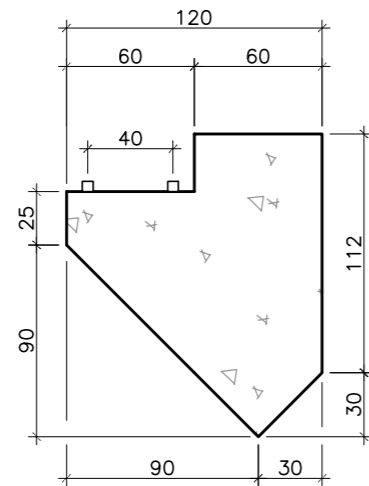
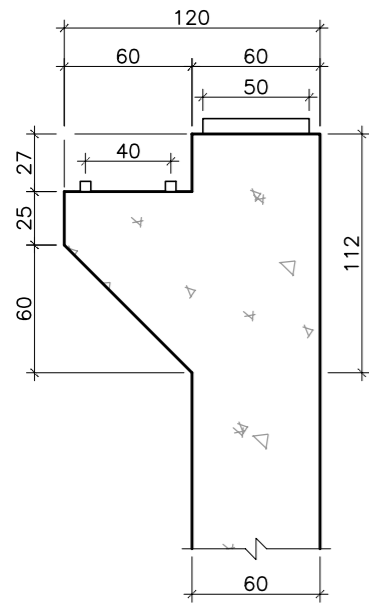
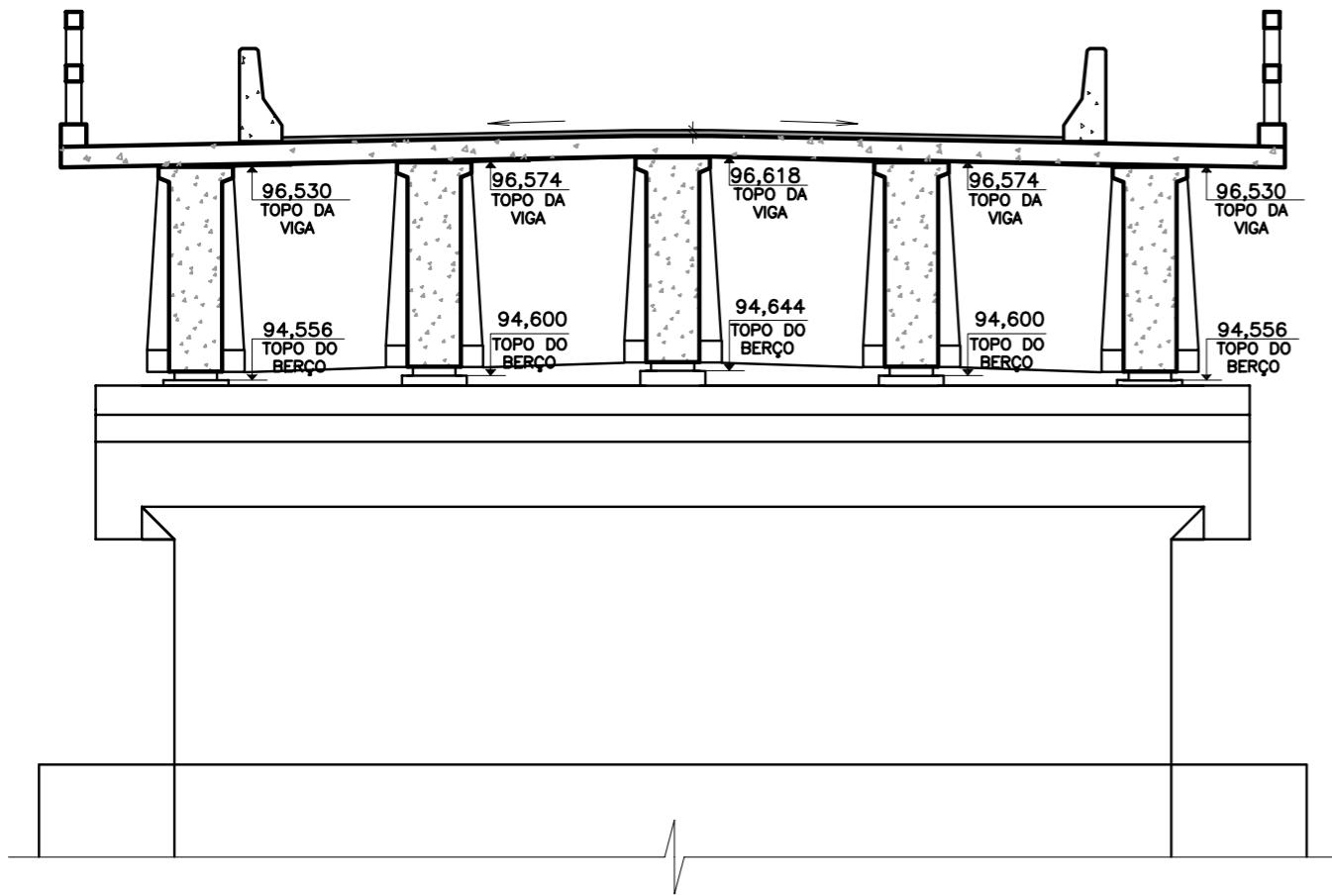




*Detalhe do deslocamento transversal da viga com 60t e 40m de vão.*

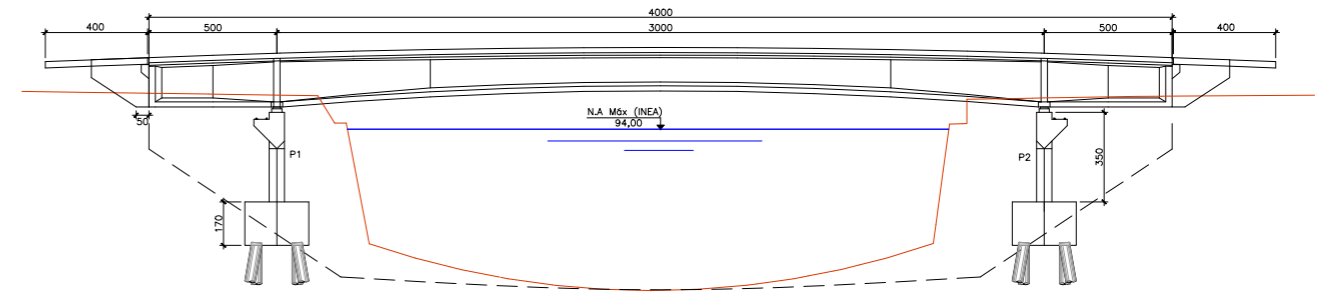


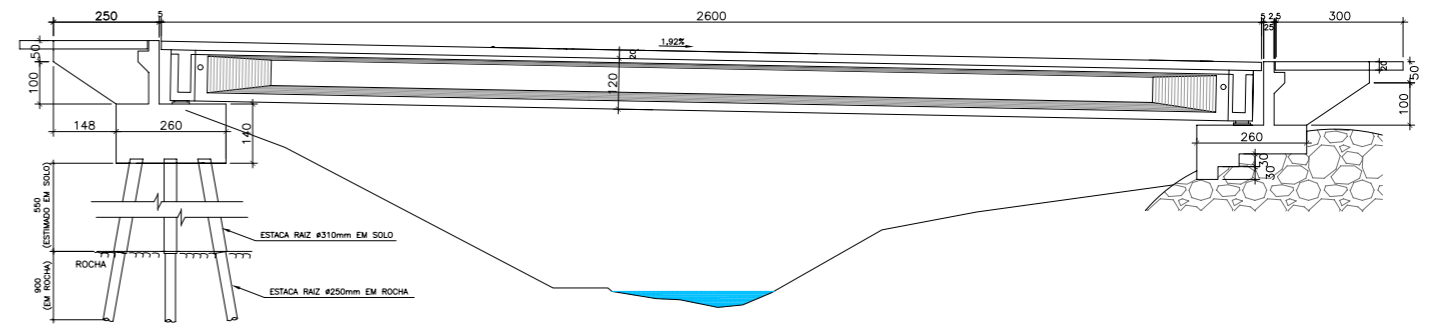
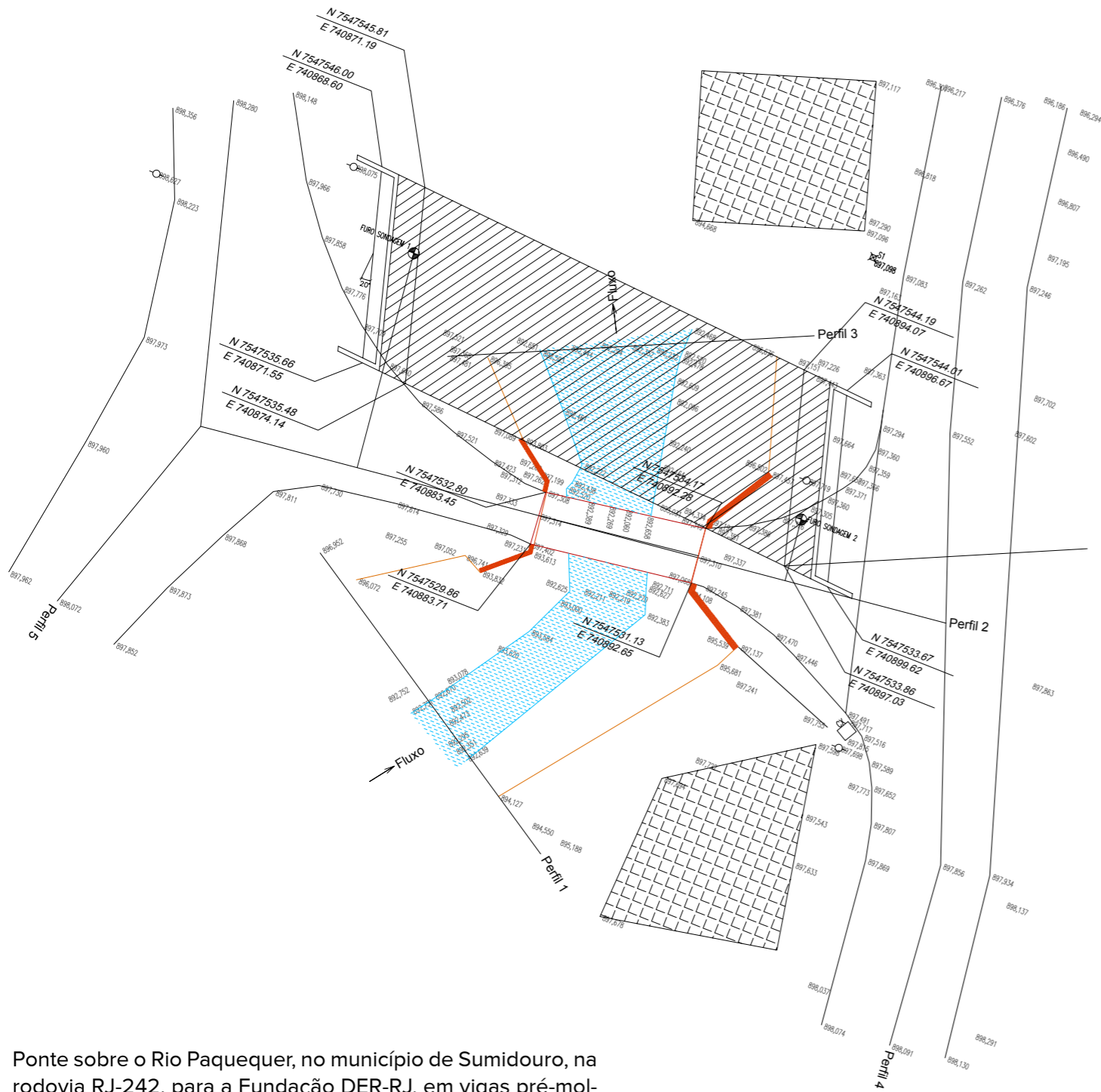




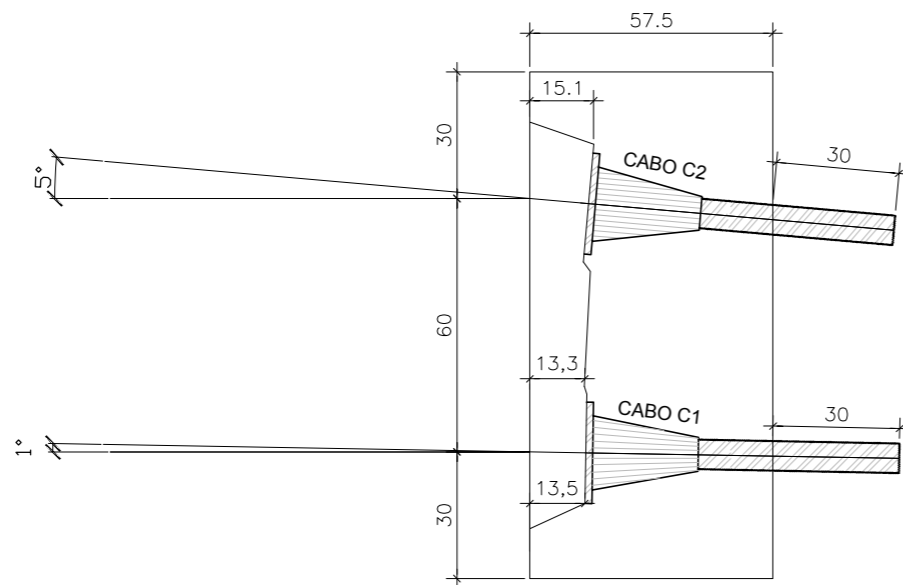
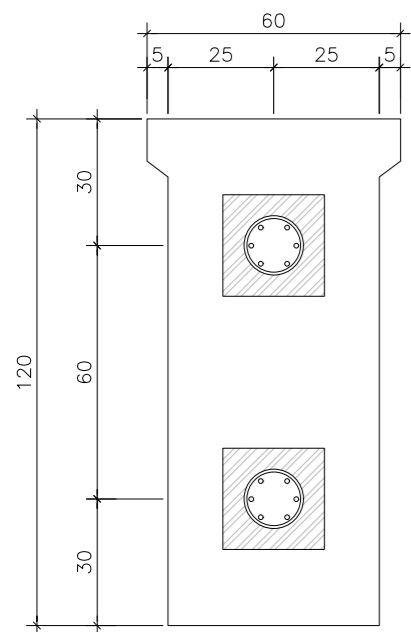
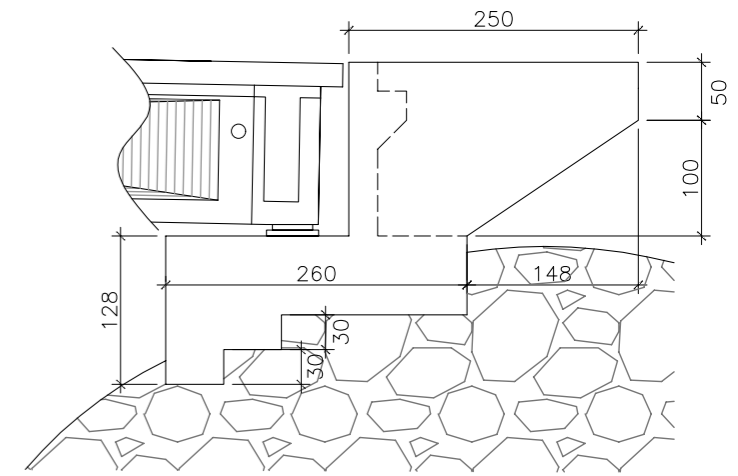
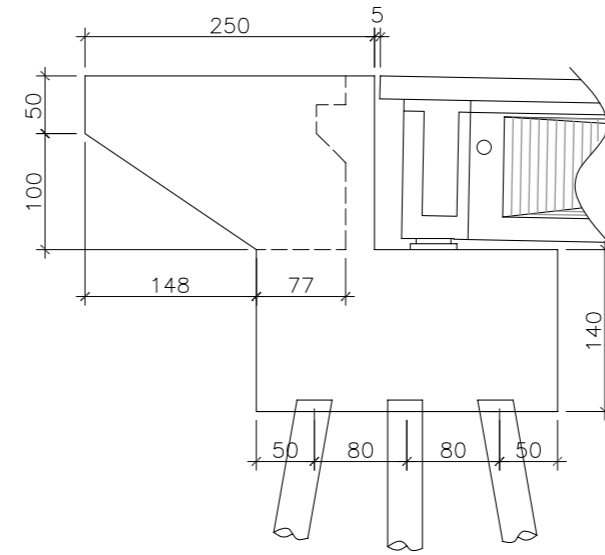
Fundo curvo de viga pré-fabricada: Maior seção de vazão e melhor resultado estético.

Detalhe de console para ripagem das vigas (checar com Ricardo)





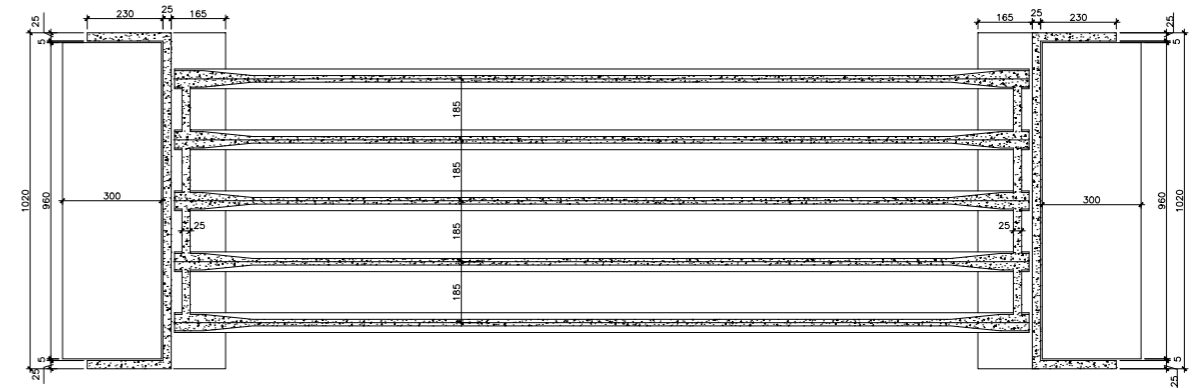
Ponte sobre o Rio Paquequer, no município de Sumidouro, na rodovia RJ-242, para a Fundação DER-RJ, em vigas pré-moldadas protendidas (2012).



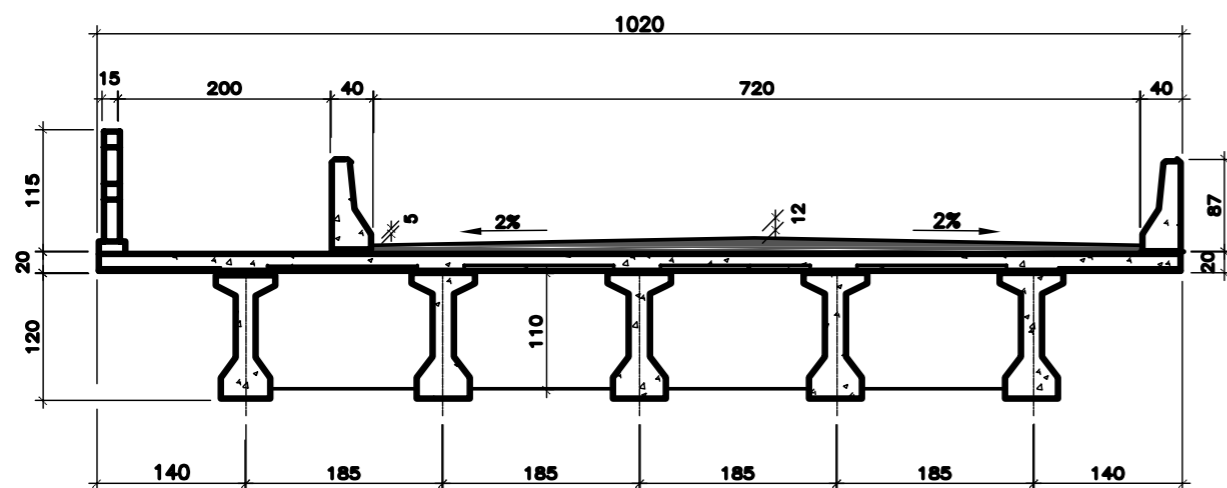
Projeto executivo de super-estrutura em vigas pré-moldadas protendidas.

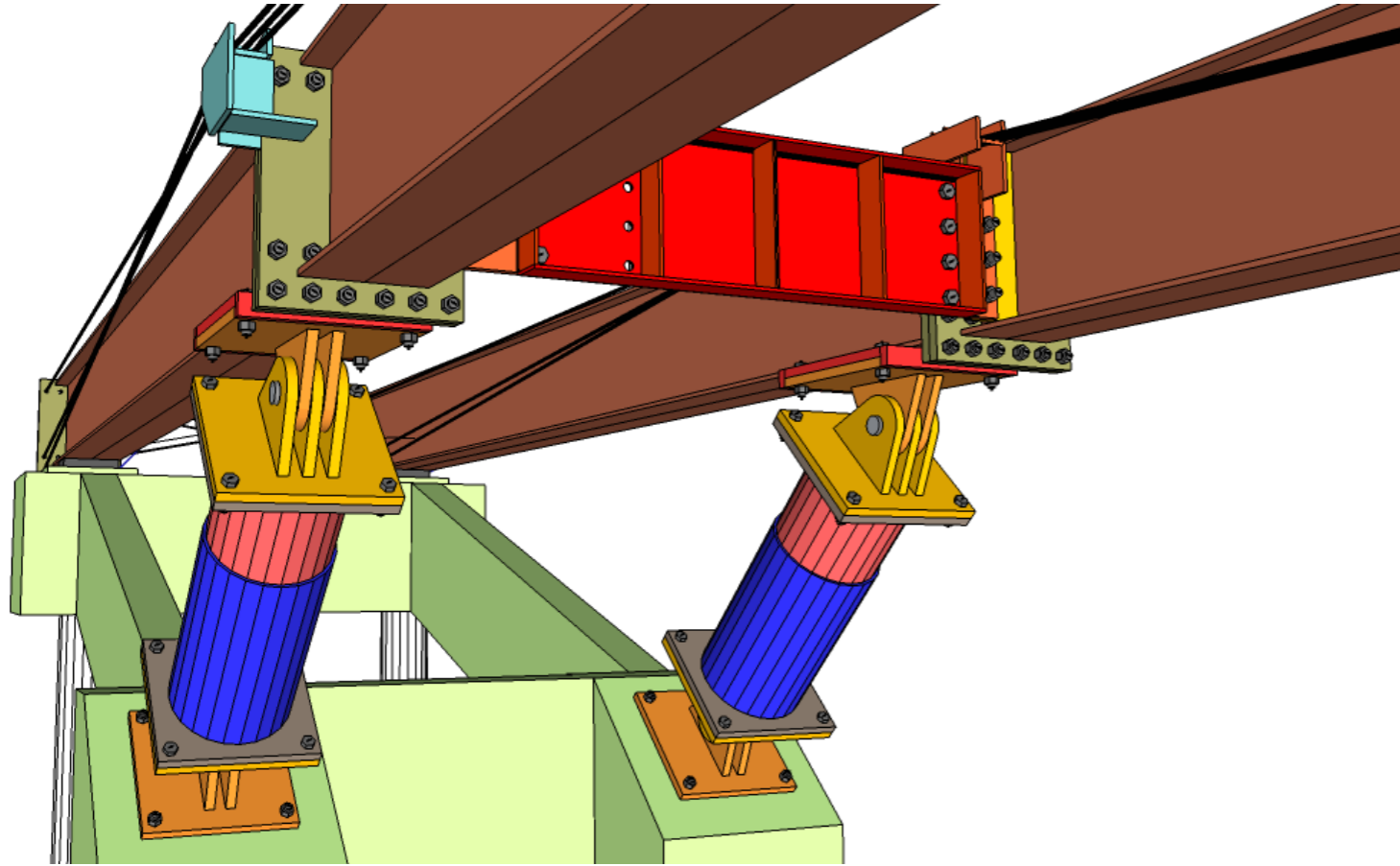
Na fase de assistência técnica à construção, a Engerod desenvolveu projetos de ripagem para a montagem das vigas em suas posições definitivas sem utilização de guindastes.

Ponte na localidade de Secretário, no município de Petrópolis, na rodovia RJ-123, para a Fundação DER-RJ, em vigas pré-moldadas protendidas (2013).

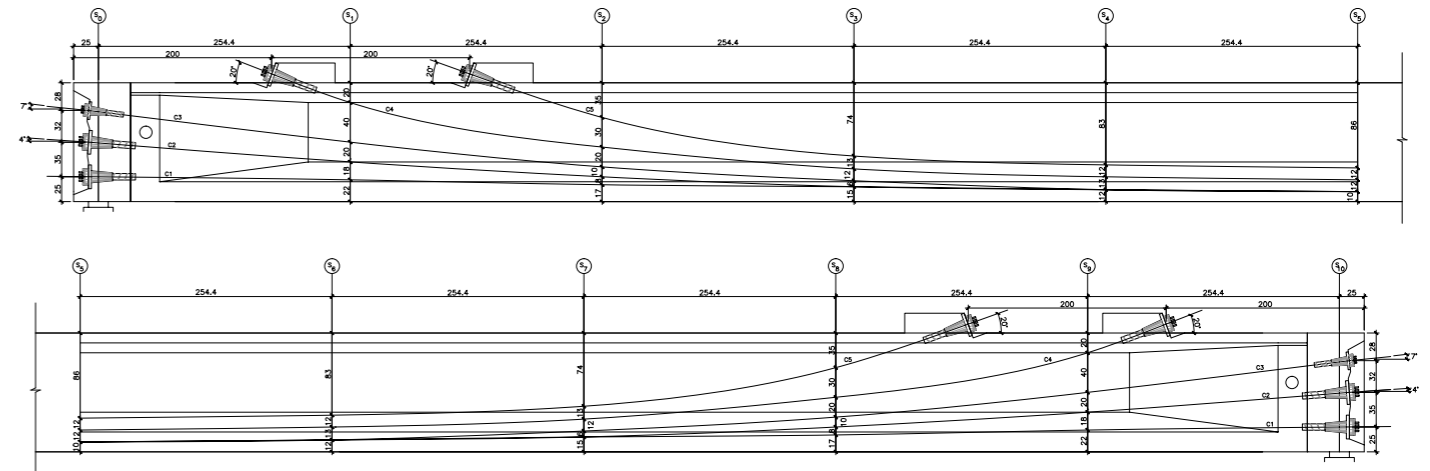
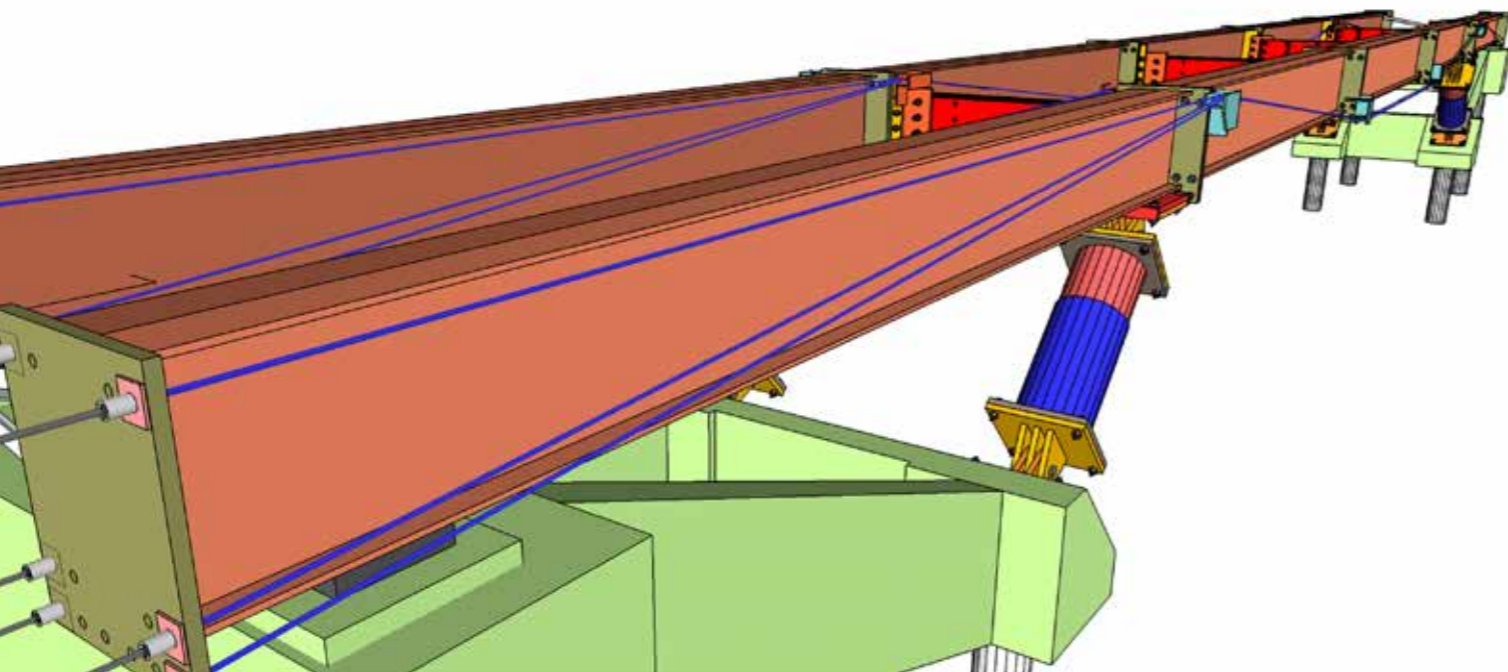


Detalhe da armadura da laje com os nichos para a segunda etapa da protensão.



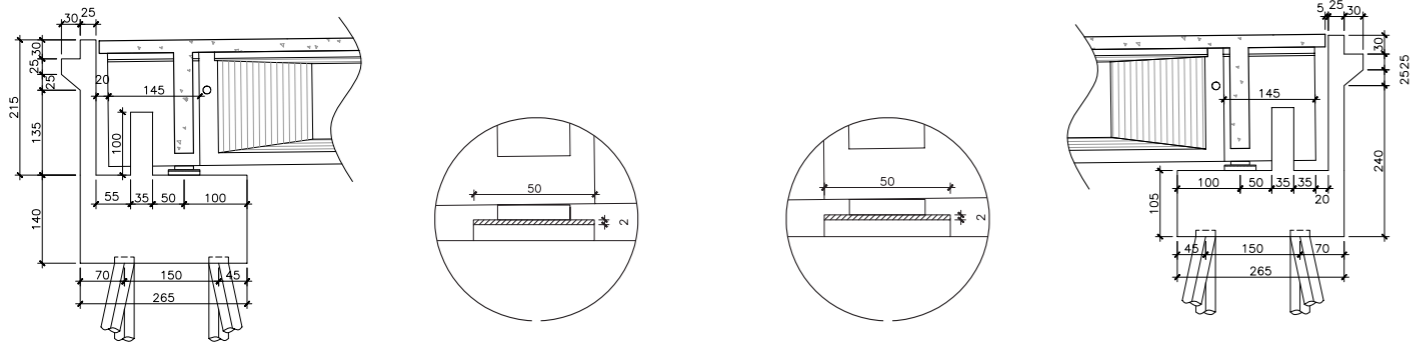


A Engerod tem utilizado protensão em vigas metálicas para pontes rodoviárias provisórias, propiciando perfis de menor altura, com menor inércia e mais leves para facilitar o transporte e a montagem/desmontagem.

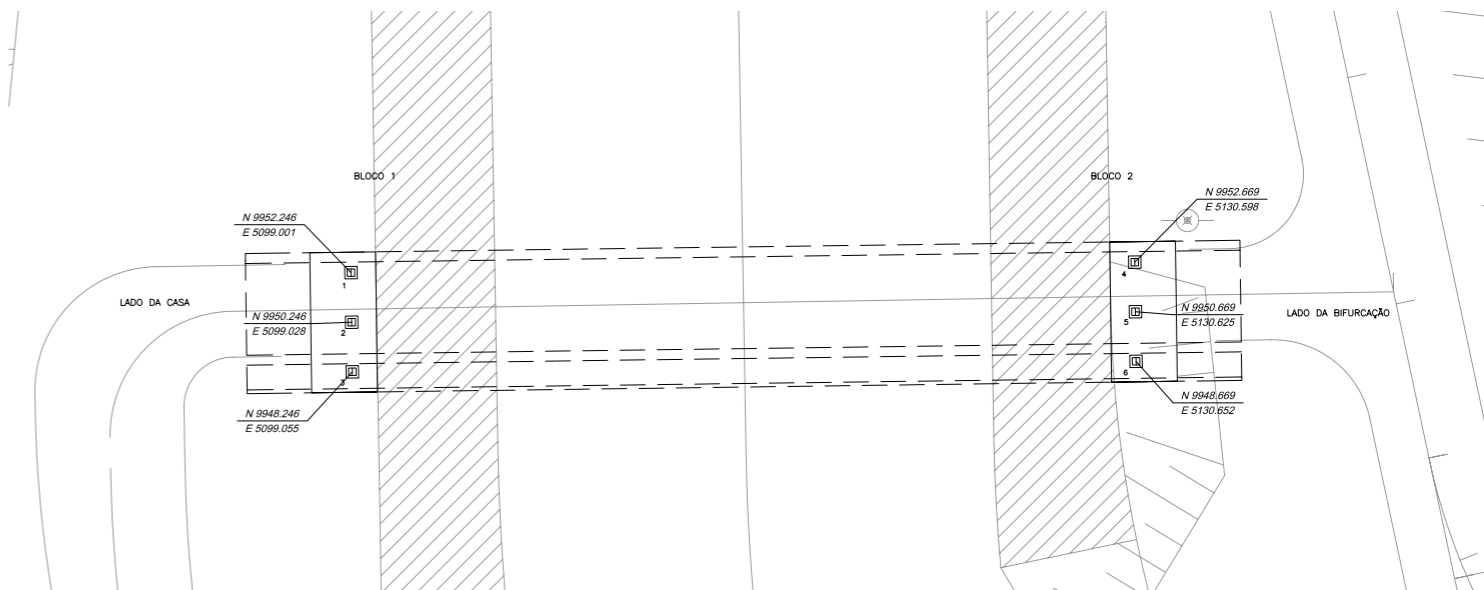


Detalhe da cablagem de primeira e segunda etapa da protensão das vigas pré-moldadas.





Detalhe das vigas pré-moldadas protendidas com seção I de 1,8 metro de altura e 34 metros de extensão.





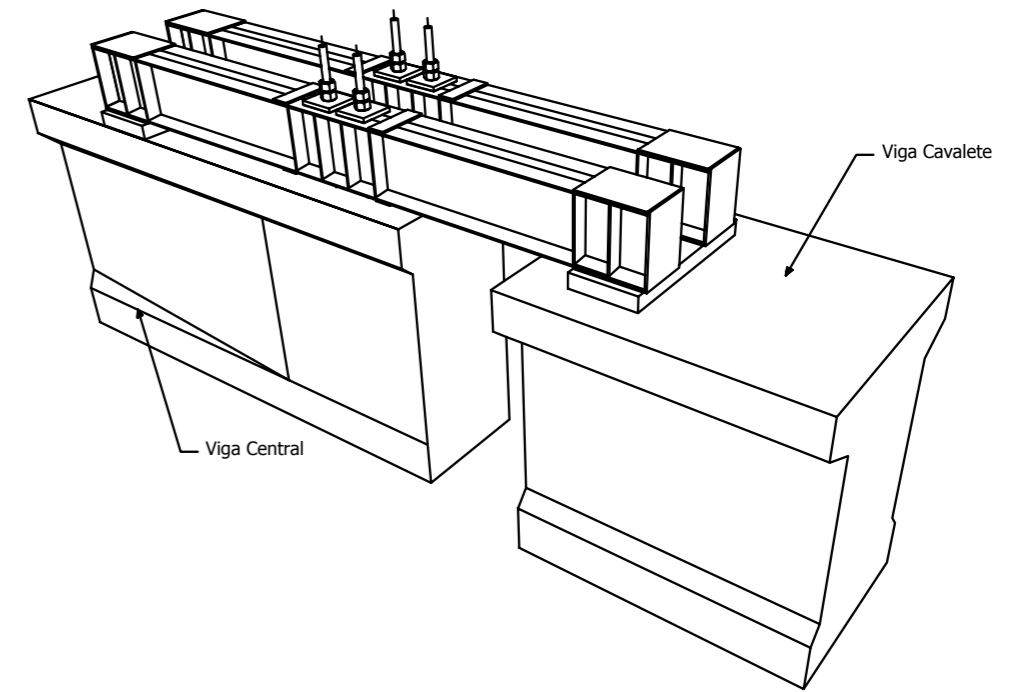
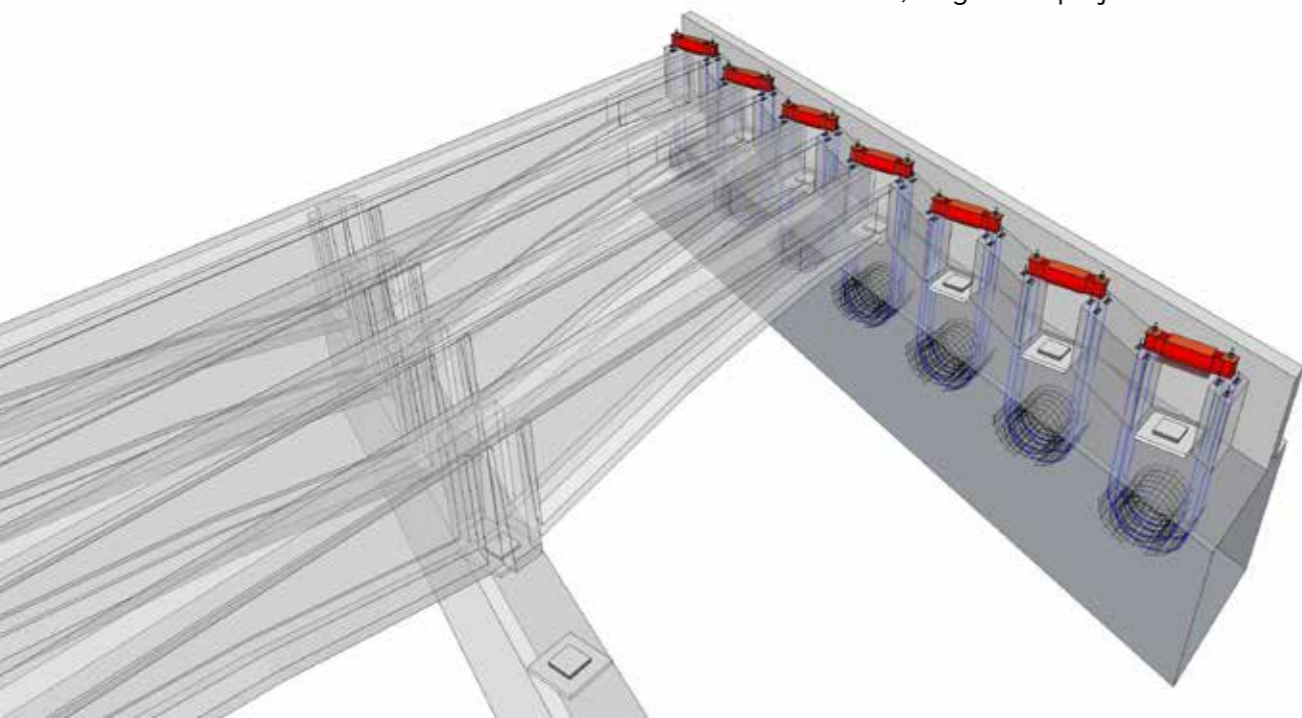
Ponte emergencial em treliça metálica sobre o Rio Capivari, em Xerém, para a Prefeitura de Duque de Caxias (2013).

Fatores condicionantes técnicos, viários, hidrológicos, hidráulicos e estruturais definiram as seguintes diretrizes:

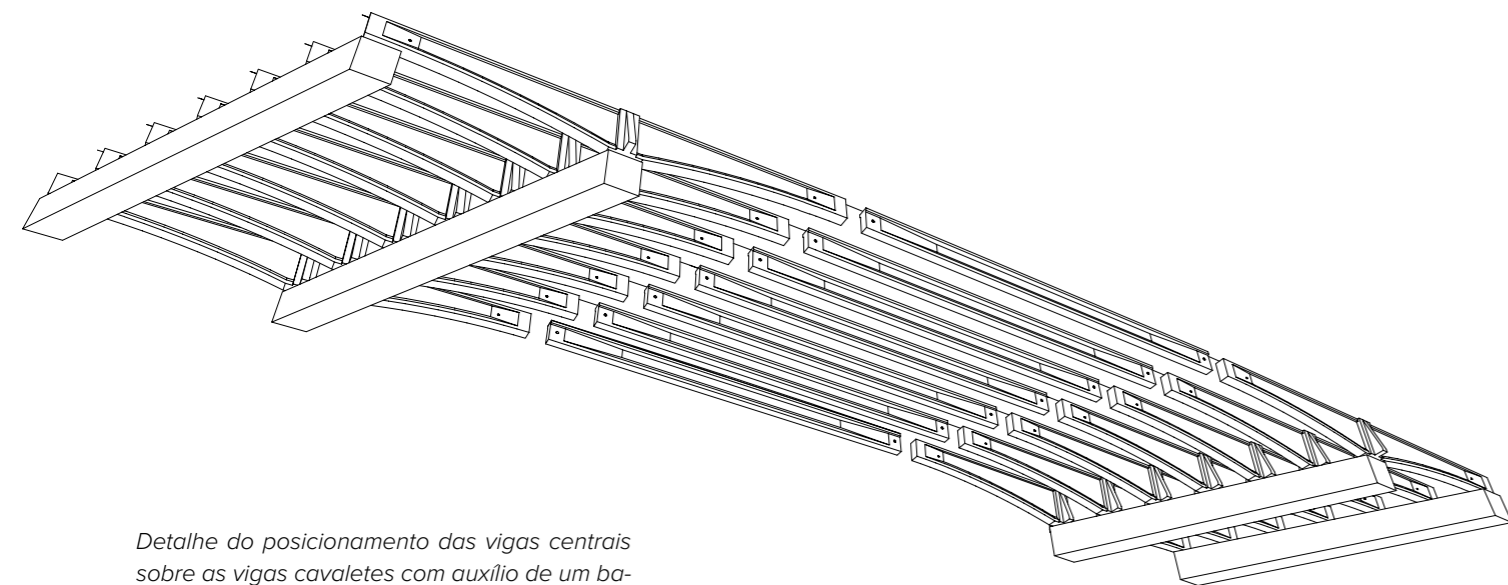
Diante da necessidade de liberação da seção de vazão hidráulica do rio, em atendimento aos estudos hidrológicos, tornou-se imperativo afastar ao máximo os pilares da parte central, resultando em expressivo vão central e relativamente reduzidos vãos de extremidade;

Por se tratar de obra em região densamente urbanizada, sofrendo transtornos constantes com a falta da travessia, e sendo a construção dentro da calha de rio sujeito a cheias catastróficas e súbitas, típicas da região, o prazo precisou ser reduzido tanto quanto possível. A opção por elementos pré-moldados para a superestrutura permitiu que a execução da infra e meso-estrutura avançasse simultaneamente com os elementos pré-moldados da superestrutura;

Em virtude da urbanização ocorrida ao longo das margens, por vezes de forma não planejada, com vias em cotas relativamente baixas, tornou-se inevitável a adoção de projeto geométrico vertical em parábola côncava com rampas relativamente acentuadas de forma a atender o “free-board” sob o vão central, exigido no projeto hidráulico.



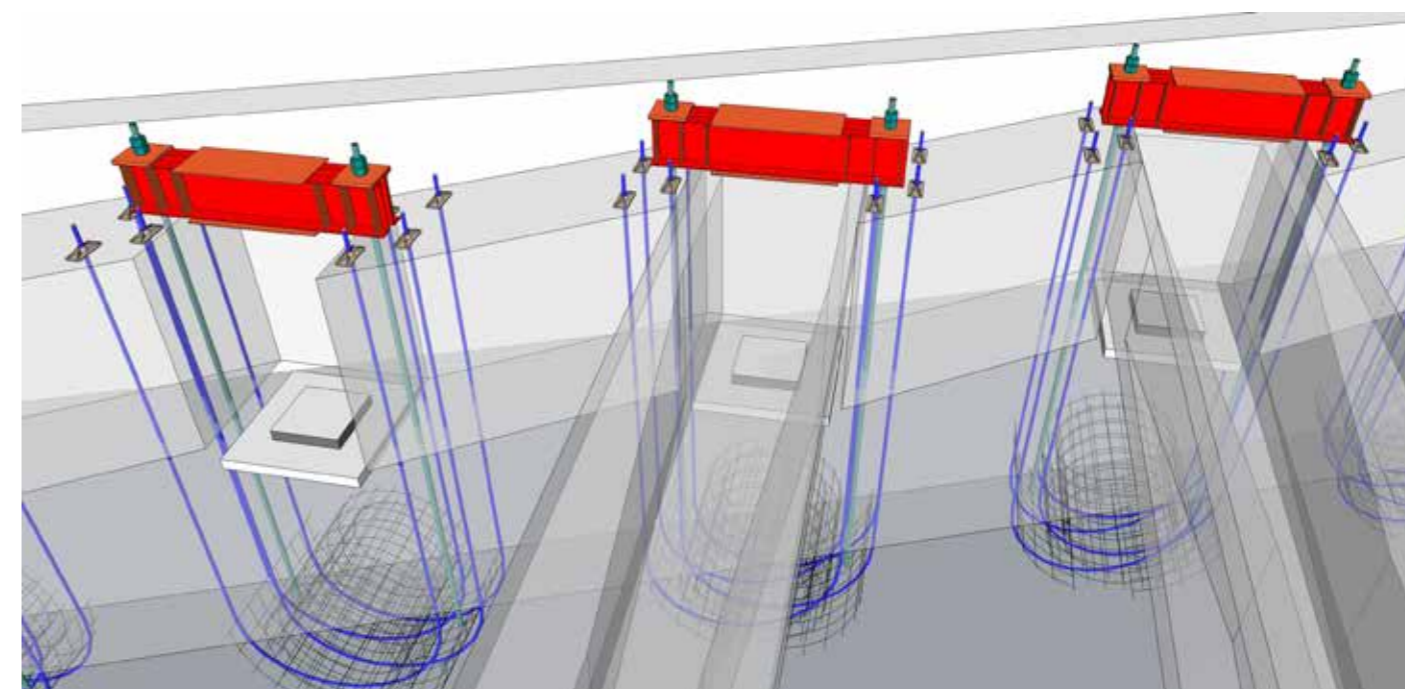


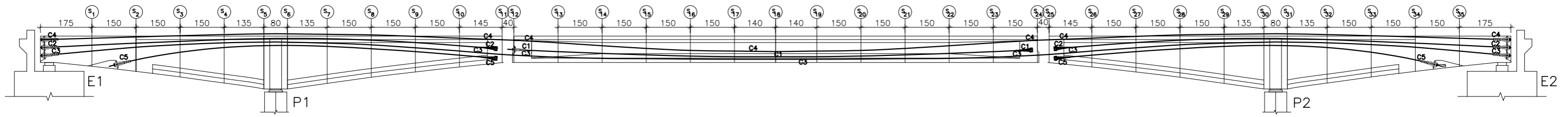


Detalhe do posicionamento das vigas centrais sobre as vigas cavaletes com auxílio de um balancim metálico.

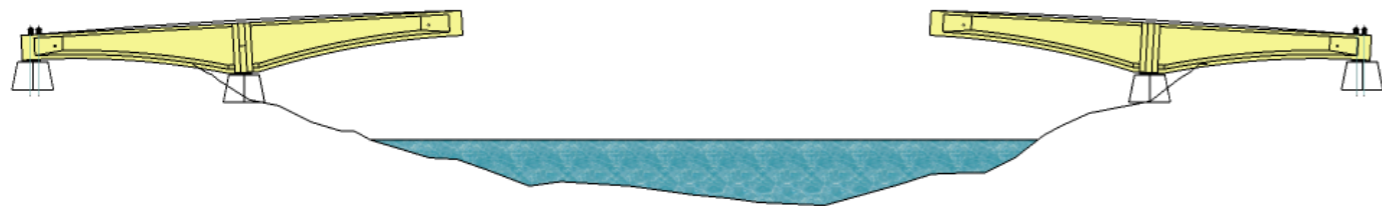


Tirantes para absorção da tração das vigas cavaletes após o posicionamento das vigas centrais.

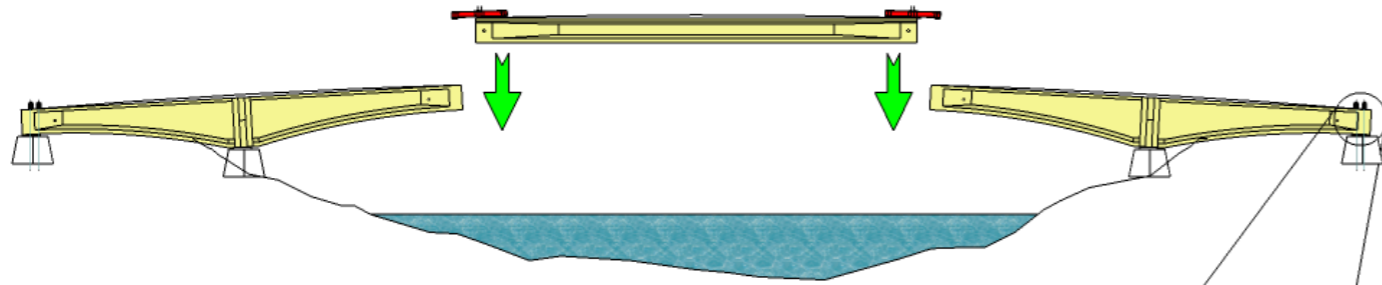




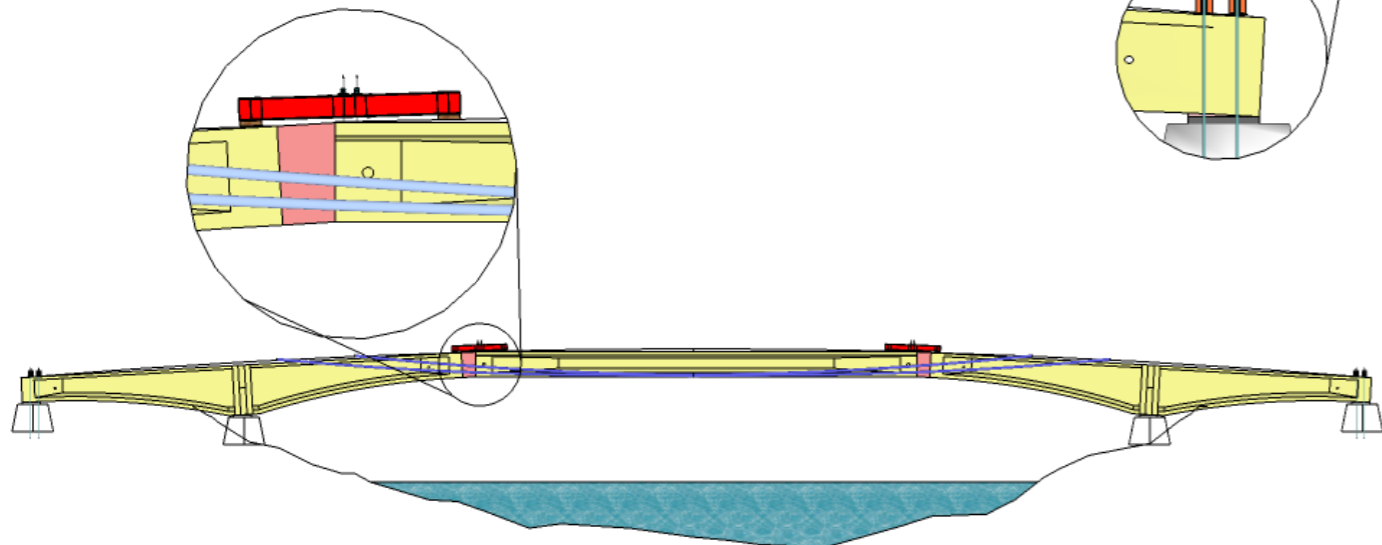
*Lançamento das vigas de extremidade*

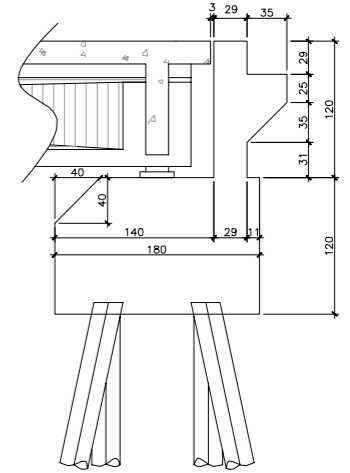
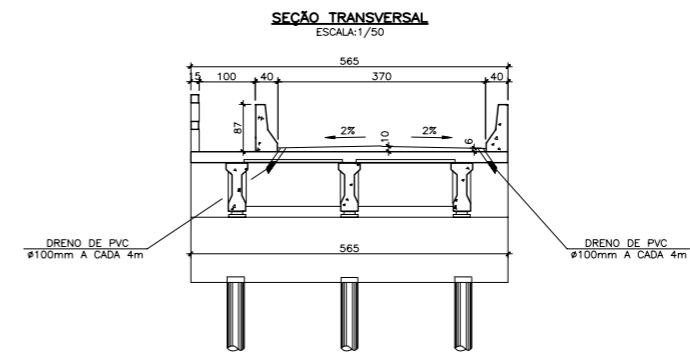
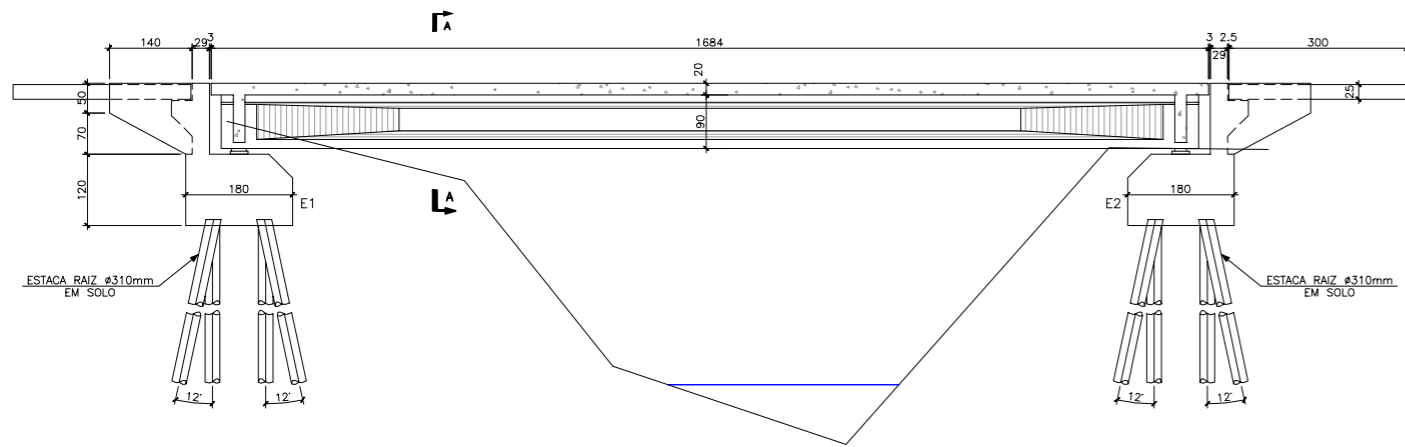


*Lançamento das vigas centrais sobre as extremas ancoradas*

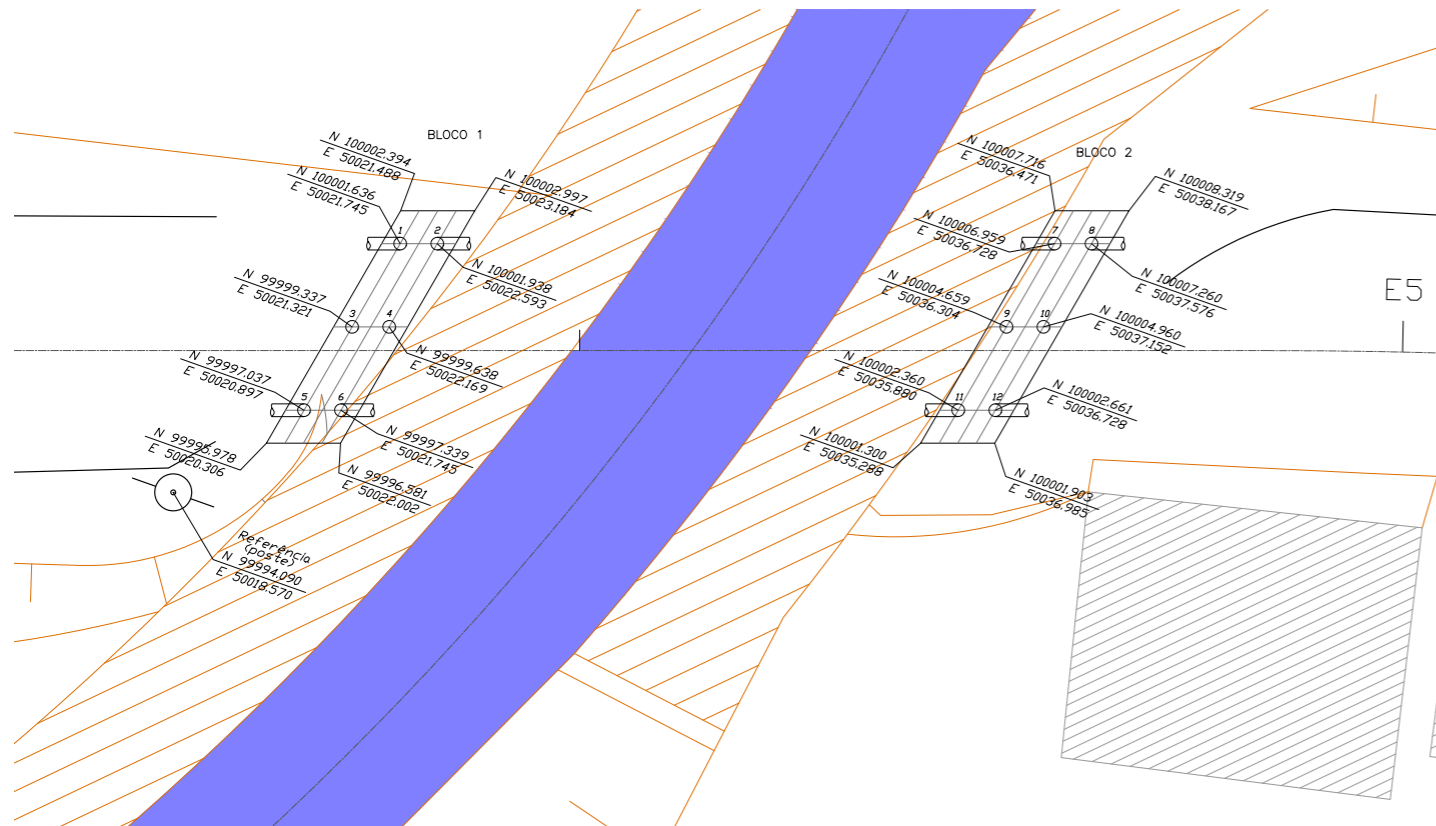


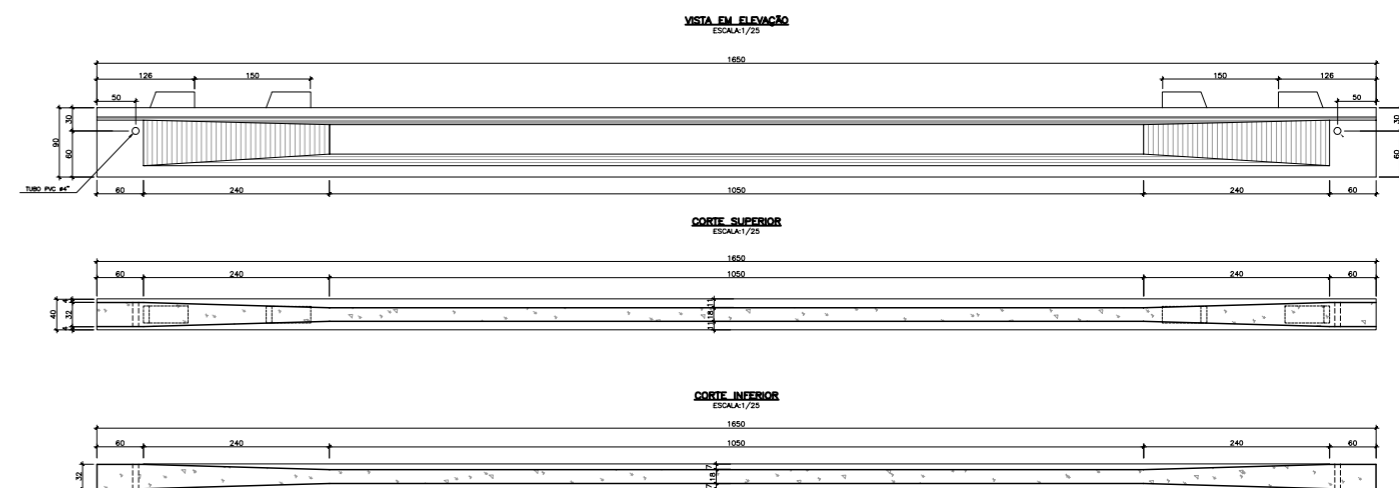
*Solidarização do sistema hiperestático por meio de protensão*



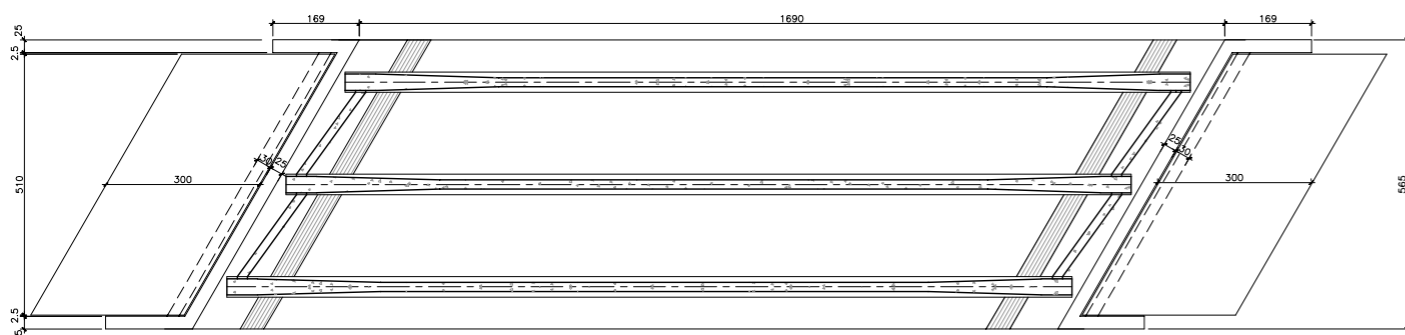


Construção de ponte sobre o Rio Salinas, no município de Nova Friburgo, para a Fundação DER-RJ, em vigas pré-moldadas protendidas (2012).





Detalhe do posicionamento das vigas bi-apoiadas.

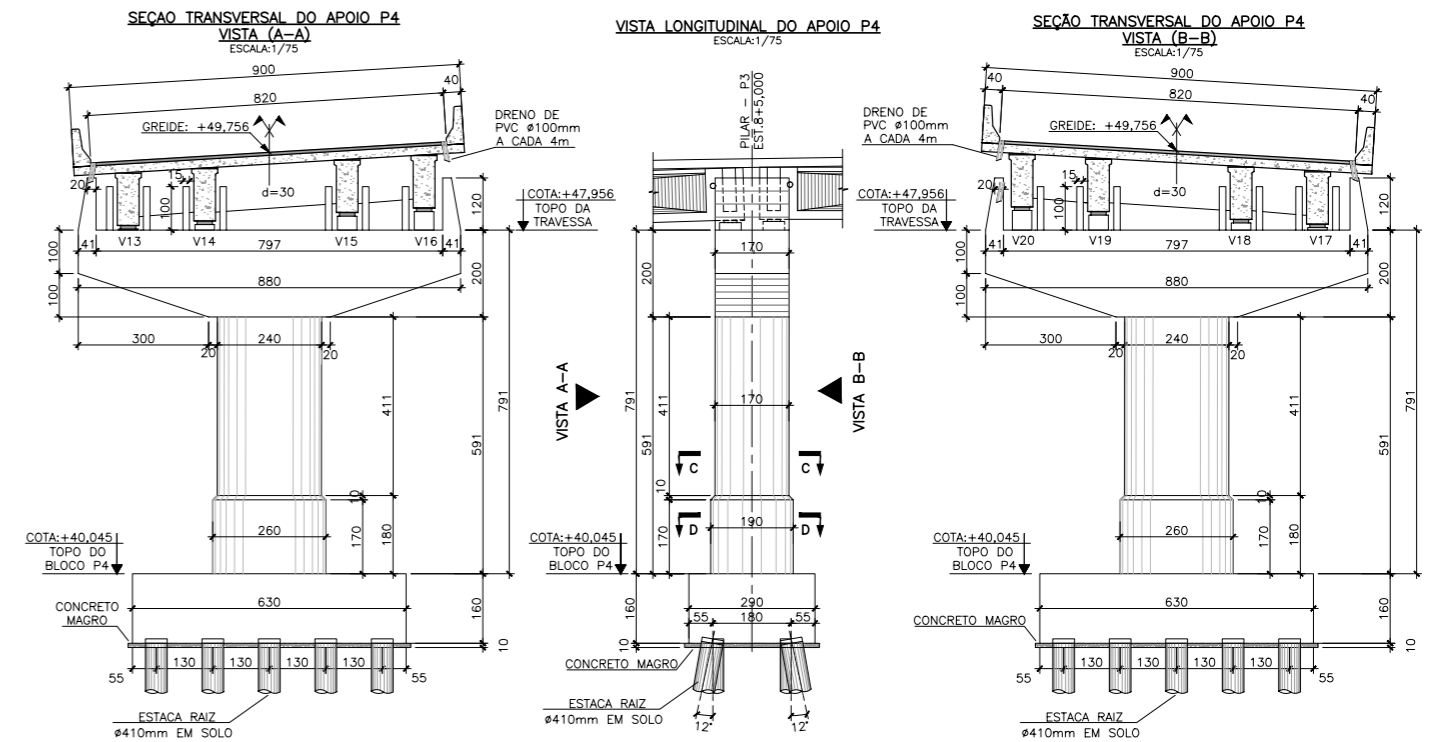


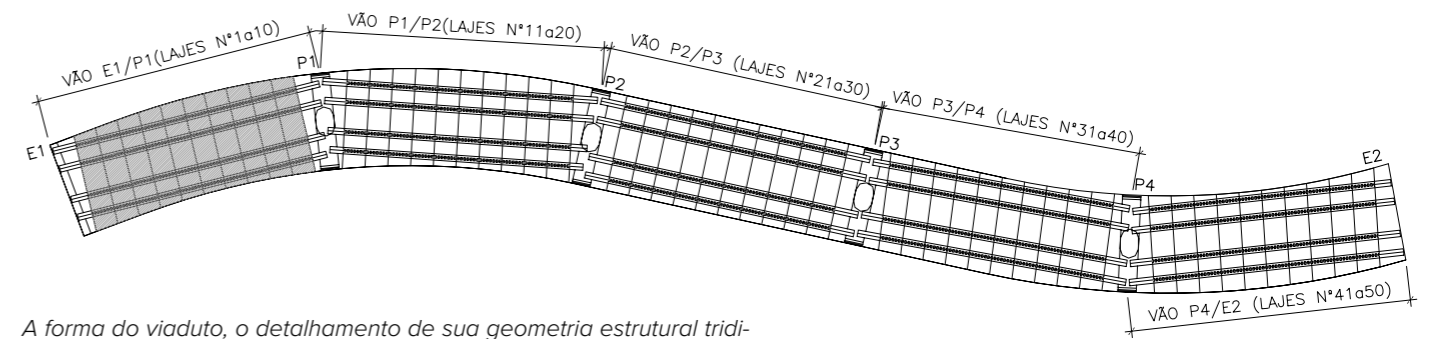
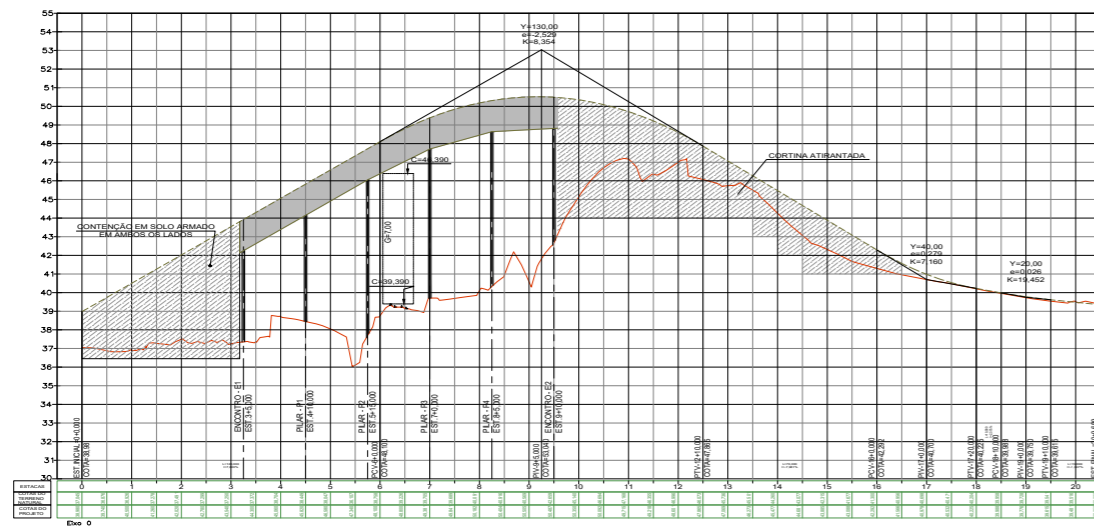
Em Austin, distrito de Nova Iguaçu, o cruzamento da rede ferroviária com as vias locais, sempre se fez por meio de passagem de nível. Com o crescimento

demográfico, acidentes e transtornos no tráfego da região tornaram obrigatória a construção de viaduto e passarela (2019).



Maquete do projeto executivo gerada por impressora 3D na escala 1:50.

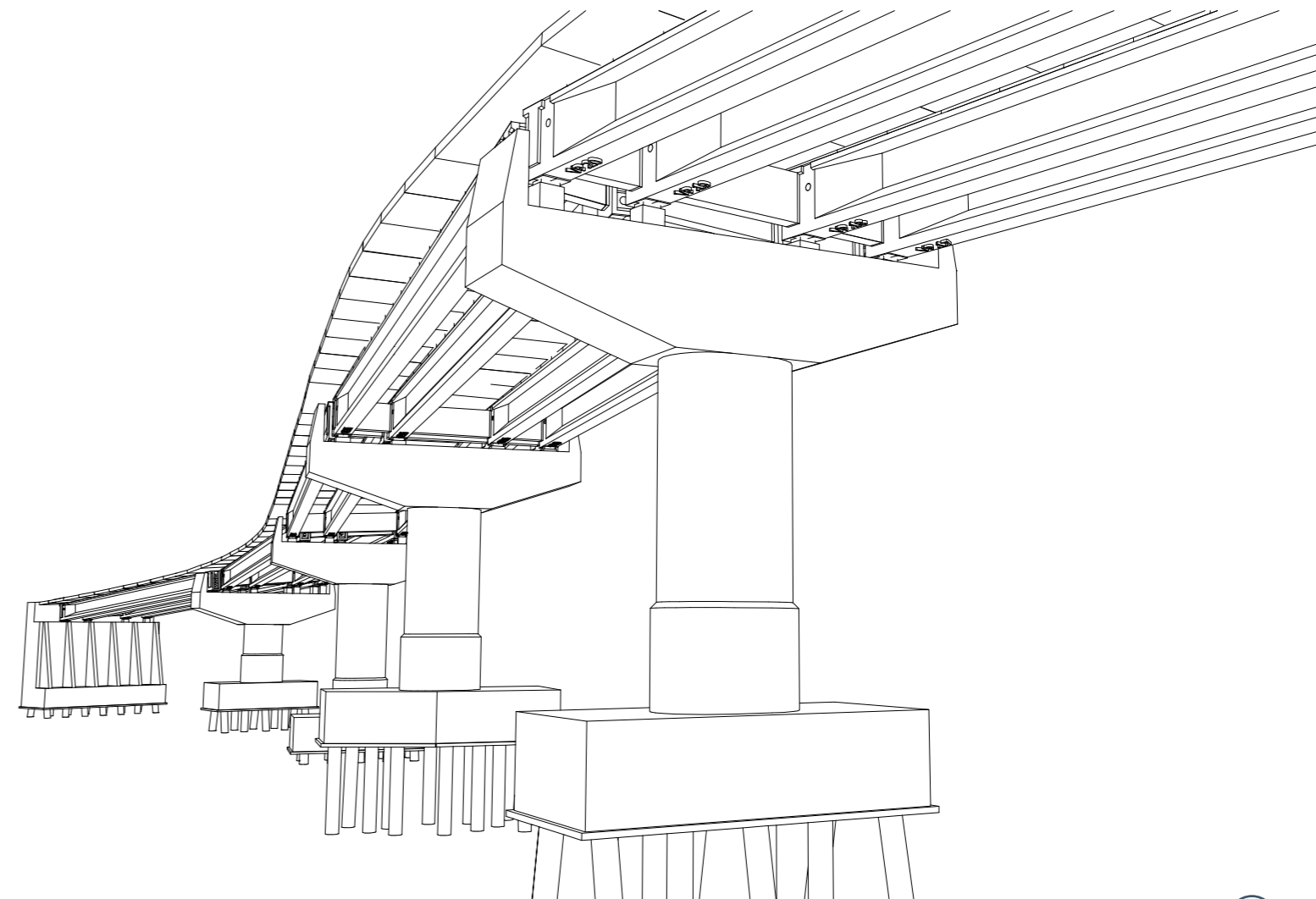


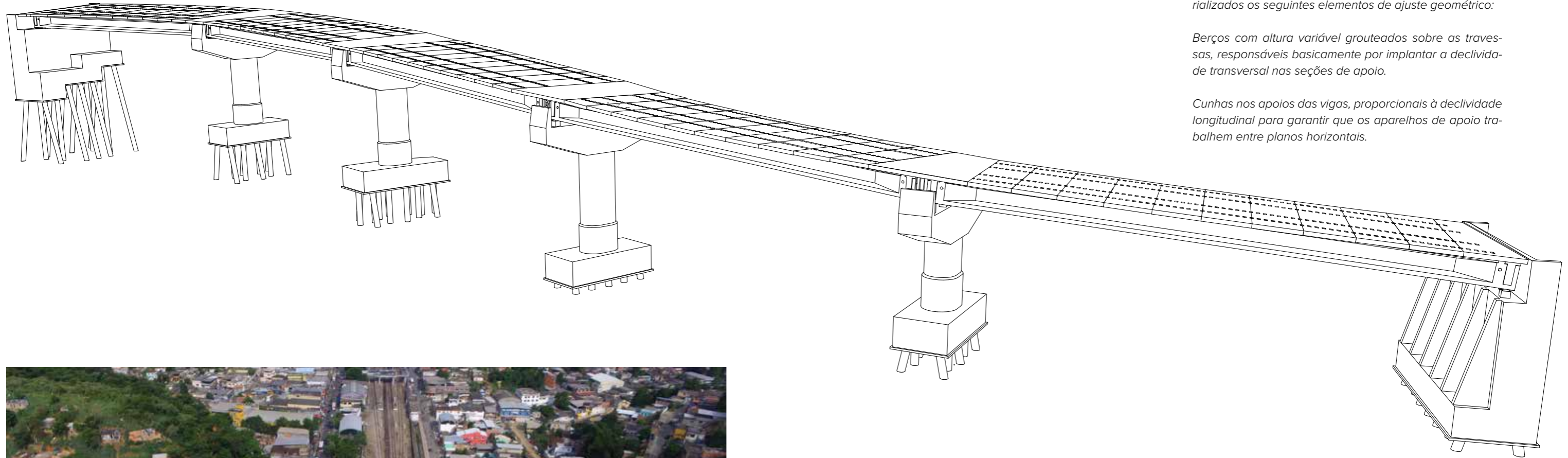


A forma do viaduto, o detalhamento de sua geometria estrutural tridimensional e suas fases construtivas foram estudadas, inclusive com o auxílio de modelagem, materializada em impressora 3D, escala 1:50.

A superestrutura apresenta complexidade em virtude das curvas reversas que se desenvolvem ao longo das rampas de subida e descida do viaduto.

As lajes, com formas curvas tridimensionais, são formadas por painéis pré-fabricados de concreto armado, resultante do fatiamento em faixas de largura constante.

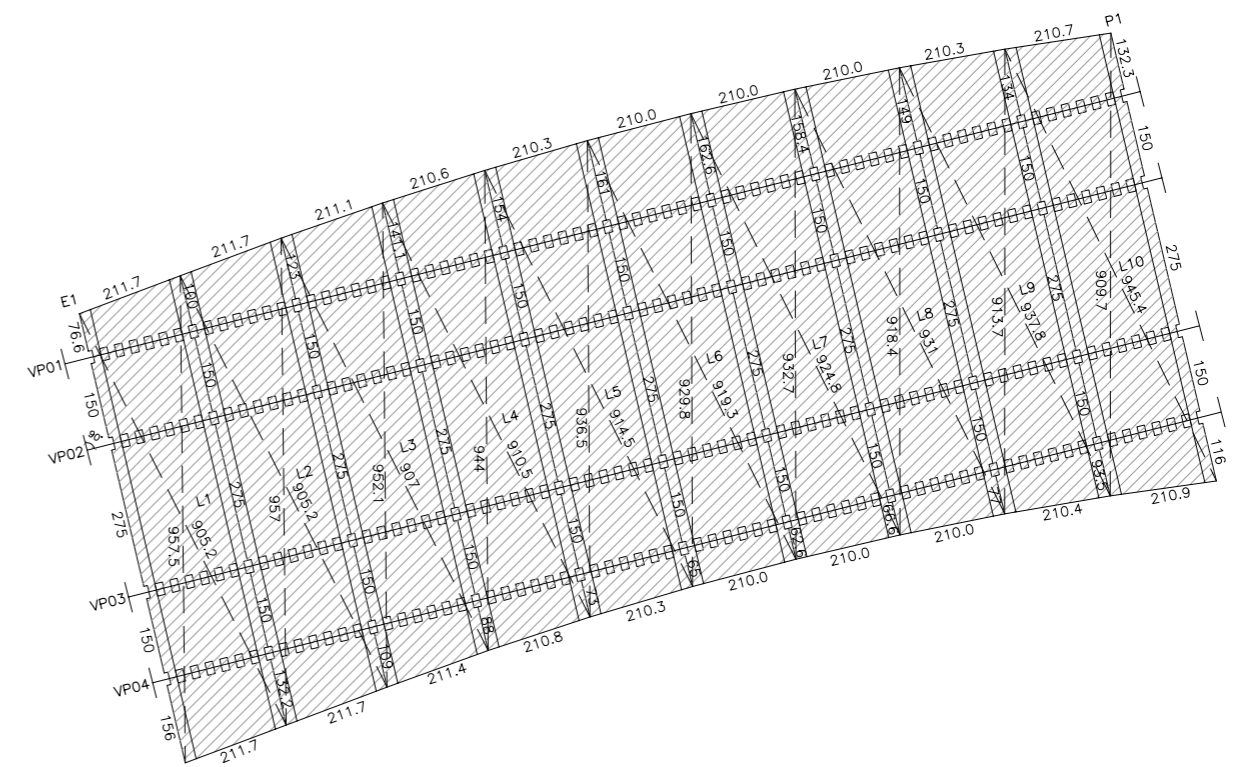


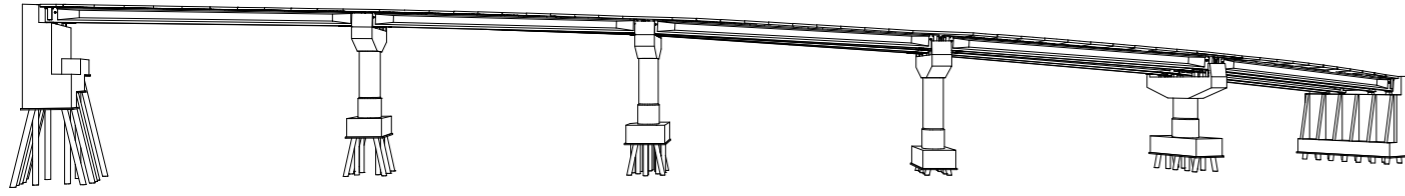


Para formação da superfície em curva reversa são materializados os seguintes elementos de ajuste geométrico:

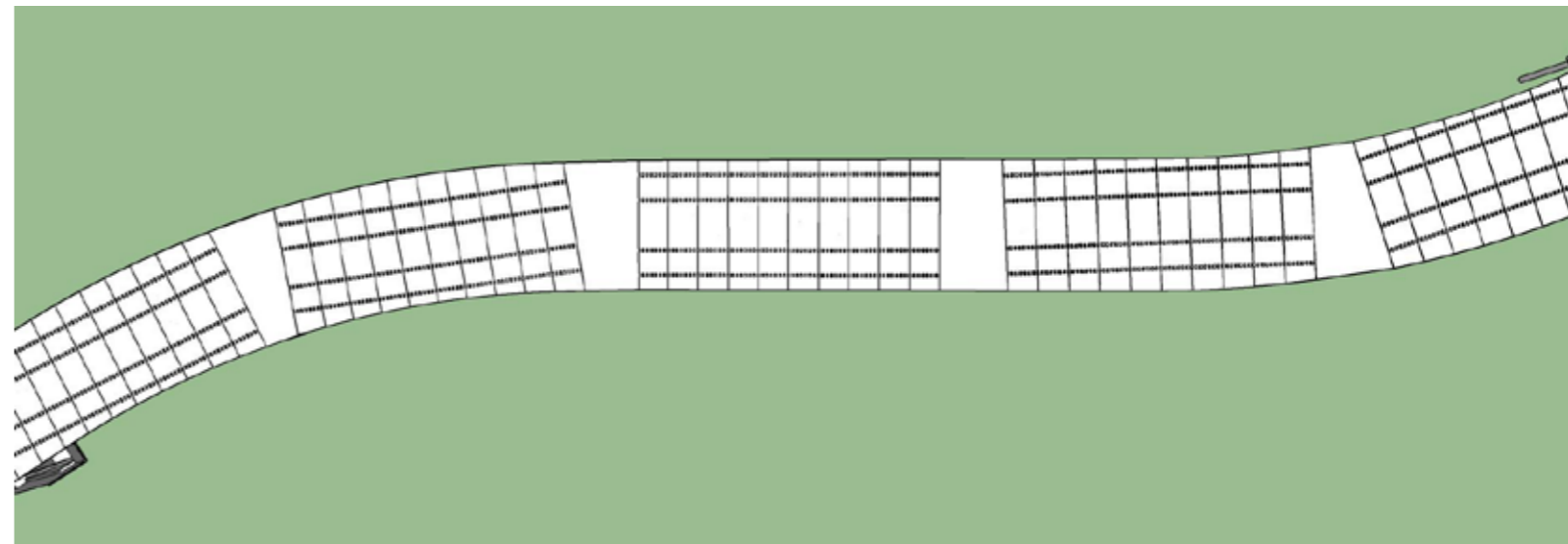
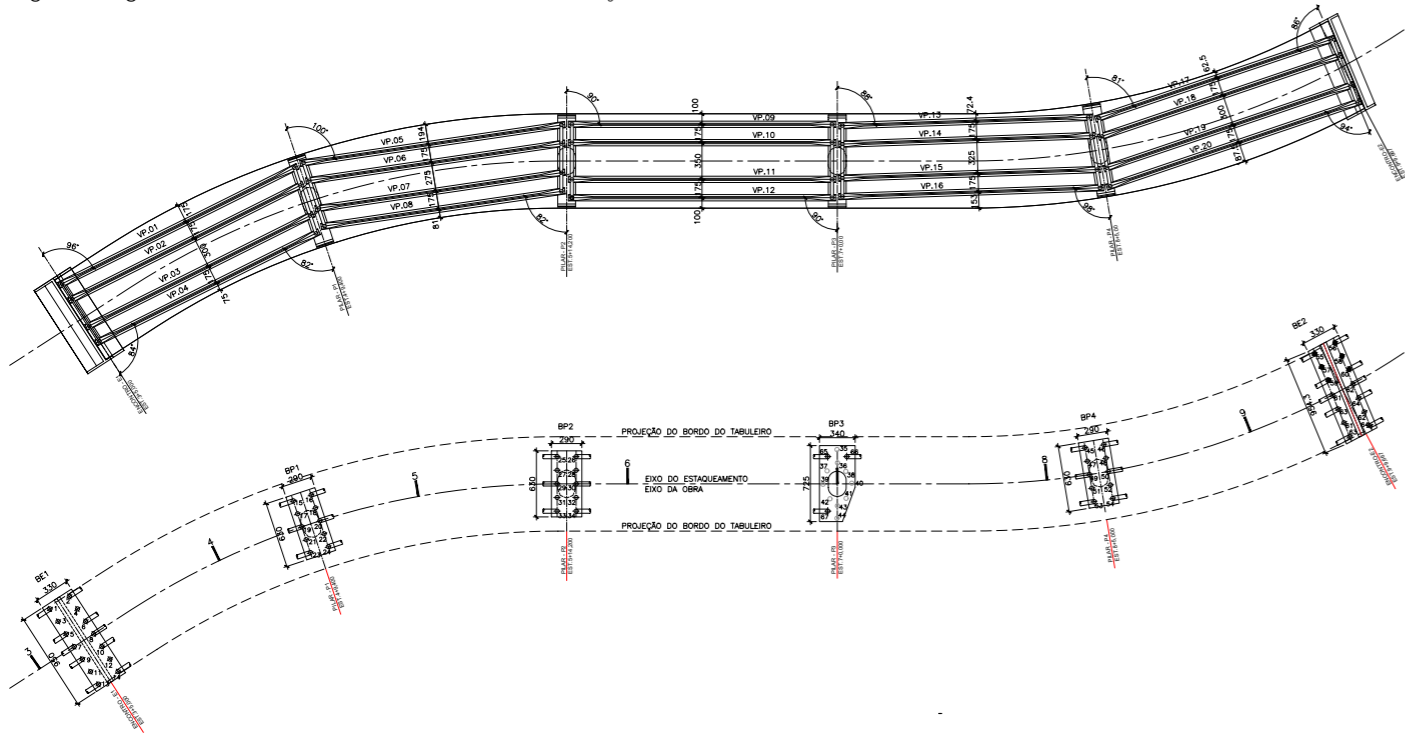
Berços com altura variável grouteados sobre as travessas, responsáveis basicamente por implantar a declividade transversal nas seções de apoio.

Cunhas nos apoios das vigas, proporcionais à declividade longitudinal para garantir que os aparelhos de apoio trabalhem entre planos horizontais.

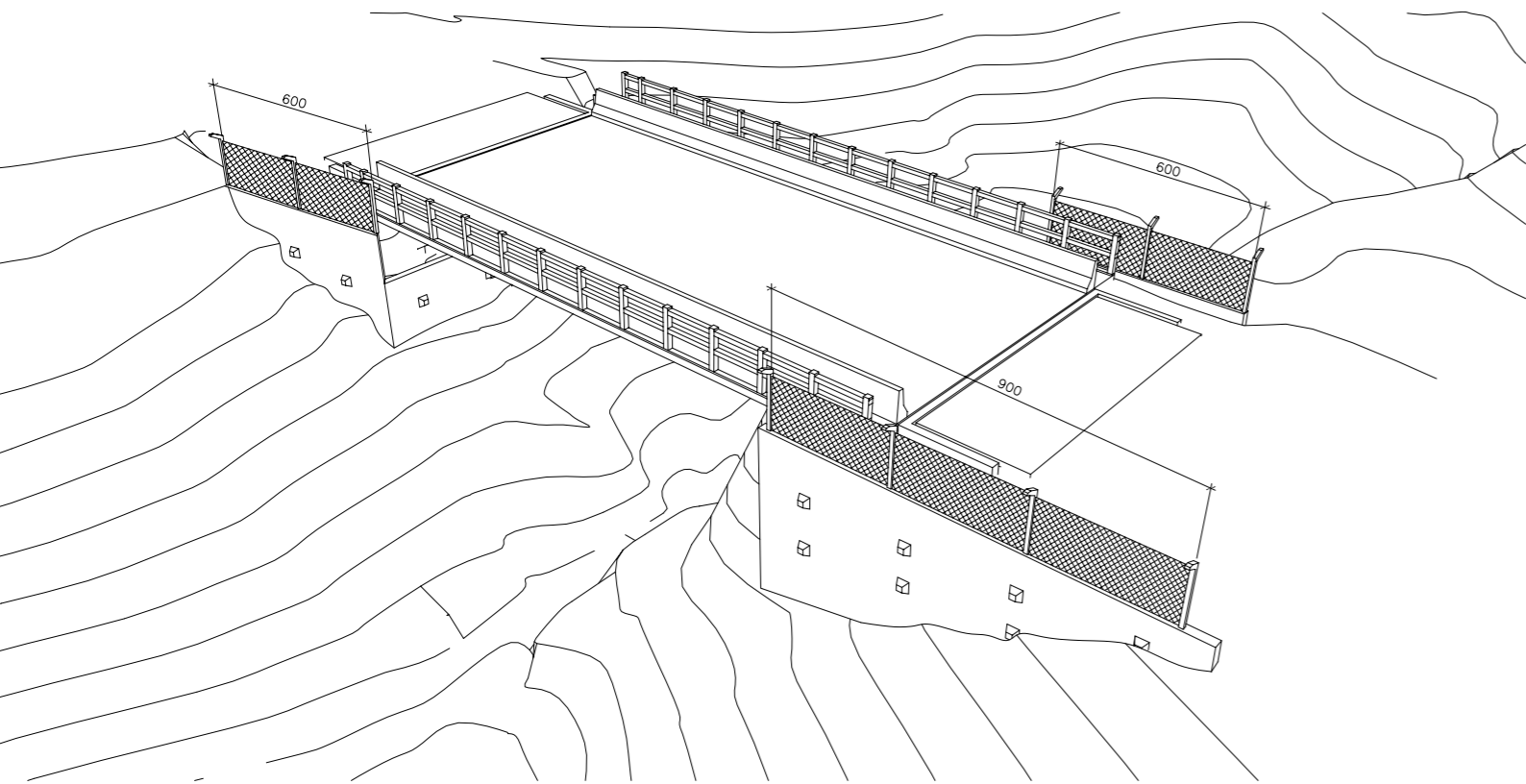




A grande vantagem do uso de laje pré-moldada é a rapidez nos processos da montagem. O tempo de interrupção do trânsito na região é significativamente reduzido. A trabalhosa locação dos bordos curvos, que seria necessária numa execução convencional de laje concretada inteiramente "in loco", também é evitada.



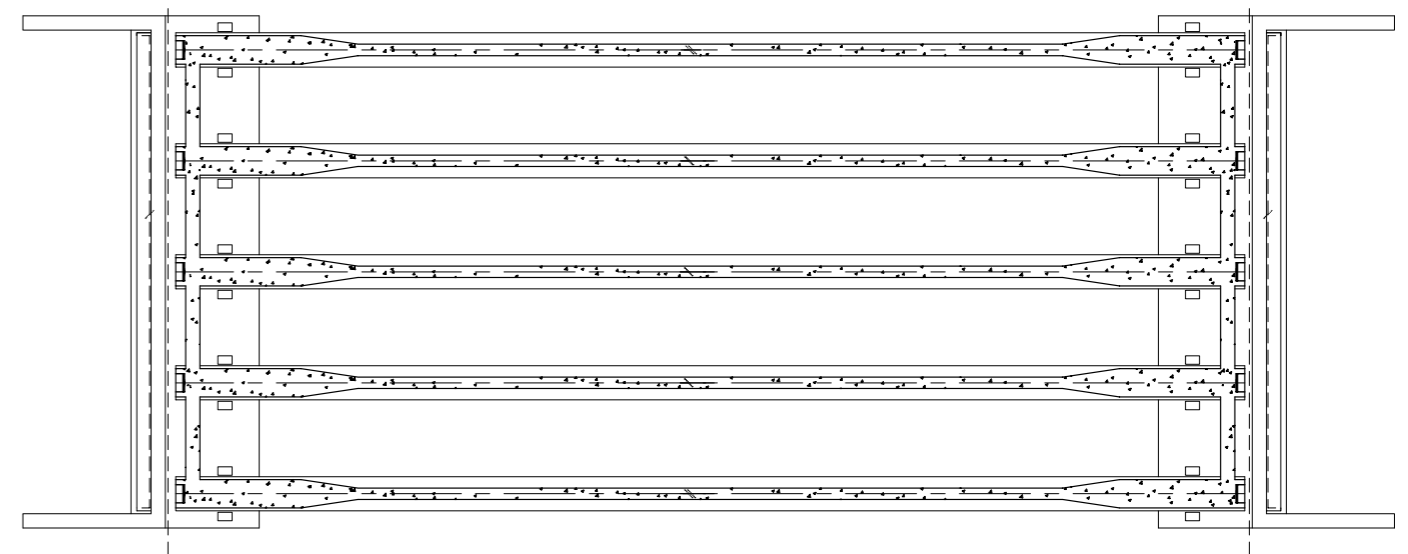


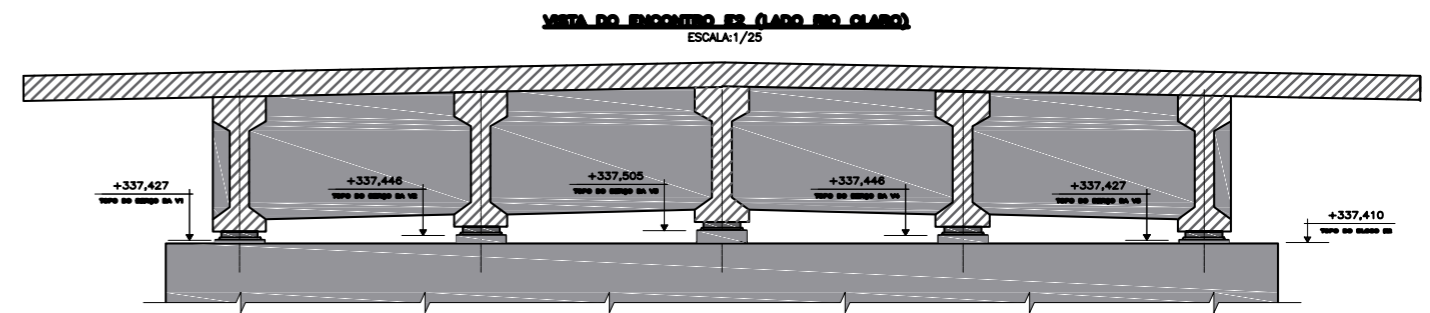
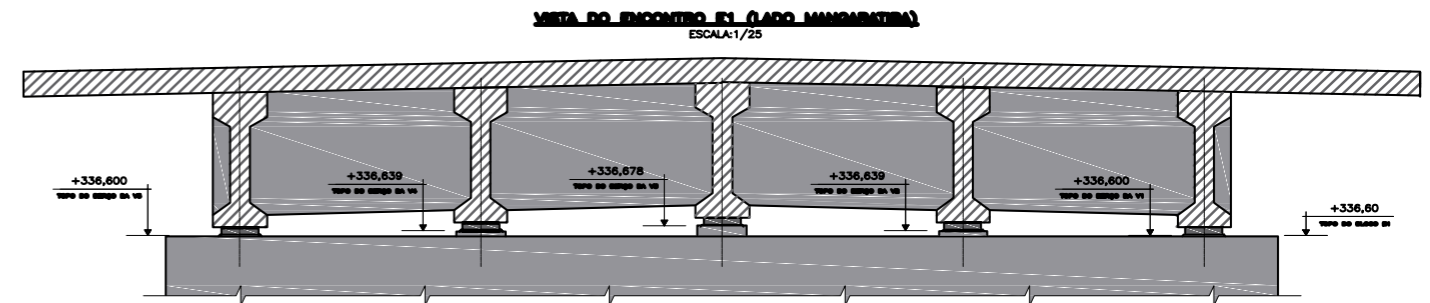


Ponte e contenções sobre cachoeira da Serra do Piloto em regime de emergência, incluindo passarela provisória para pedestres (2018).

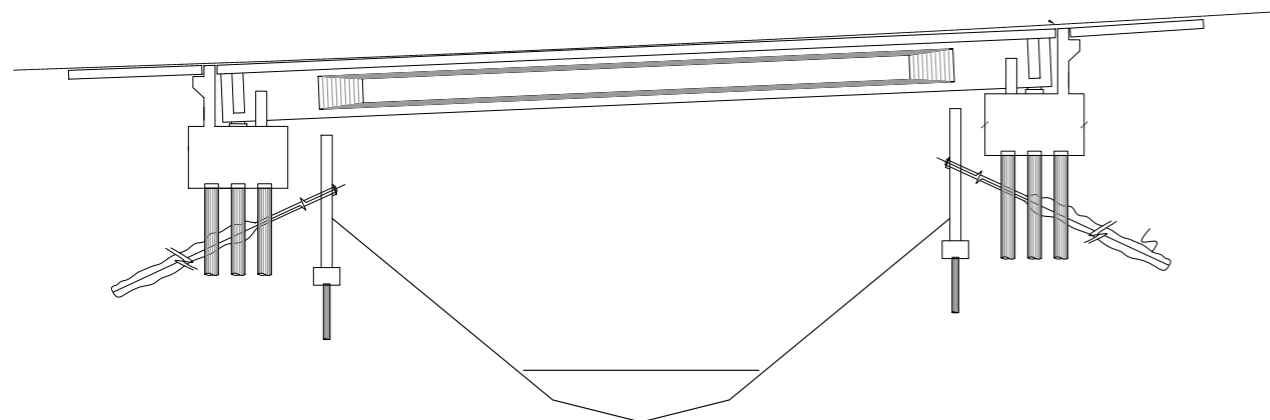
Em virtude de fortes chuvas, ocorreu represamento a montante do curso da água, resultando na ruptura completa de trecho da rodovia.

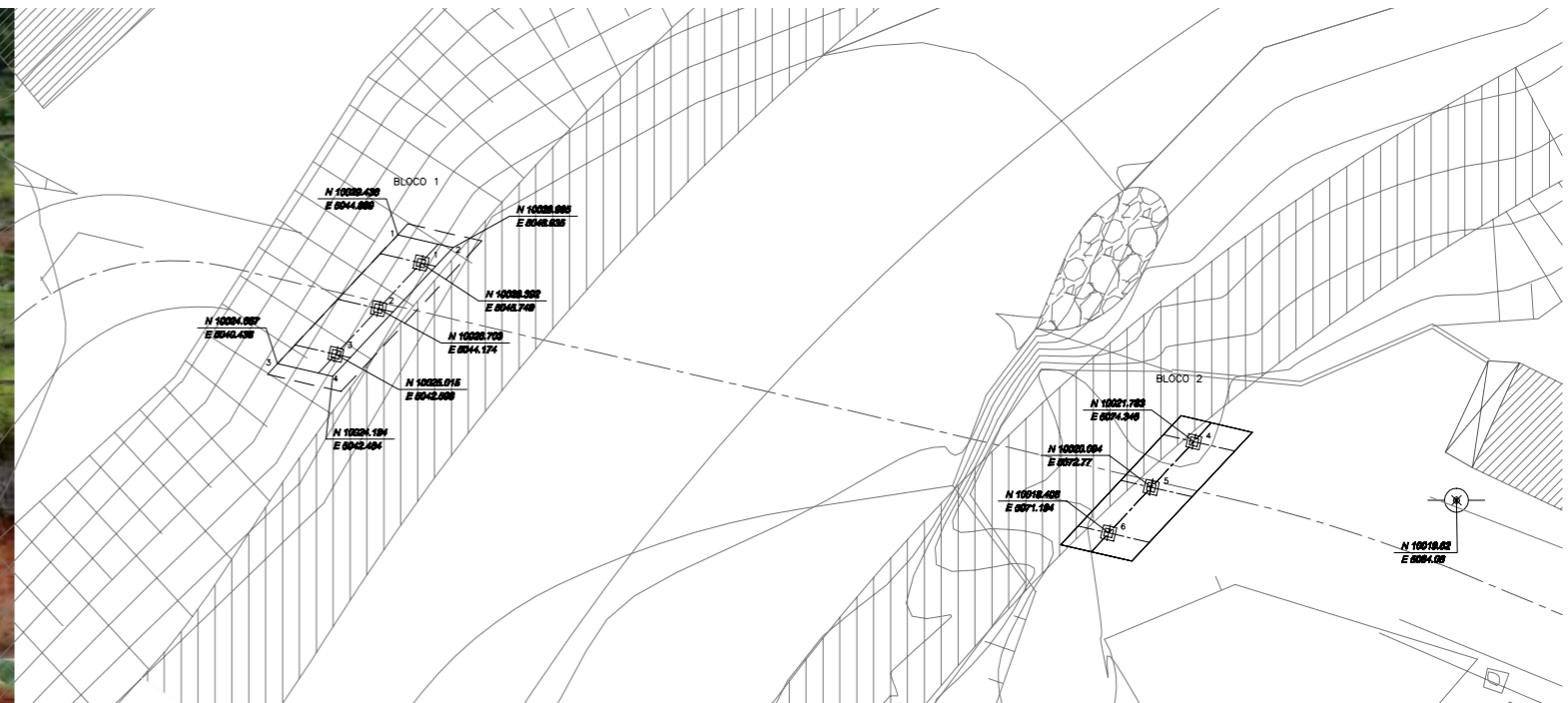
Com projeto executivo e assistência técnica à obra da Engerod, em seis meses foi instalada a passarela emergencial provisória, reconectando Mangaratiba e Rio Claro. Foram executadas contenções em cortinas antirantadas e ponte com superestrutura em vigas pré-moldadas em concreto protendido.





A instalação de passarela emergencial provisória em 10 dias permitiu a passagem de pessoas entre Mangaratiba e Rio Claro, evitando o desvio de cerca de 150 km para a população local.

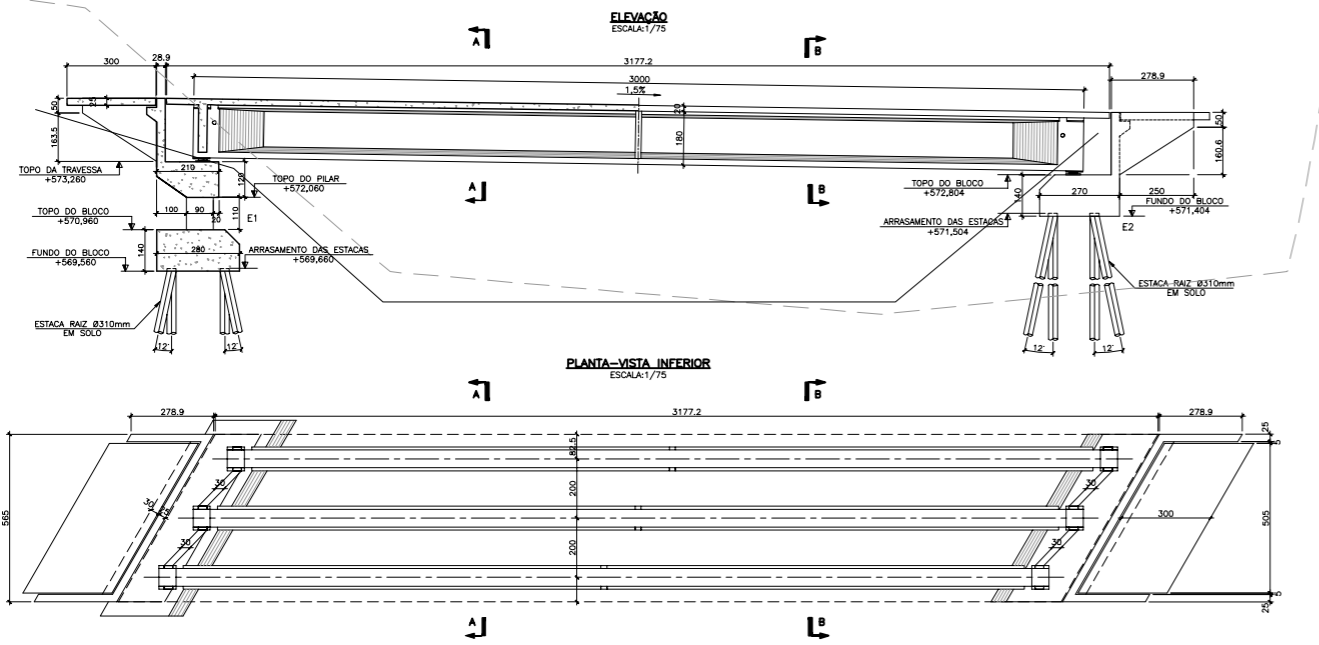




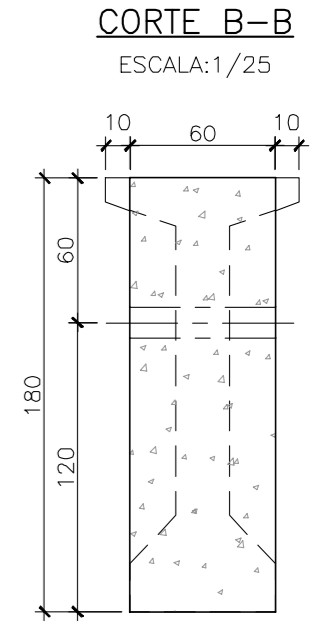
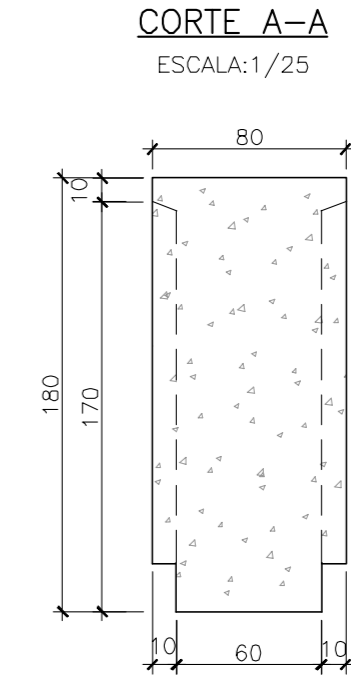
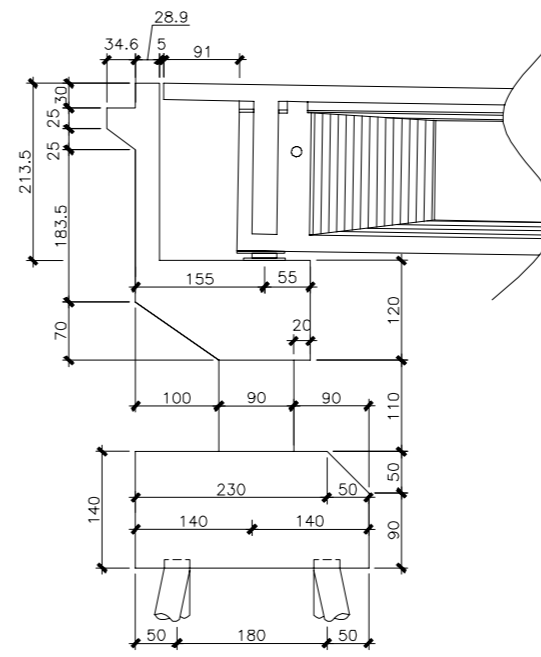
*A largura original de apenas uma faixa foi preservada em virtude de decisões de fundo legal.*

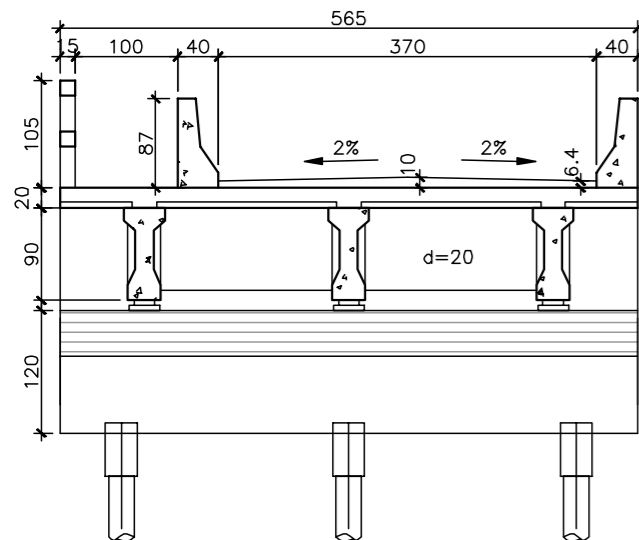
Ponte sobre o Ribeirão Capitão, em Alto de São José, município de Bom Jardim, para a Fundação DER-RJ, em vigas pré-moldadas protendidas (2014).





Detalhe da forma da estrutura caracterizada por vigas pré-moldadas com 1,8 metro de altura e 30 metros de extensão.

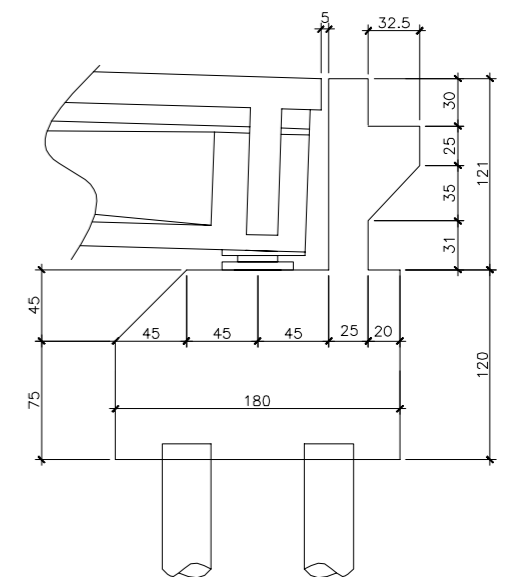


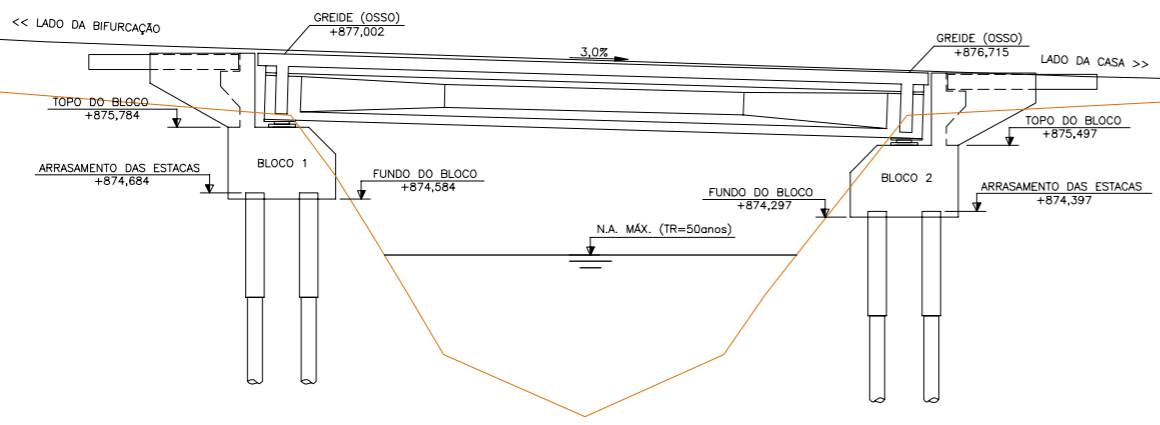


Ponte do conjunto de obras destruídas na cheia de 2011 na região serrana. Construída com vigas pré-moldadas com aproximadamente 11,0 metros de extensão e 0,90 metros de altura e demais elementos em concreto armado.

Acima, lançamento das vigas pré-moldadas.

À direita, detalhe do bloco de coroamento das fundações.

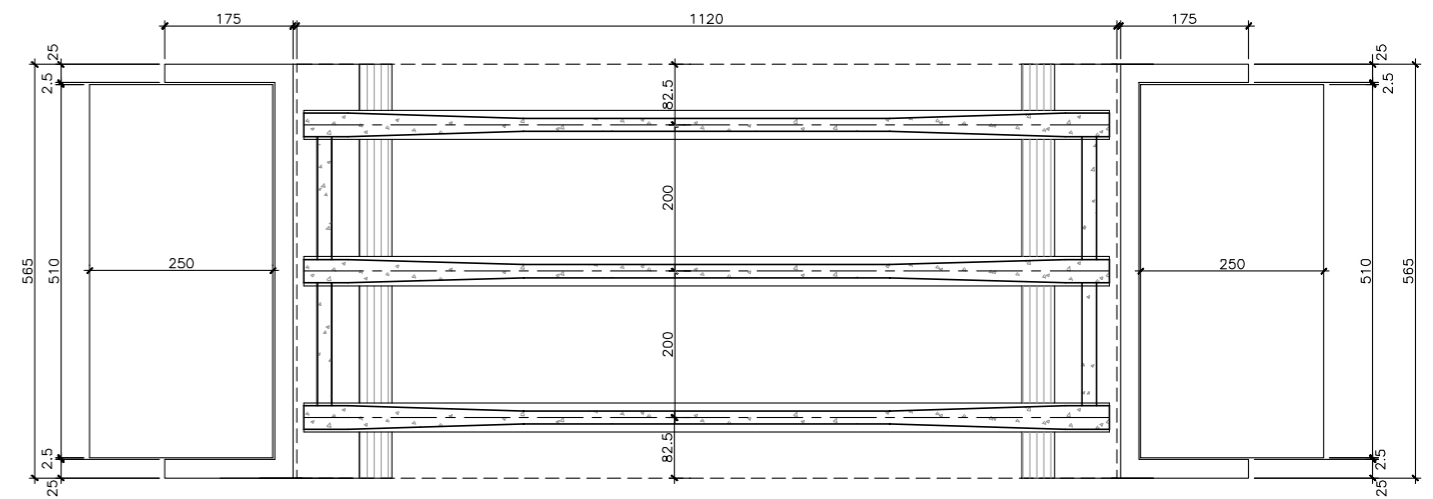




Detalhamento da superestrutura em perfil, com indicação dos níveis.

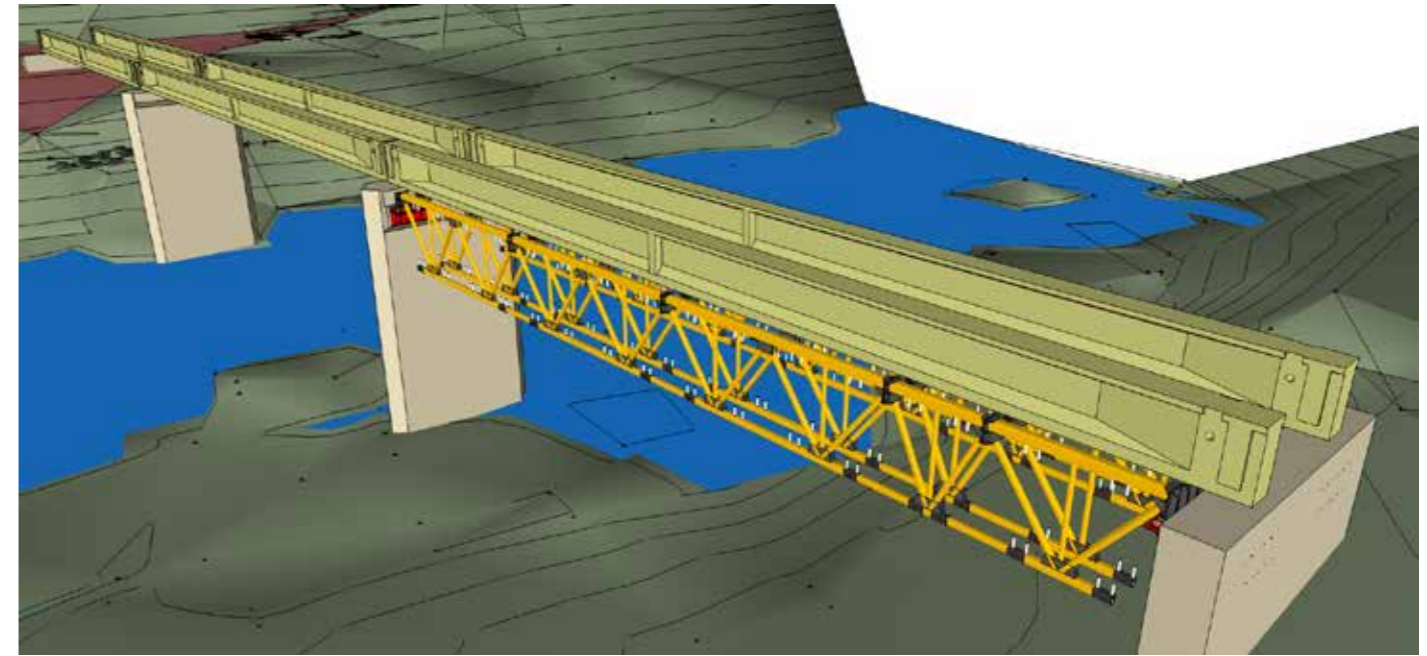
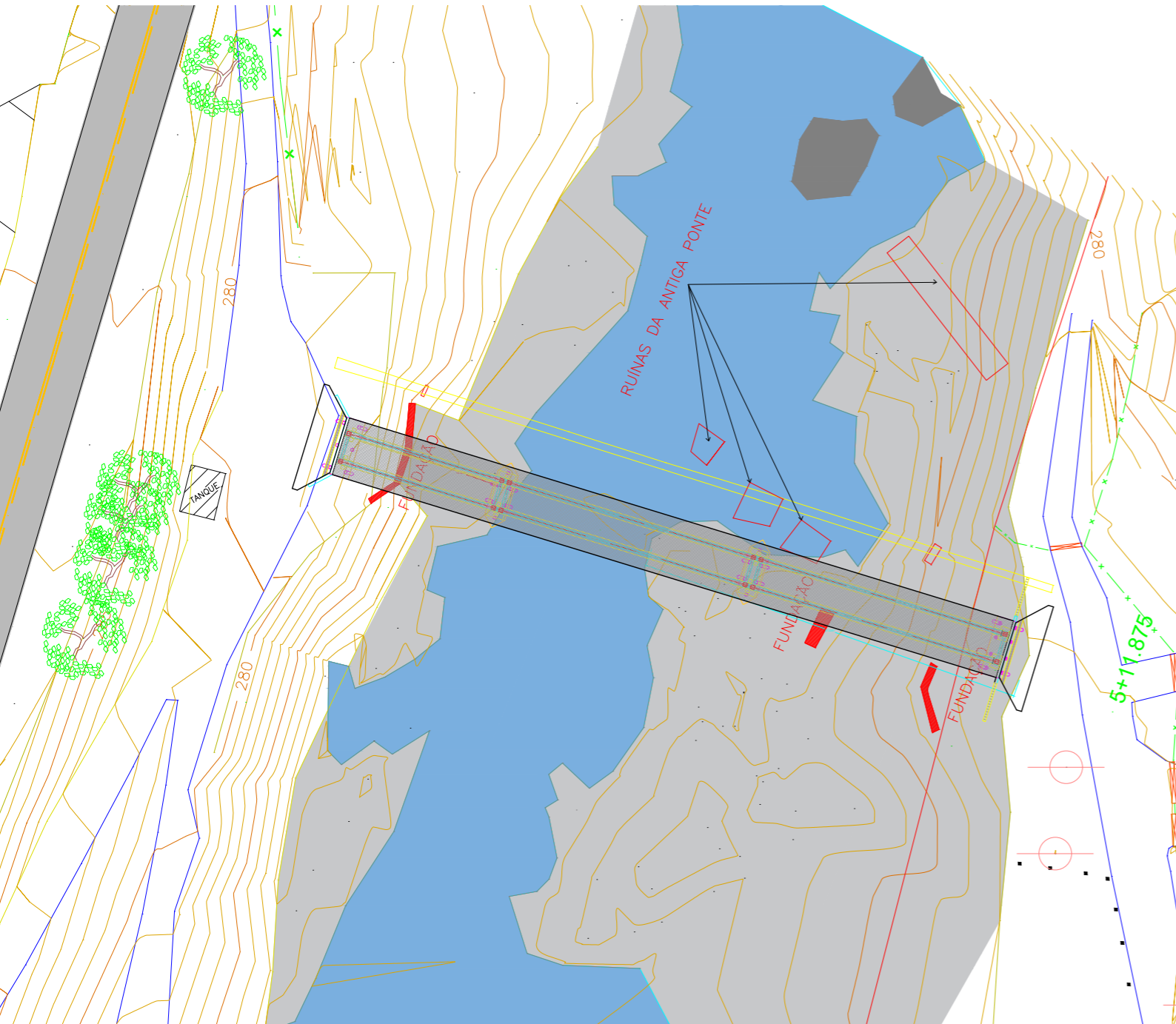


Vista da obra recém-concluída.



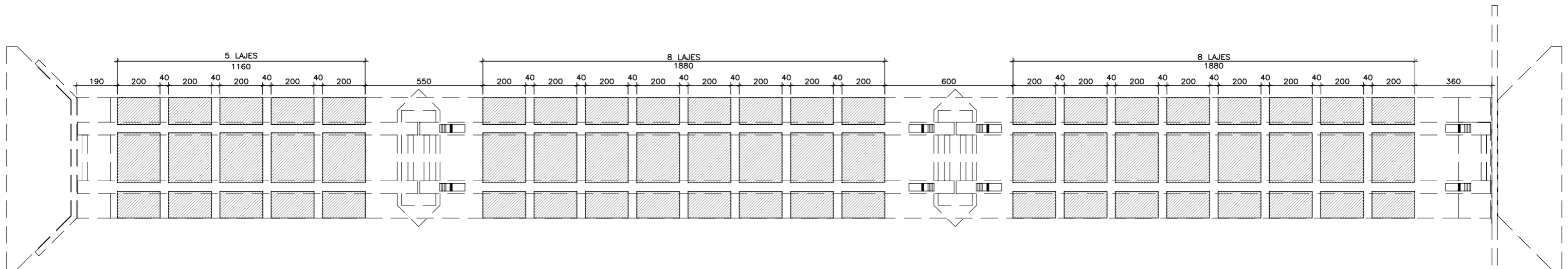
Ponte do conjunto de obras destruídas na cheia de 2011 na região serrana. Construída com elementos pré-moldados, vigas e lajes em concreto armado e protendido.

Uma particularidade da obra foi a dificuldade de lançamento dos elementos que só poderia ser efetuado por uma das margens. Assim, utilizou-se um guindaste de alta capacidade (500 toneladas), que lançou os três vãos de uma única posição.

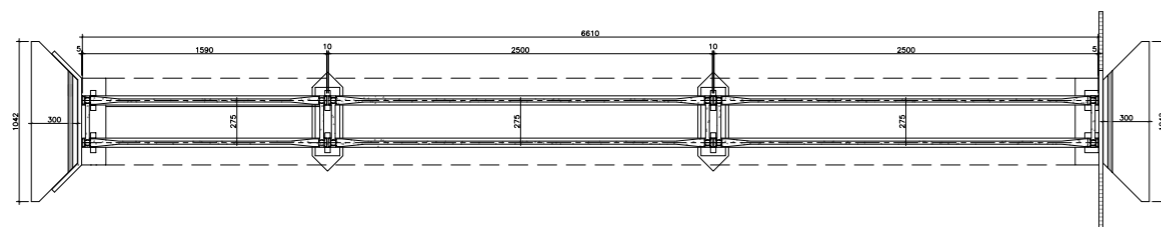


Acima, estudo de etapa construtiva sobre cimbramento em treliça metálica. Abaixo, etapa construtiva da mesoestrutura.

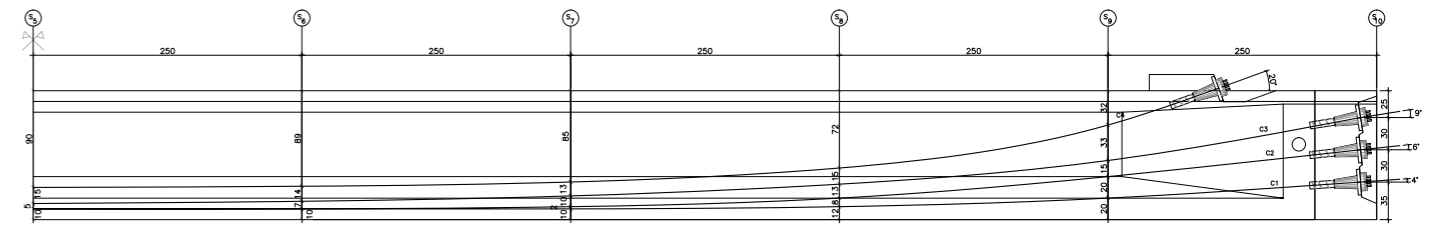
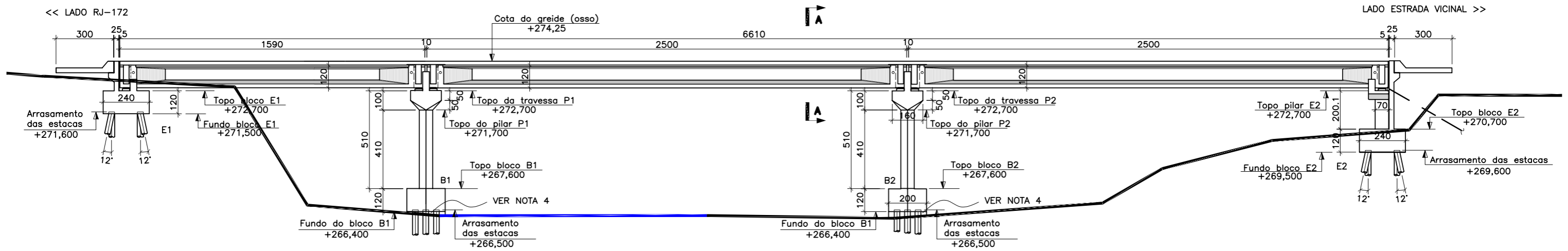




Detalhe das faixas de lajes pré-moldadas.

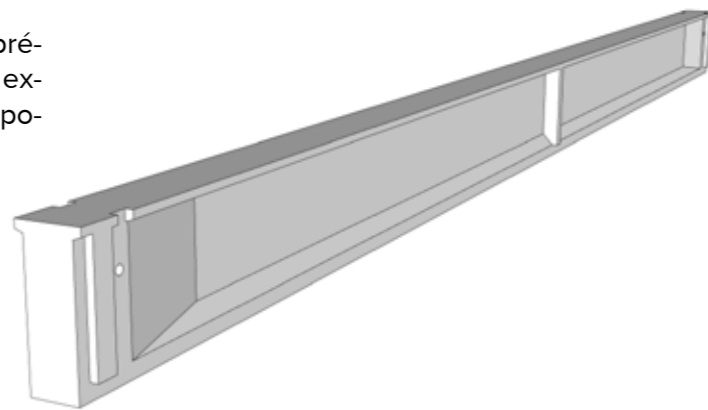




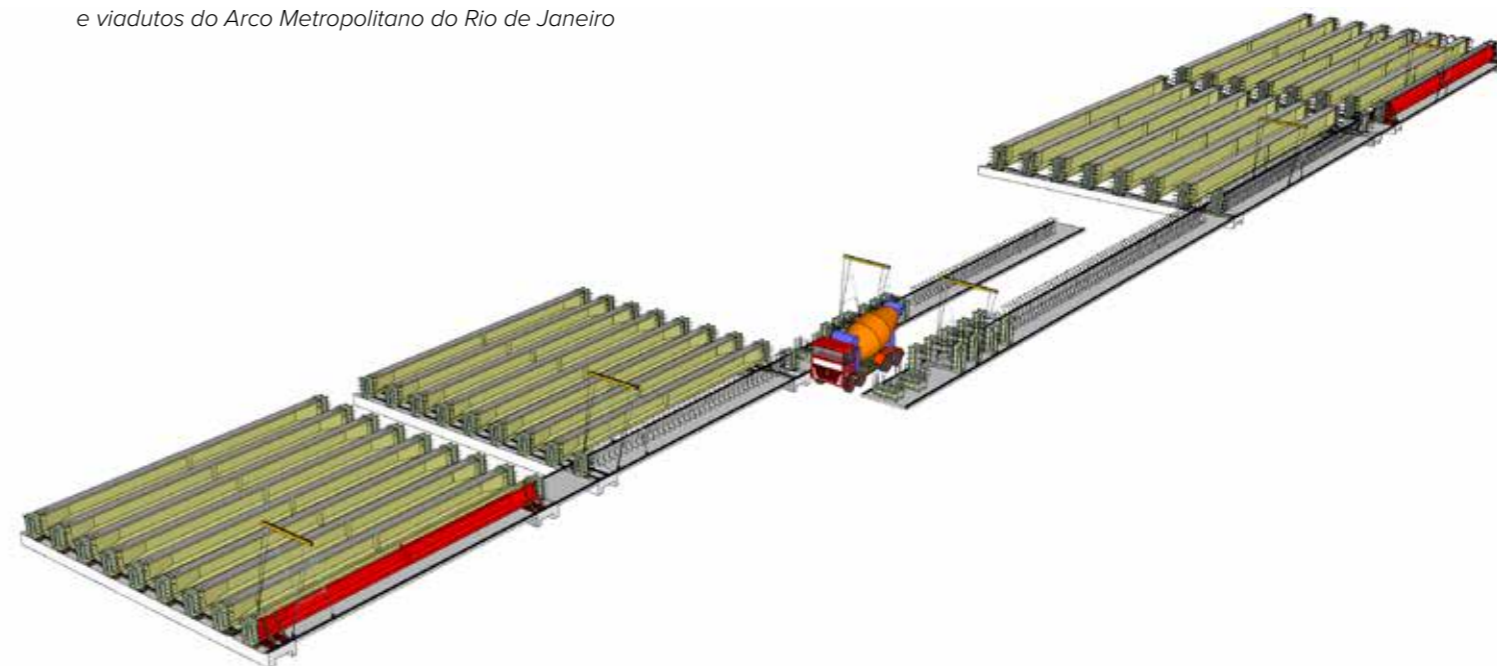


Obra recém-concluída.

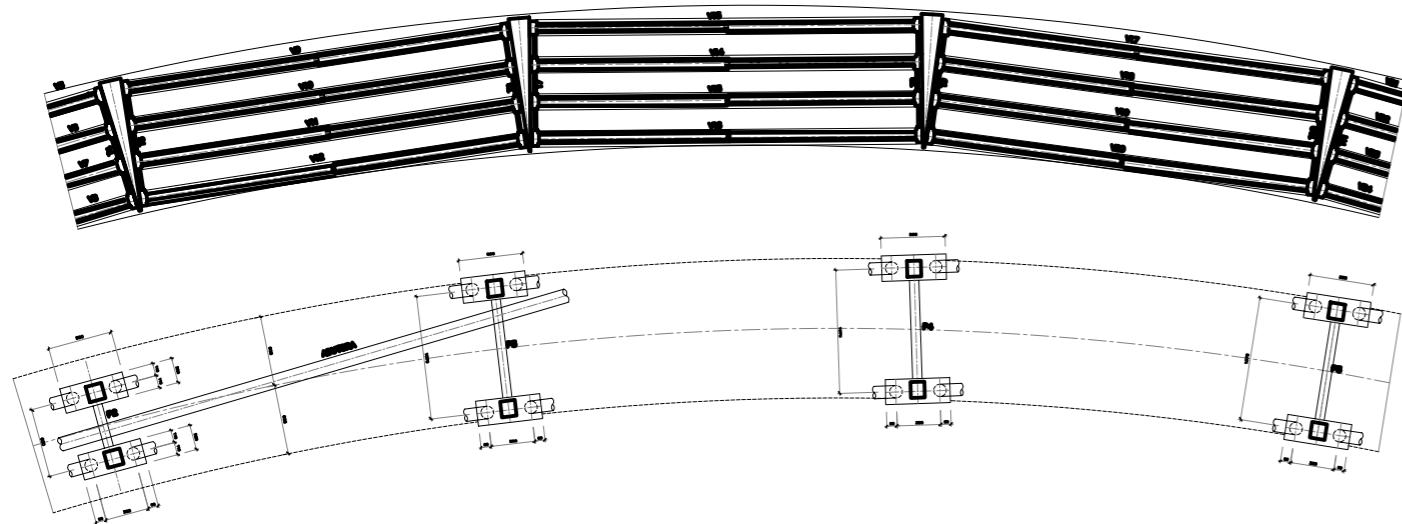
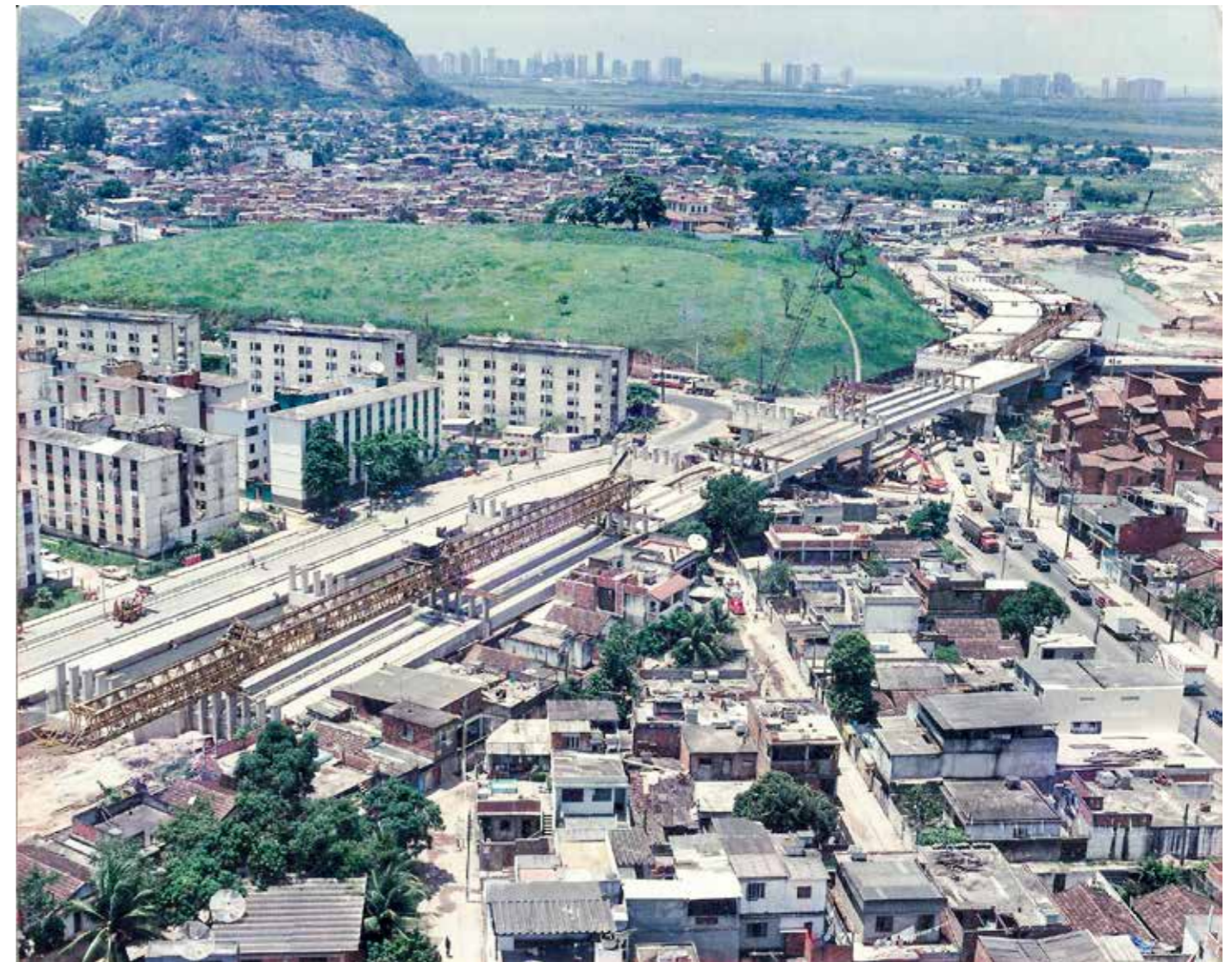
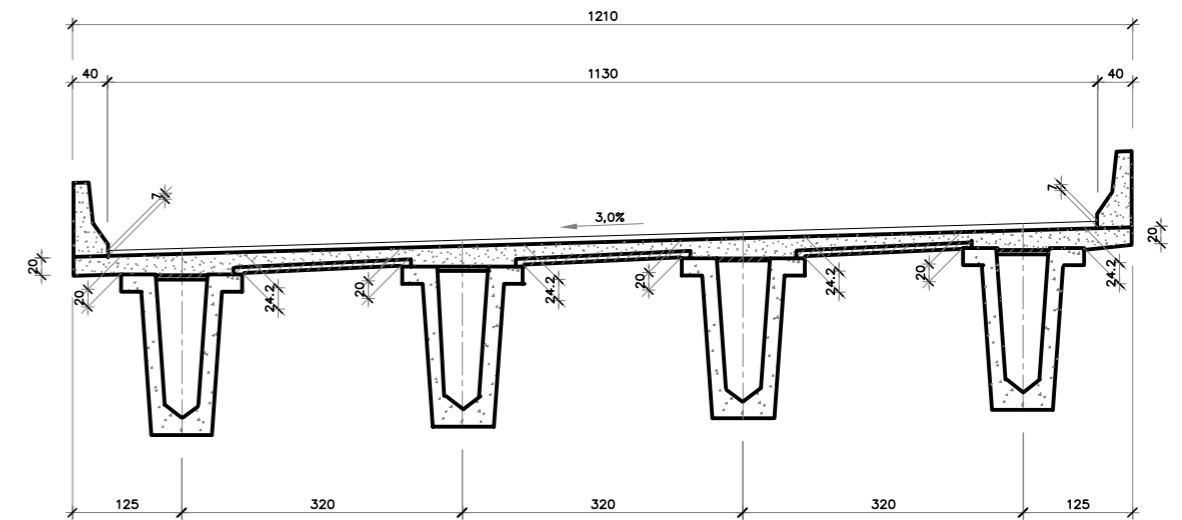
Pátio de fabricação e estocagem de 160 vigas pré-moldadas protendidas, com 30 e 20 metros de extensão, para as pontes e viadutos do arco metropolitano do rio de janeiro.



*Pátio de fabricação de 160 vigas protendidas para as pontes e viadutos do Arco Metropolitano do Rio de Janeiro*



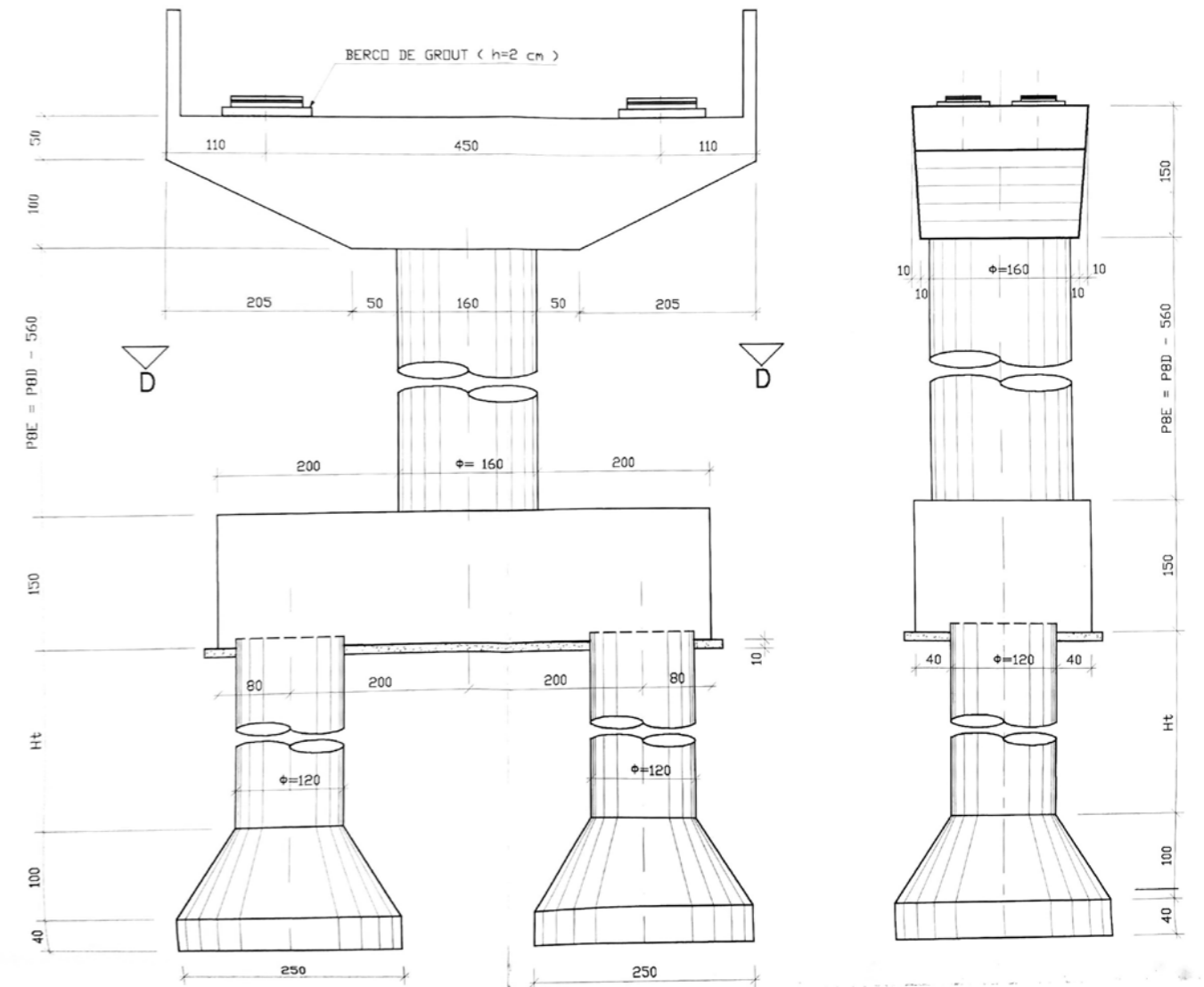




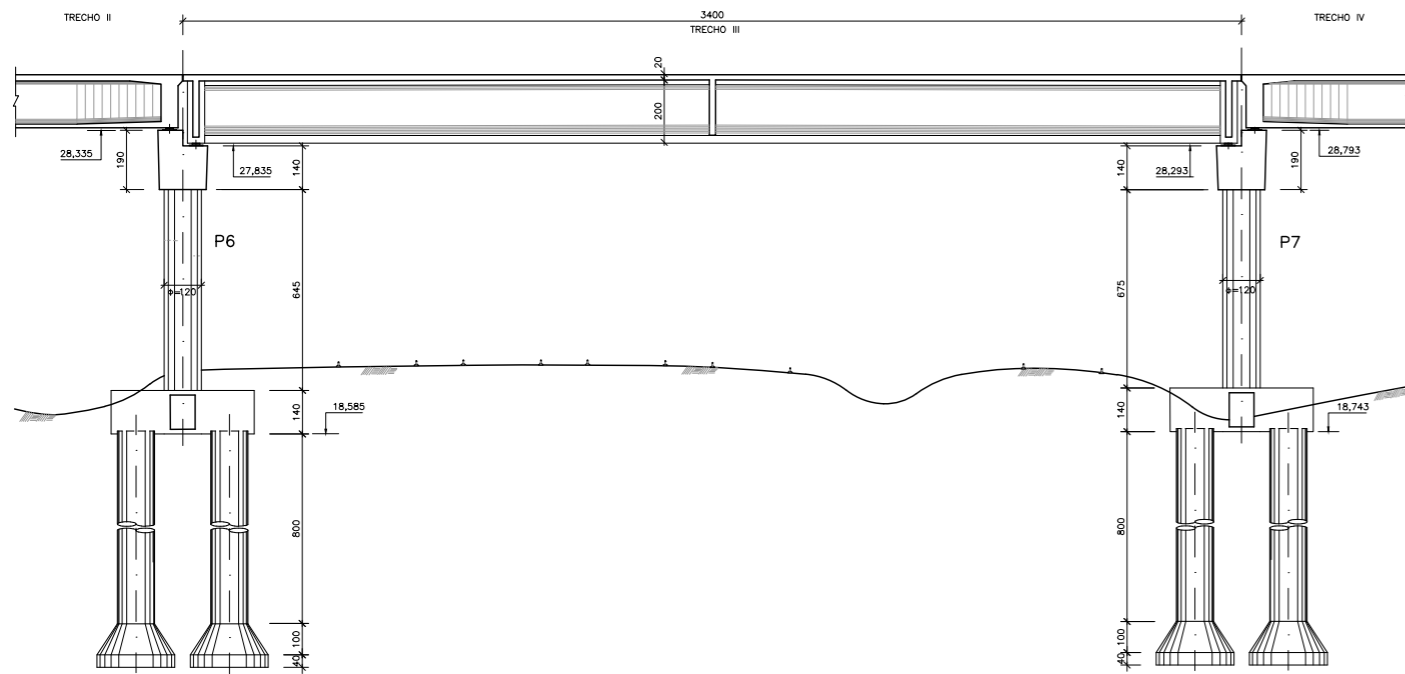
Vista da treliça Siset sobre os pilaretes provisórios durante o lançamento das vigas pré-moldadas protendidas.

Solução dos acessos em superestrutura moldada no local em seção celular, se ajustando bem a geometria relativamente complexa, com curvas horizontais e rampas. Para a transposição da via férrea, foram

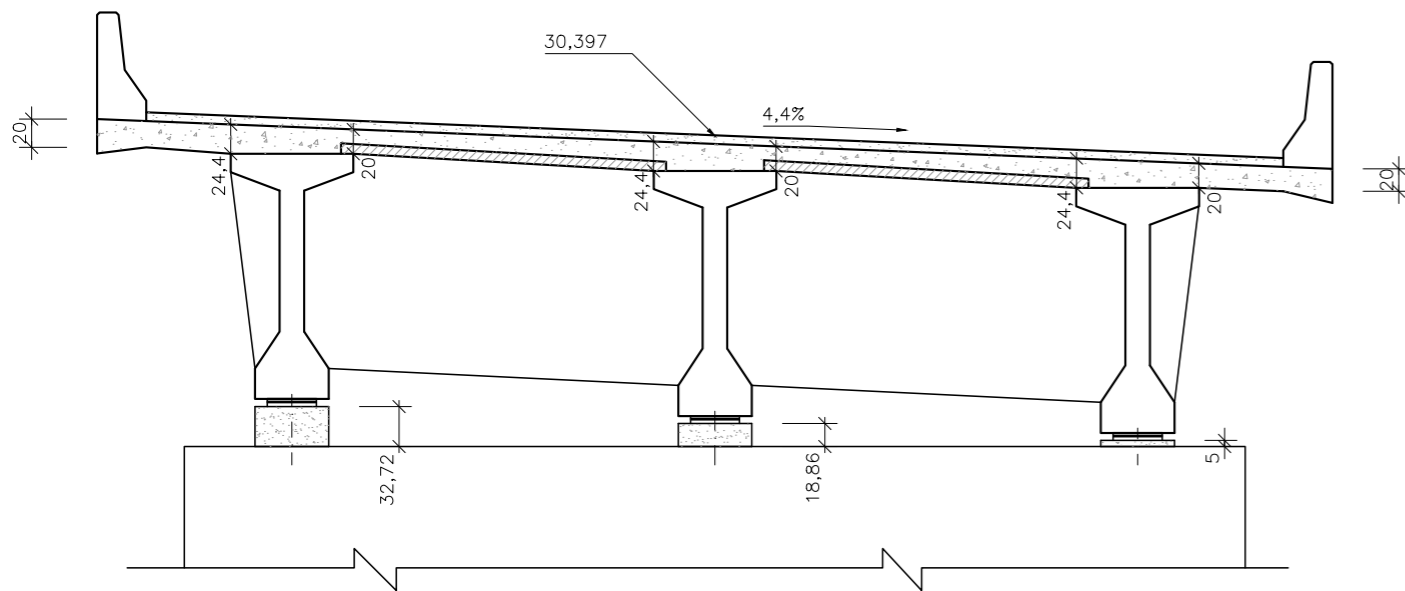
adotadas vigas pré-moldadas protendidas, evitando assim, interferência com a linha do trem durante a etapa construtiva.



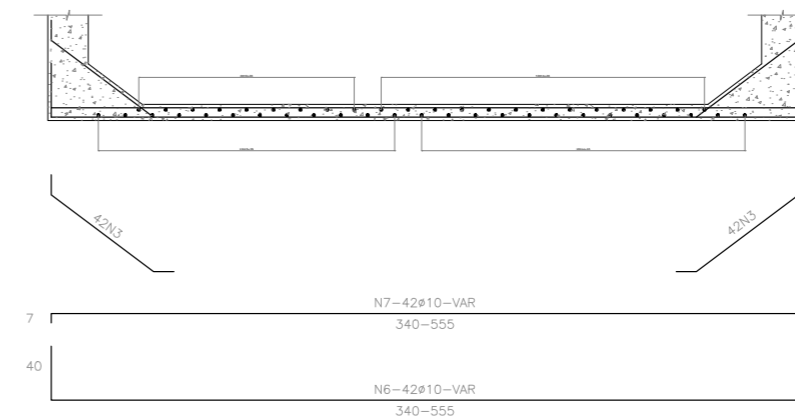
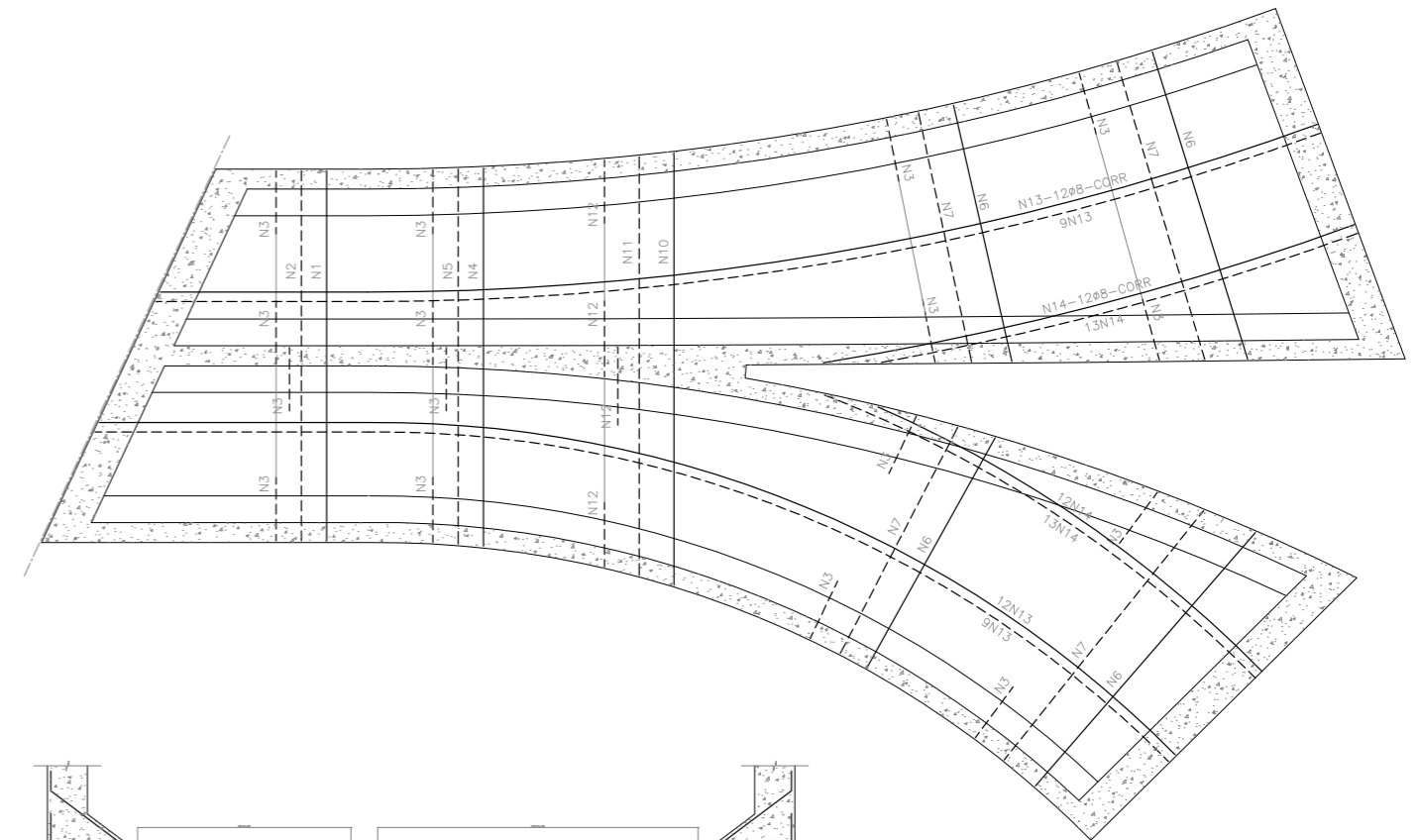
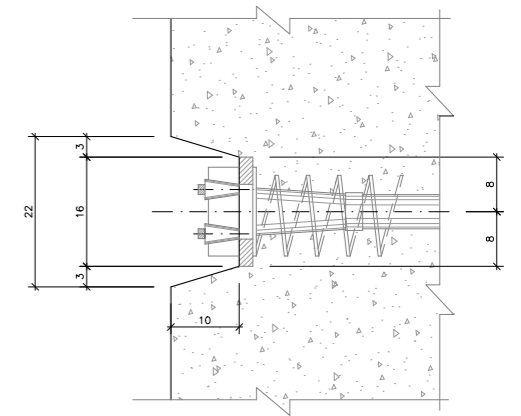
Detalhe da travessa e pilar do apoio do trecho do vão central em viga pré-moldada.



Detalhe do vão central em viga pré-moldada protendida.



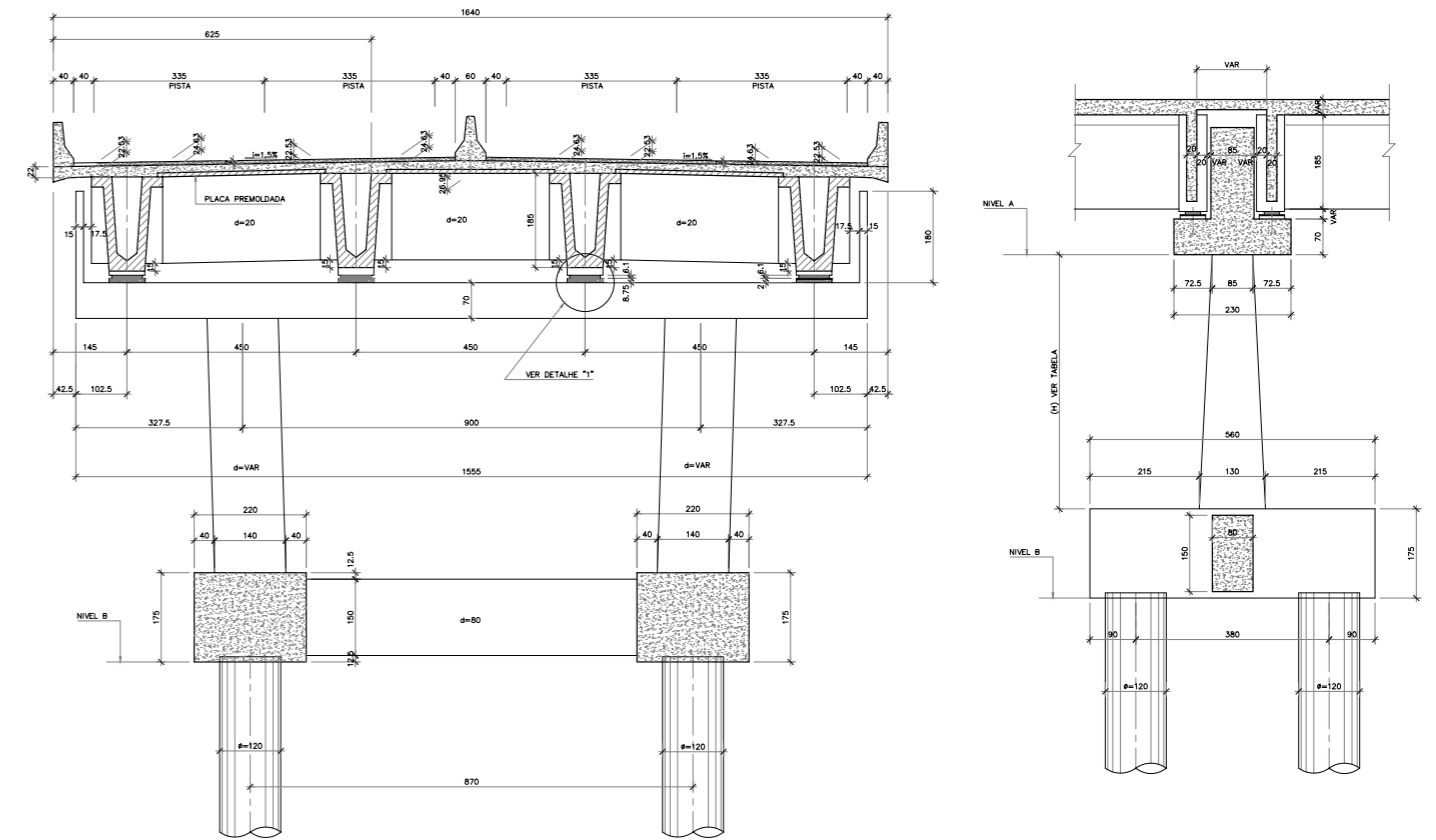
Detalhe em planta do trecho de bifurcação concebido em viga celular moldada no local



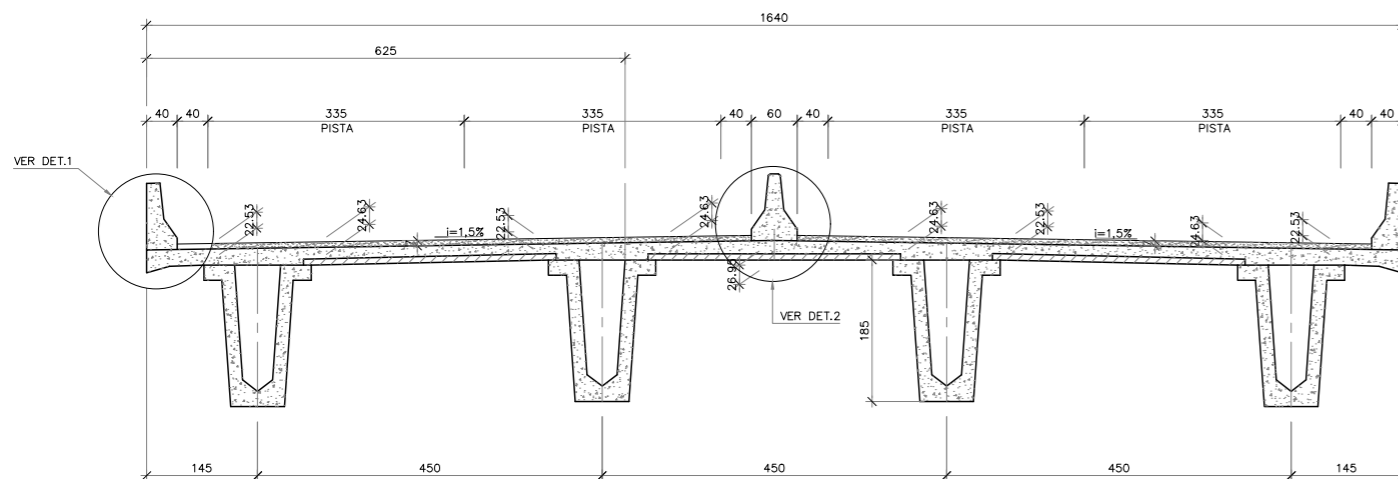
Ponte com duas faixas por sentido, totalizando x metros de largura na seção transversal, com quatro vigas tipo calha pré-moldadas protendidas com x metros de extensão. O projeto geométrico viário apresenta-se todo em tanjente, porém, com curva vertical e declividade transversal, justificando-se o detalhamento de elementos de ajuste geométricos tais como berços e cunhas de apoio. Laje moldada no local sobre pré-lajes em concreto armado. As vigas foram produzidas em pátio junto a obra,

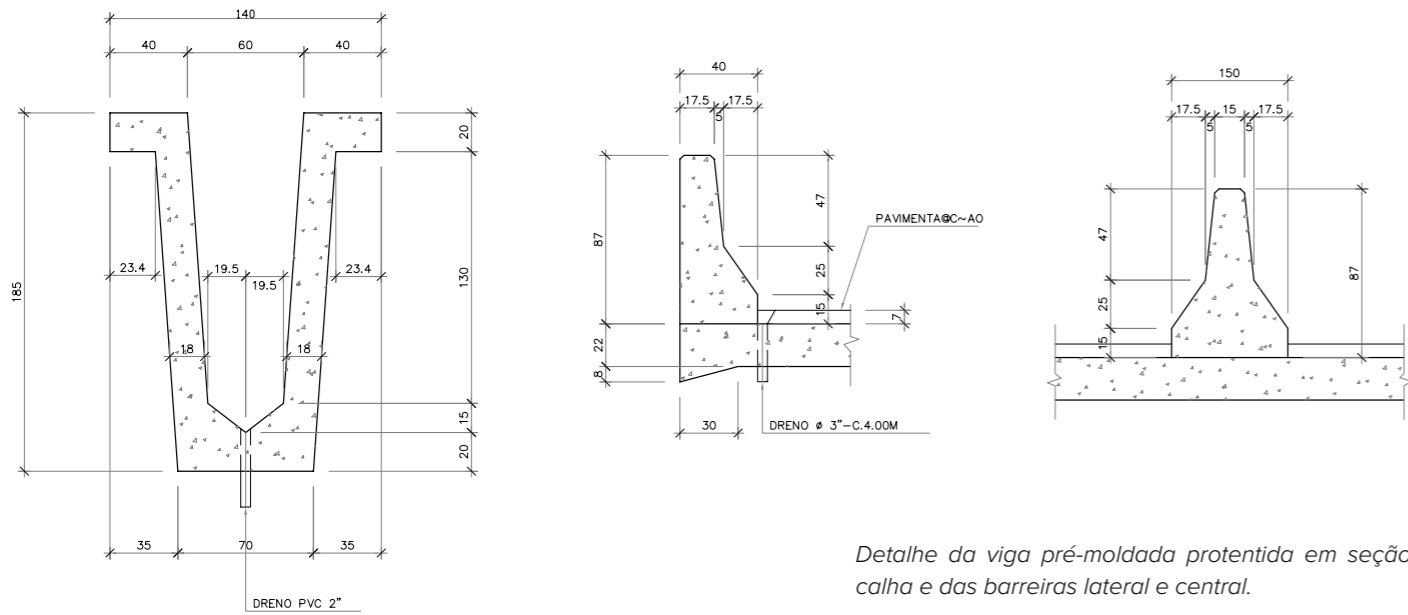
transportadas com carrelonee e lançadas com treliça sictet. A obra faz parte das vias de acesso a Linha Amarela, na Av. Ayrton Senna, Barra da Tijuca - Rio de Janeiro.

Pode-se destacar a solução das fundações em solo de baixíssima capacidade (argila mole) consistindo de estacas metálicas tubulares de 1200mm de diâmetro de 450 toneladas de capacidade de carga parcialmente preenchidas em concreto armado submerso.

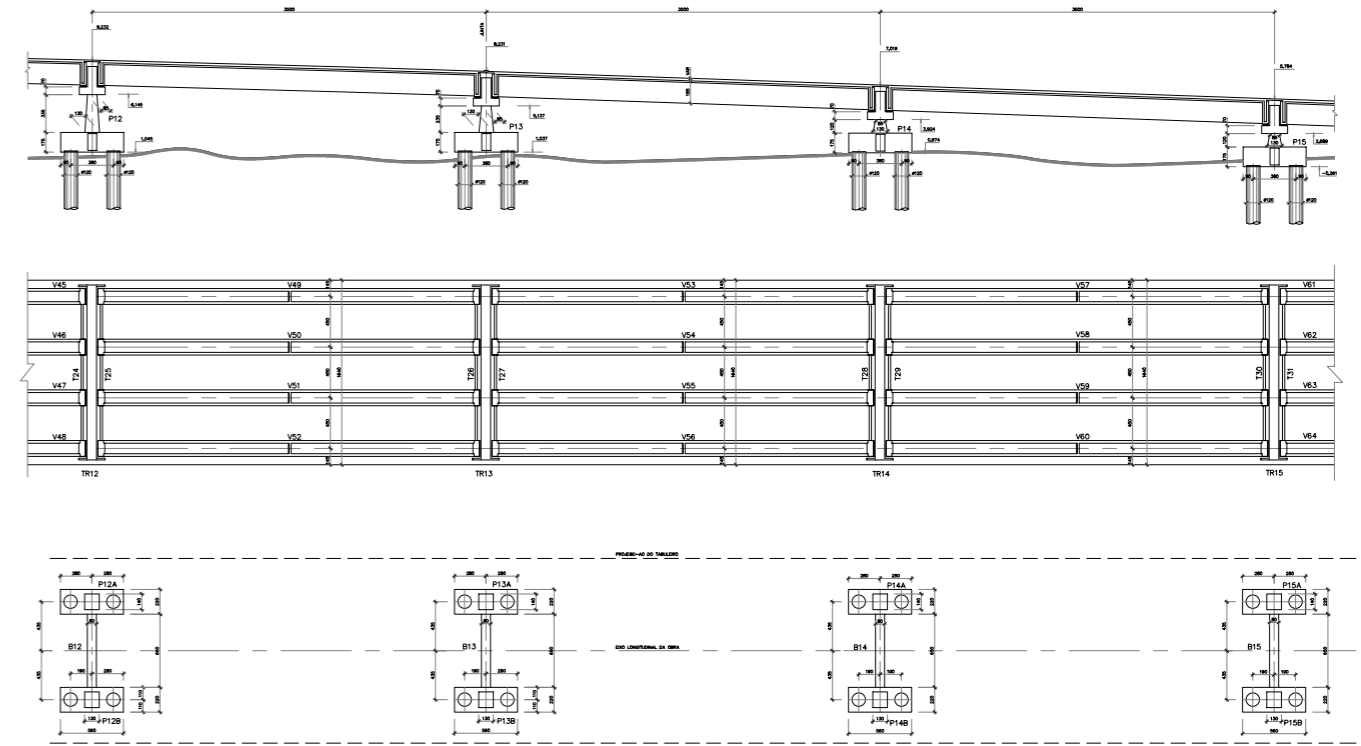


Detalhe típico do pórtico de apoio das vigas pré-moldadas.





Detalhe da viga pré-moldada protendida em seção calha e das barreiras lateral e central.







Extensão dos viadutos do trevo das margaridas em vigas pré-moldadas protendidas. Projeto desenvolvido para permitir a evolução das obras em situação de tráfego intenso, ligando a Av. Brasil à rodovia Presidente Dutra (Rio-SP).

Viaduto de ligação da Av. Brasil à rodovia BR-040 (RJ-MG). Acessos com contenções em terra armada e viaduto em vigas pré-moldadas protendidas.



Vista aérea das obras recém-concluídas.

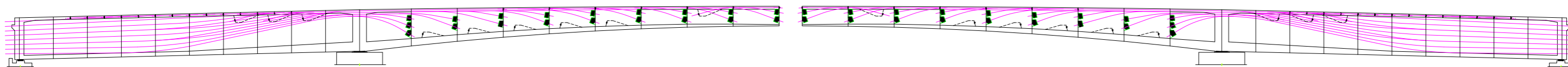


# BALANÇOS PROGRESSIVOS

Pelos métodos tradicionais, para construir uma ponte, era necessária uma fôrma que cobrisse toda a sua extensão. A solução de escoramento dessa estrutura de madeira que teria que suportar todos os equipamentos e materiais (pedras, concreto...) costumava ser mais desafiadora do que a construção da ponte propriamente dita.

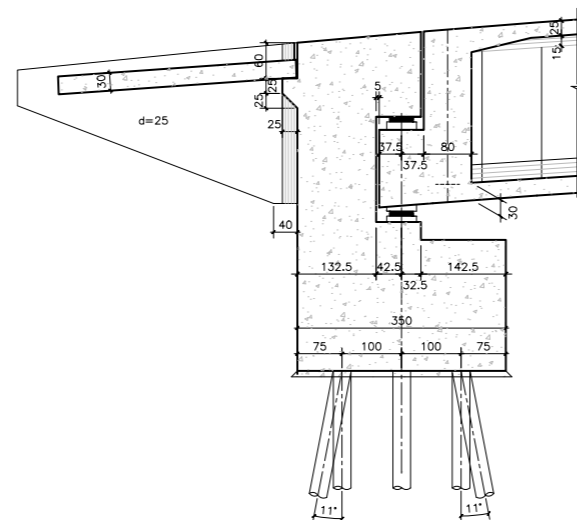
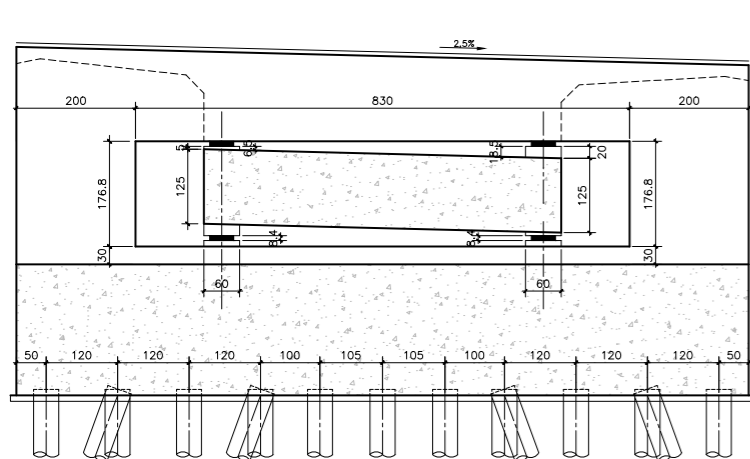
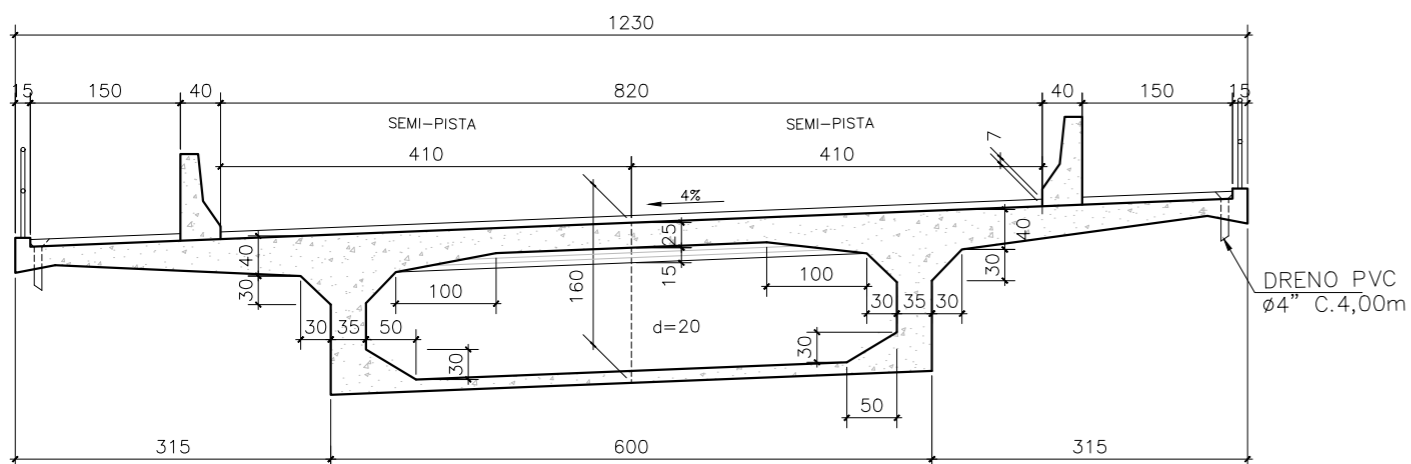
Com o balanço sucessivo (ou progressivo), a ponte vai sendo concretada em etapas, fazendo com que cada nova parte da superestrutura se apoie em balanço na parte já executada. O sistema é particularmente interessante quando a altura da ponte em relação ao terreno é muito grande - o que inviabiliza um escoramento em um ponto central - ou quando é necessário transpor importantes vias, como foi o caso da Transcarioca.



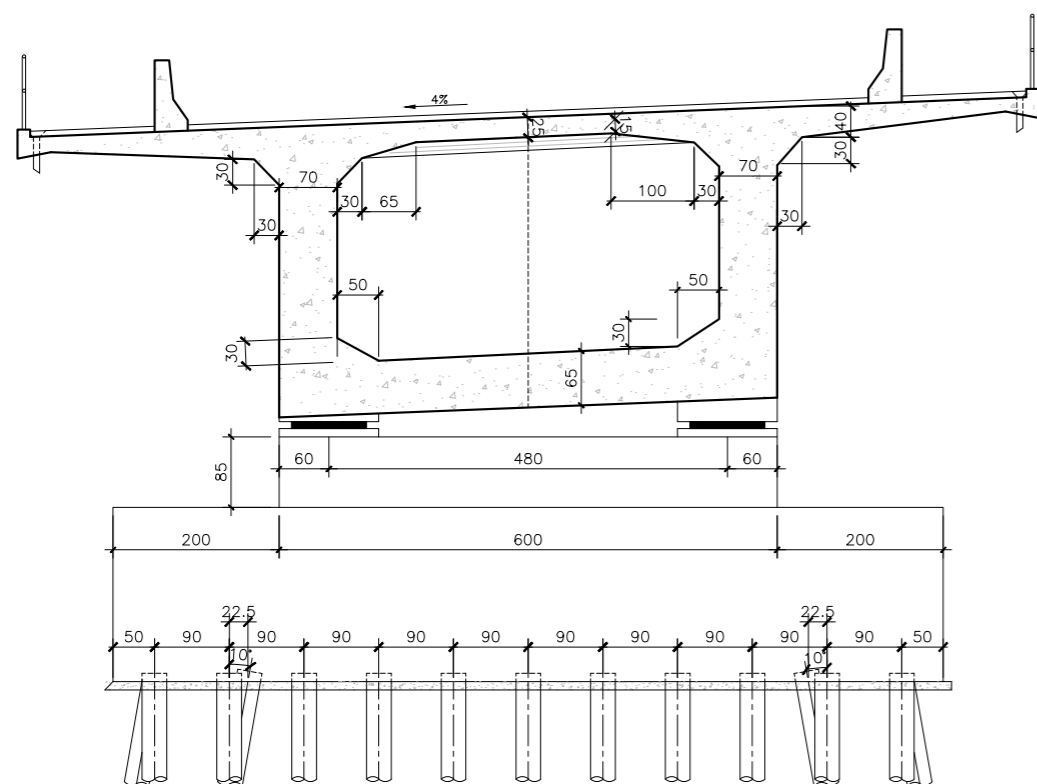


A ponte foi projetada e construída no ano de 2006, nos últimos 6 meses de gestão do governo estadual do Rio de Janeiro. Inicialmente, foi considerada inexequível em balanços progressivos, face a indisponibilidade de espaço para implantação de vãos extremos compatíveis com a extensão do vão cen-

tral. Com vãos extremos muito curtos, despertou-se reações de tração junto aos apoios dos encontros e a obra foi viabilizada com aparelhos de apoio especiais e solução estrutural singular, na qual se mobilizou o peso “perdido” dos encontros extremos para anular as reações de tração que ali ocorriam.

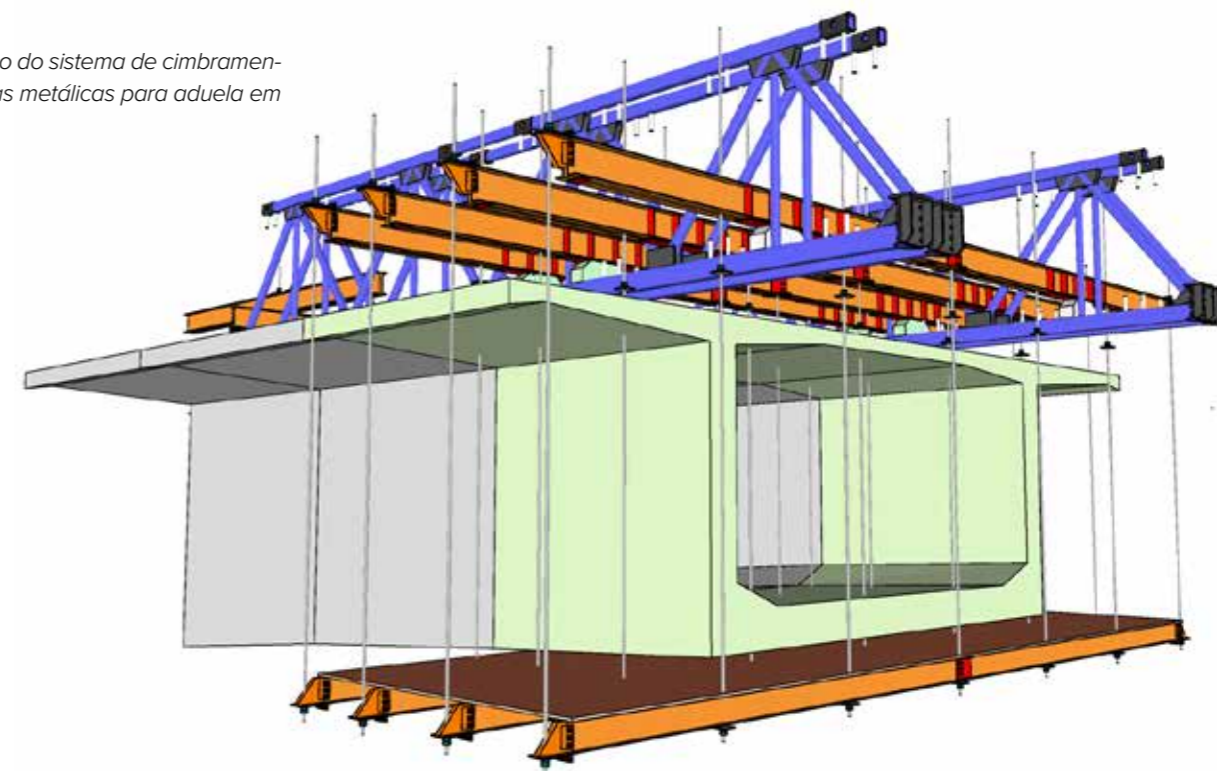


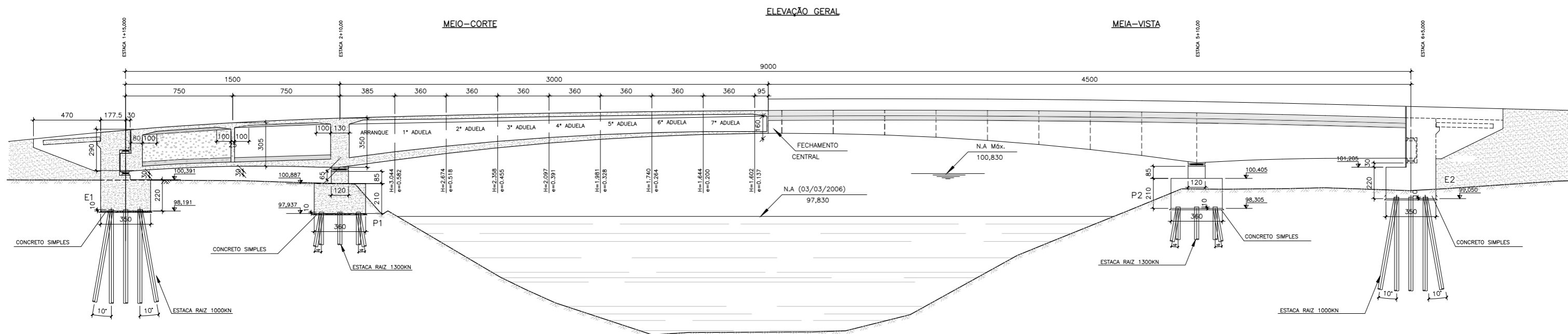
Detalhe da construção das últimas aduelas no trecho do fechamento central.



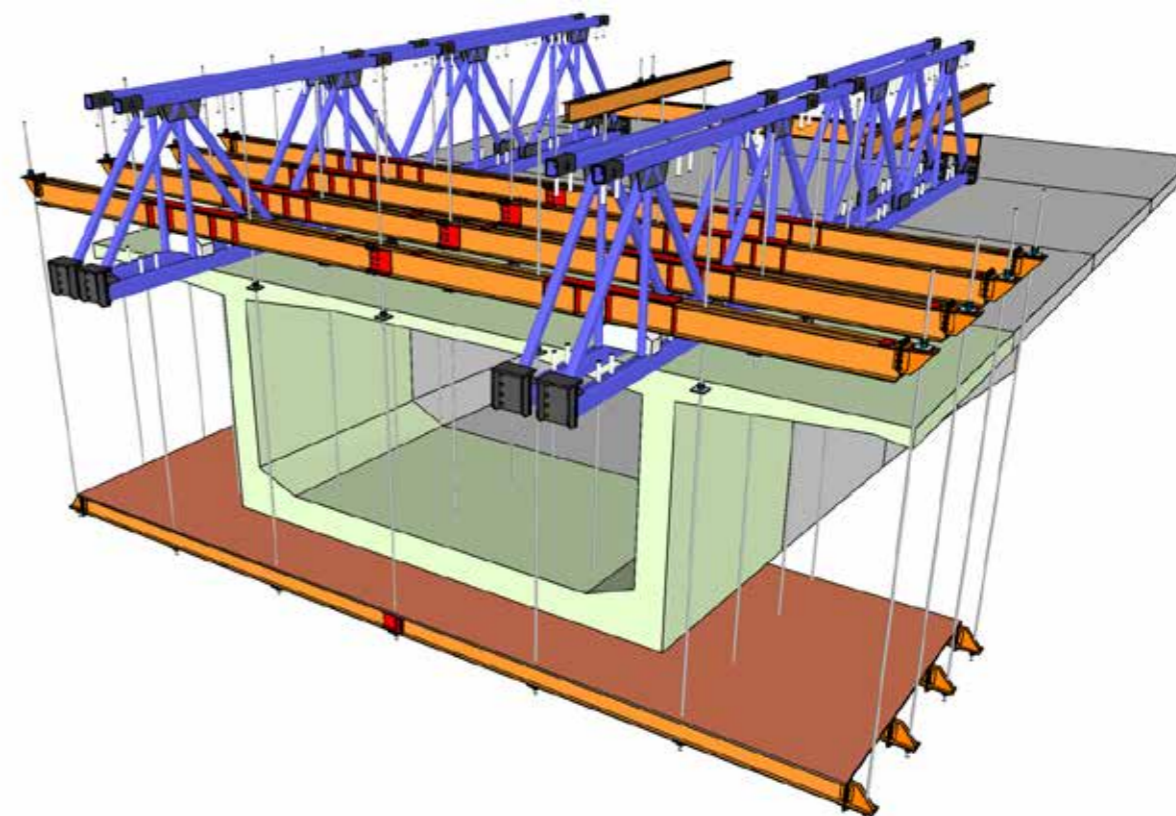
Detalhe da produção da aduela boldada "in-loco" suportada por treliças para balanço progressivo.

Abaixo: Detalhamento do sistema de cimbramentos em treliças metálicas para aduela em balanço.

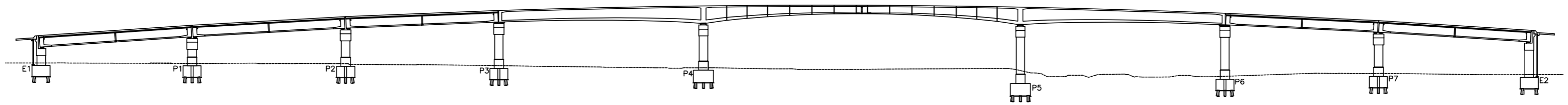




Detalhamento geométrico do projeto estrutural com extensão total de 90 metros e vão central de 60 metros.

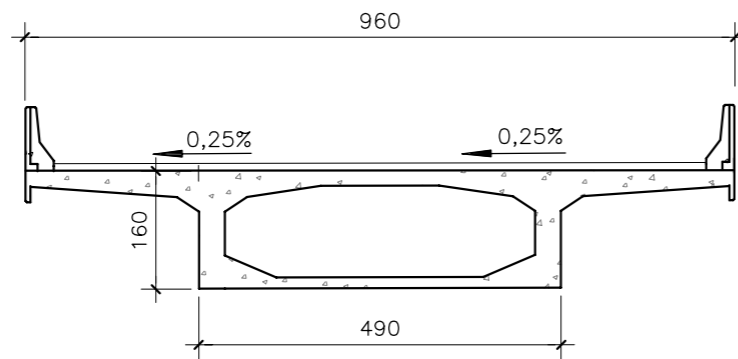
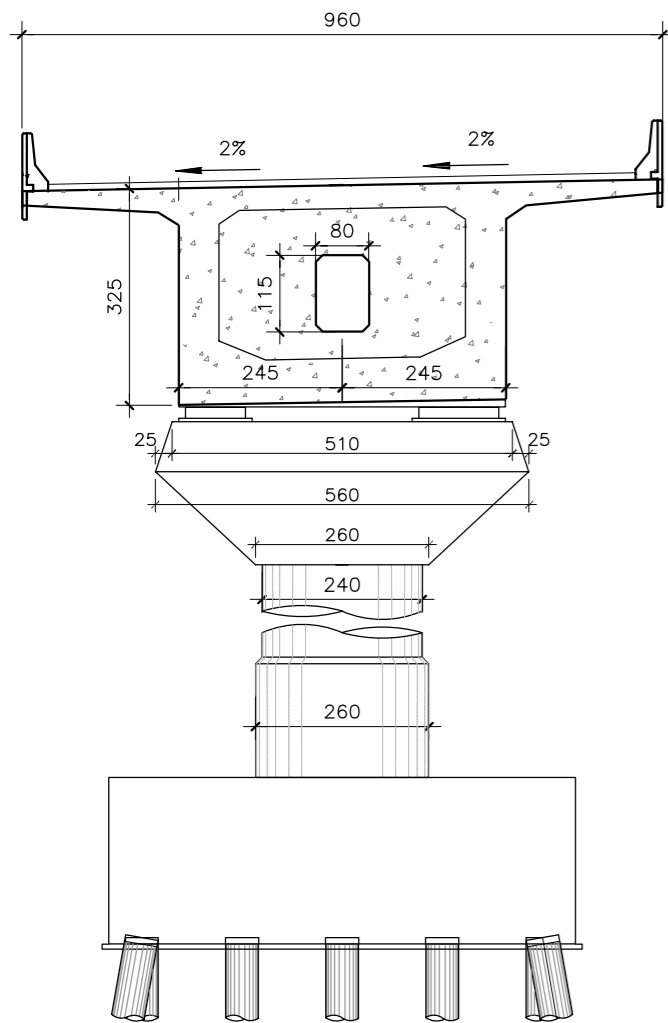






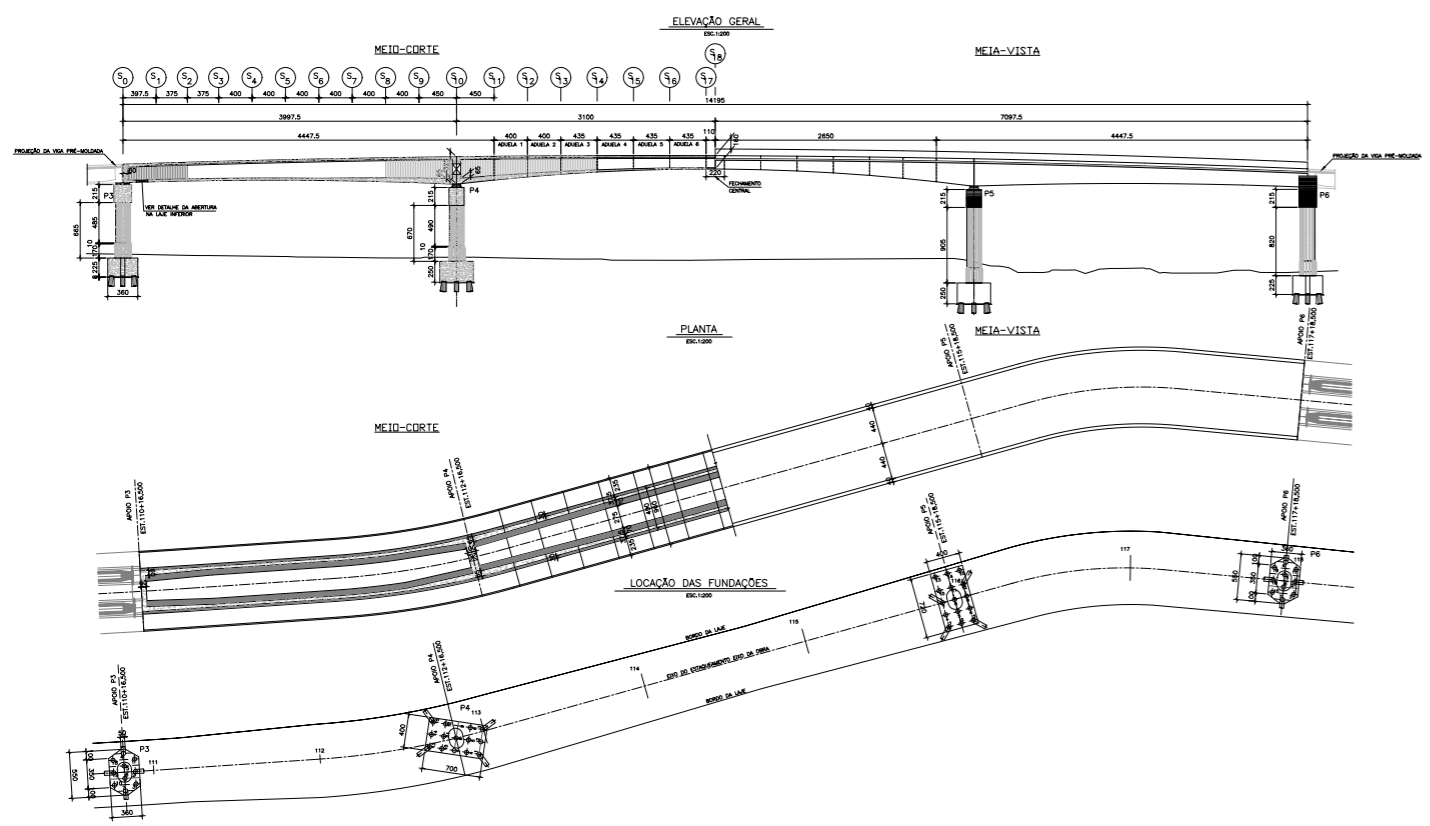
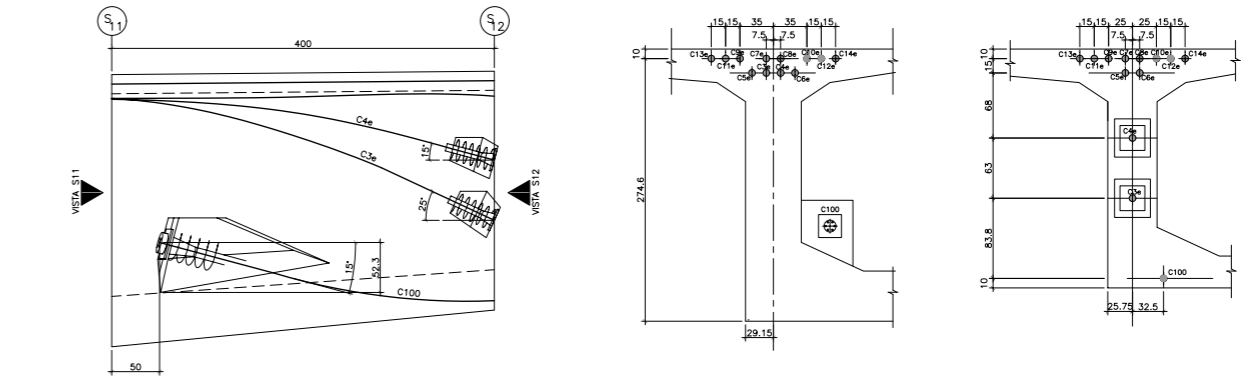
O viaduto fez parte das obras de ampliação do BRT na cidade do Rio de Janeiro. O trecho principal da travessia sobre a Supervia foi concebido em seção celular e construído pelo processo de balanço progressivo com 62 metros

de extensão, equilibrado por vãos extremos lastreados com 40 metros cada. Os demais vãos foram projetados em vigas calha pré-moldadas em concreto protendido com aproximadamente 30 metros de extensão.

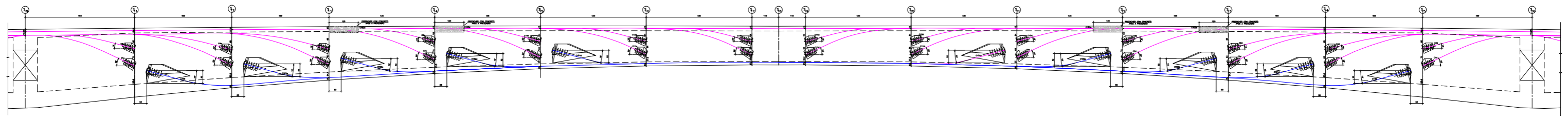


Detalhe da seção do apoio na aduela de "arranque" para o trecho em balanço sucessivo.

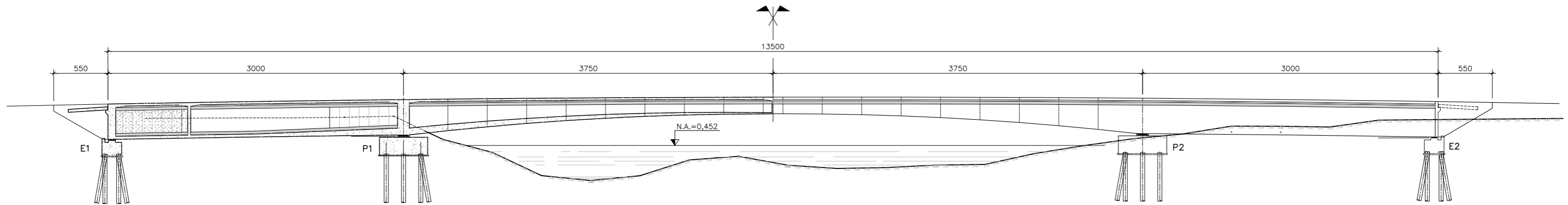




Superestrutura no trecho da travessia sobre a Supervia com vão livre de 62 metros de extensão.

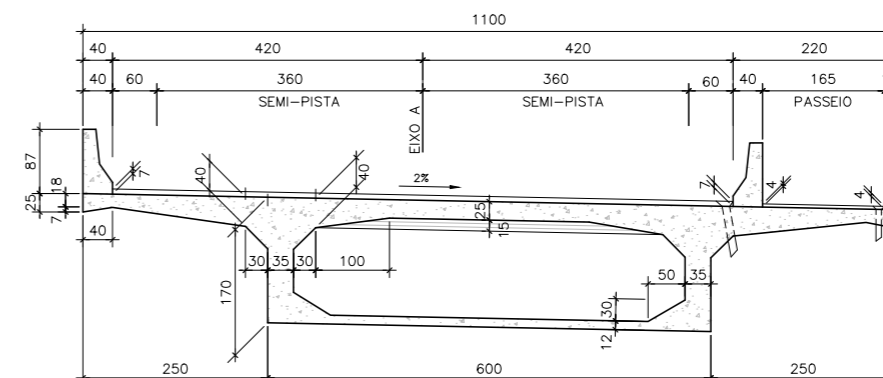




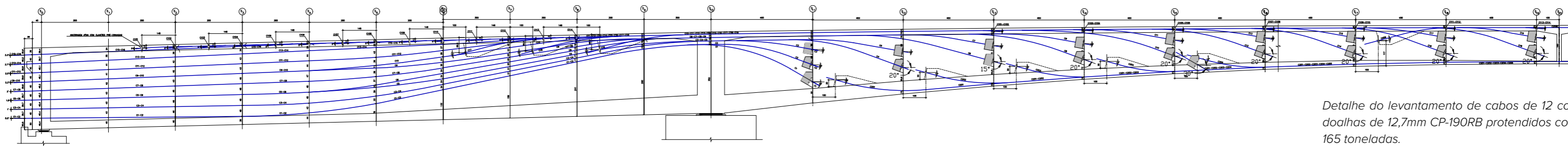


A ponte foi projetada em balanços progressivos em aduelas no vão central, suportadas por treliças, equilibradas por vãos extremos lastreados, previa-

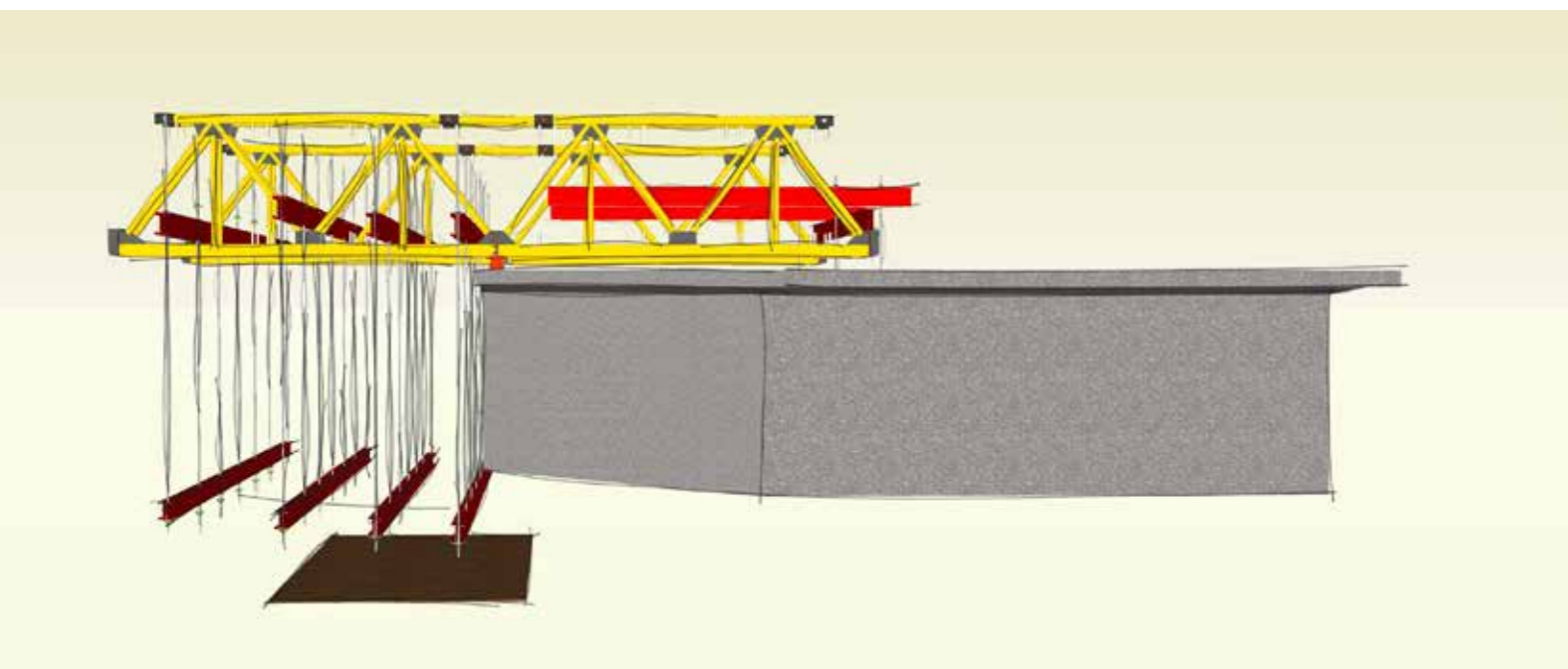
mente executados, de forma a equilibrar os momentos negativos e respectivas reações nos apoios durante a fase construtiva.



Detalhe da construção de aduela



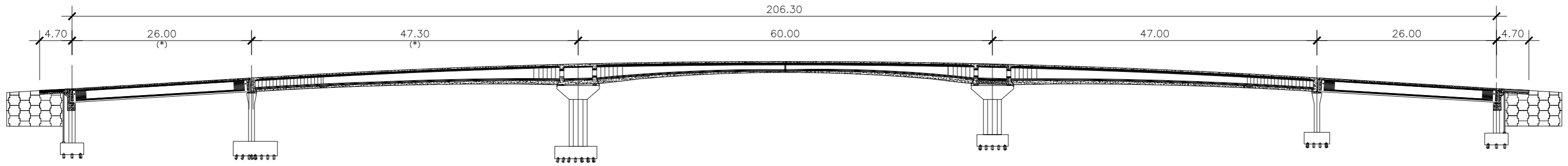
Detalhe do levantamento de cabos de 12 cordoalhas de 12,7mm CP-190RB protendidos com 165 toneladas.



Detalhe da construção das primeira aduelas.





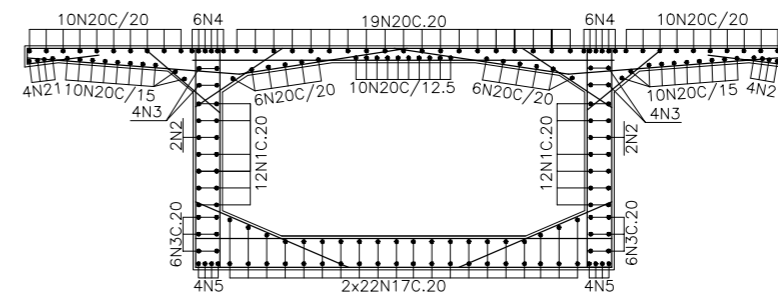


O Viaduto de Tomás Coelho transpõe a linha férrea de mesmo nome, seguindo um traçado com forte escurvidade, o que resultou em um acréscimo expressivo no comprimento do vão central.

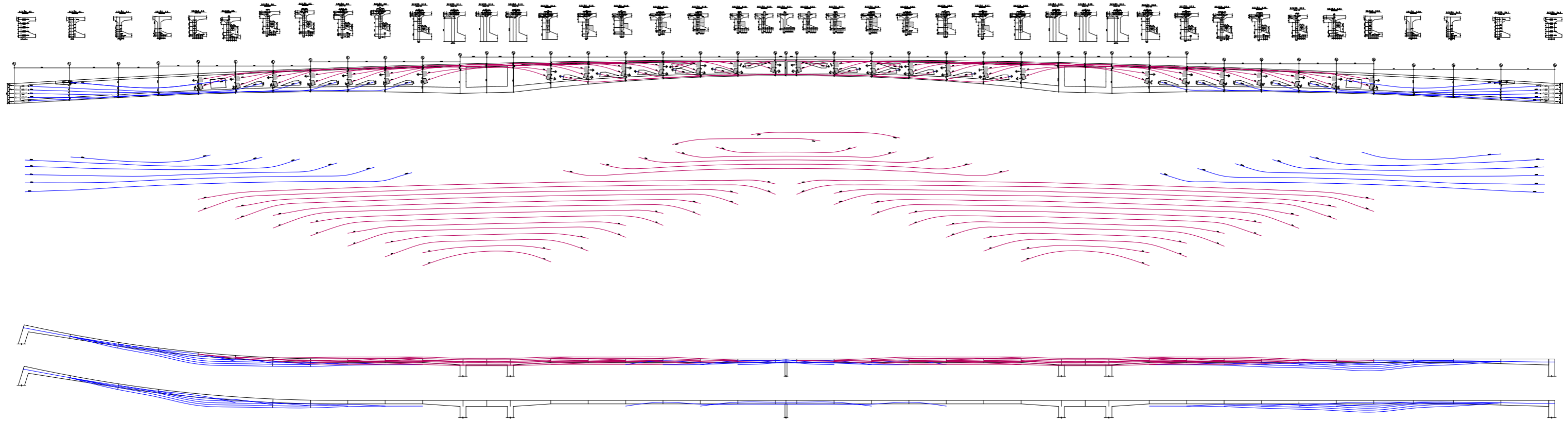
Uma particularidade da solução foi a concepção da superestrutura sobre quatro aparelhos de apoio em elastômero fretado em cada um dos pórticos de apoios centrais.

A solução de balanço sucessivo em concreto protendido moldado no local permitiu a construção sem nenhuma interferência sobre o tráfego da linha férrea.

Desta forma, foi possível avançar em balanços sucessivos, sem a necessidade de apoios provisórios na direção do vão central.

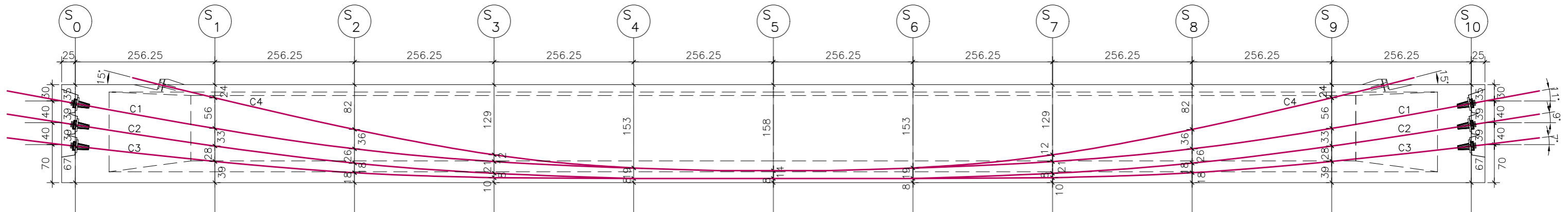


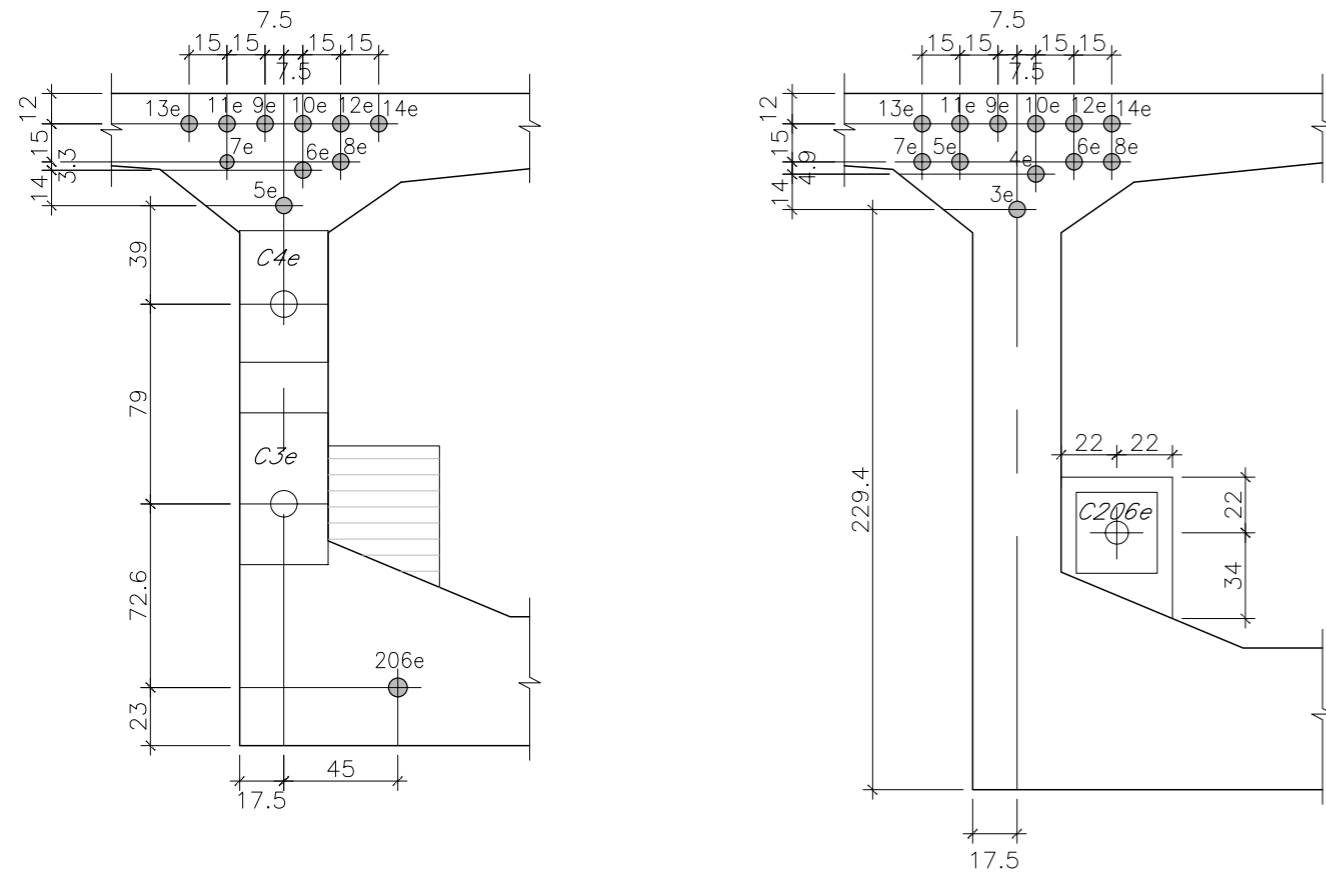
Detalhe típico das armaduras de uma aduela.



Acima: cablagem do trecho em balanço sucessivo

Abaixo: cablagem da viga pré-moldada.

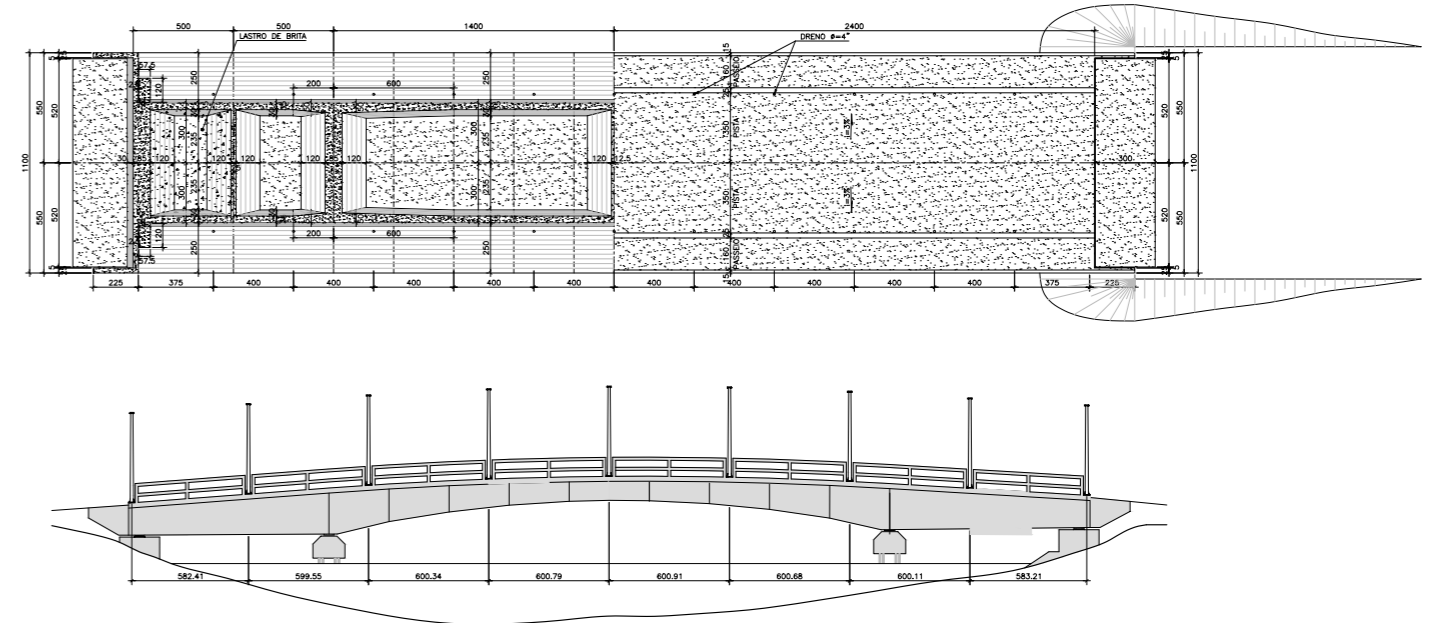




Viaduto concluído.

Detalhe dos vãos de acesso nos extremos em vigas pré-moldadas.

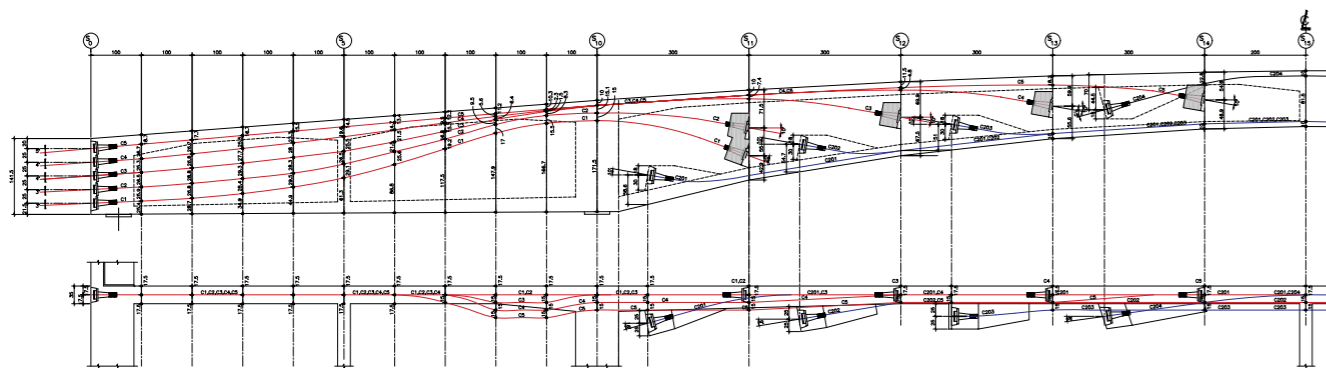




Acima, detalhes do projeto executivo de forma caracterizado por seção celular protendida.

De forma a evitar escoramento na lagoa, a ponte foi construída em balanços sucessivos em seção celular protendida com altura variável. Infra-dorço parabólico acentuado, liberando gabarito de navegação, resultando numa boa solução estética.

Outra particularidade está nos vãos de extremidade muito curtos e que podem apresentar reação negativa (tração) nas extremidades para algumas combinações de carregamento nos blocos de apoio final. A superestrutura foi então ancorada nos blocos de extremidade que foram projetados com estacas resistentes a tração.



# ALARGAMENTOS E DUPLICAÇÕES DE VIAS

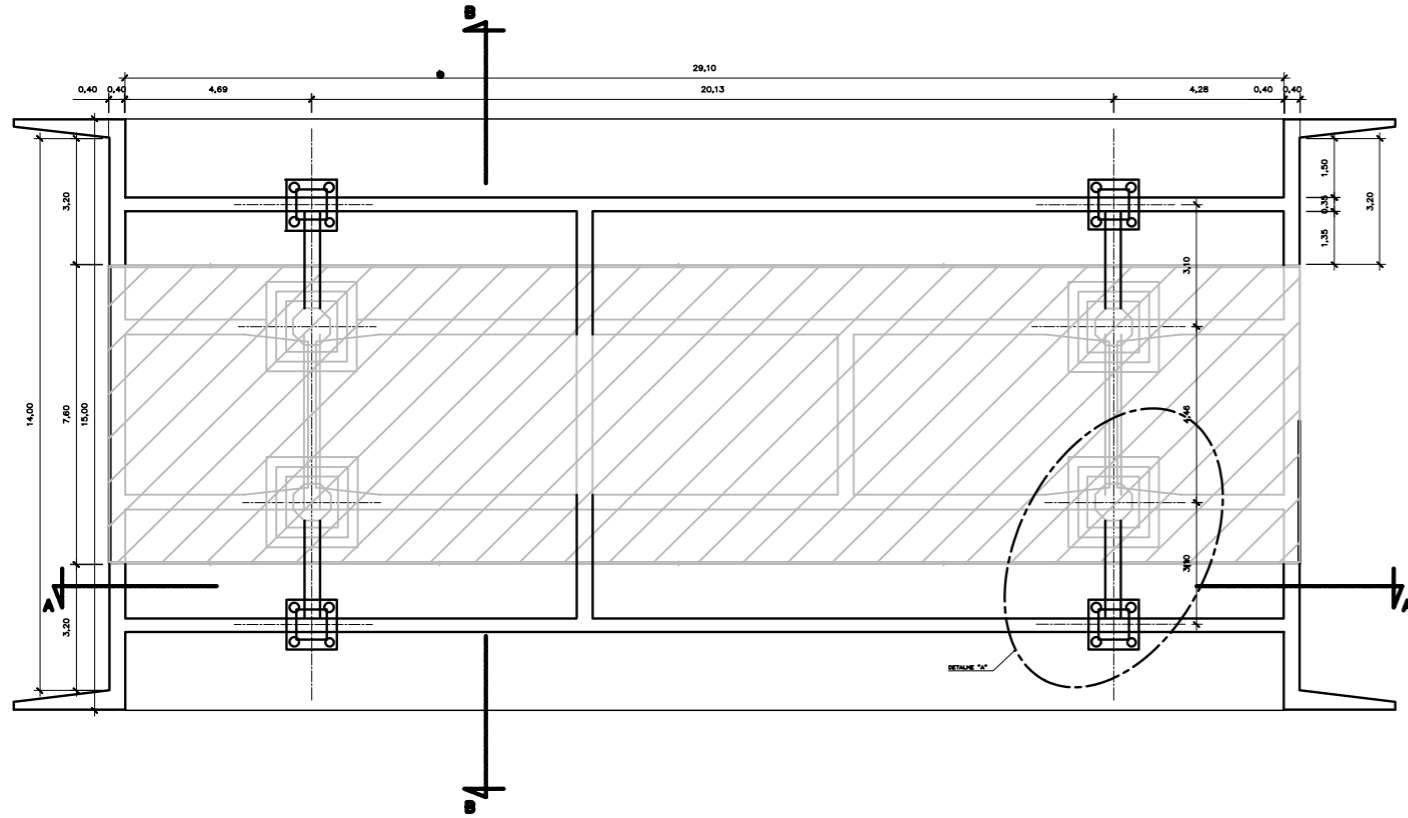
Em 1965, o arquiteto e urbanista grego Constantinos Apóstolos Doxiadis entregou ao então governador Carlos Lacerda o Plano Doxiadis, também conhecido como Plano Policromático, que definiria as linhas centrais para o desenvolvimento urbano do Rio de Janeiro. Nada mais justo que, 32 anos depois, a Linha Amarela, uma das principais vias previstas no plano, recebesse o nome de Avenida Governador Carlos Lacerda.

Mesmo tendo levado tanto tempo para sair do papel, a Linha Amarela mostra o poder que as vias têm de desenvolver as regiões por elas cortadas. Nos 13 primeiros anos de vida, a avenida acompanhou o crescimento da população da Zona Oeste em mais de 20%. Além disso, o IDH (Índice de Desenvolvimento Humano) também cresceu significativamente após a abertura da via - de acordo com o IBGE, entre 1991 e 2000, a Zona Oeste saltou de 0,74 para 0,80, enquanto a Zona Norte subiu de 0,76 para 0,81.

Outro exemplo interessante é o da Avenida Brasil. Inaugurada no ano de 1946 com a perspectiva de tráfego de 4 mil veículos por hora em cada sentido, a mais importante via expressa da cidade do Rio tem, atualmente, um movimento diário de mais de 200 mil veículos.

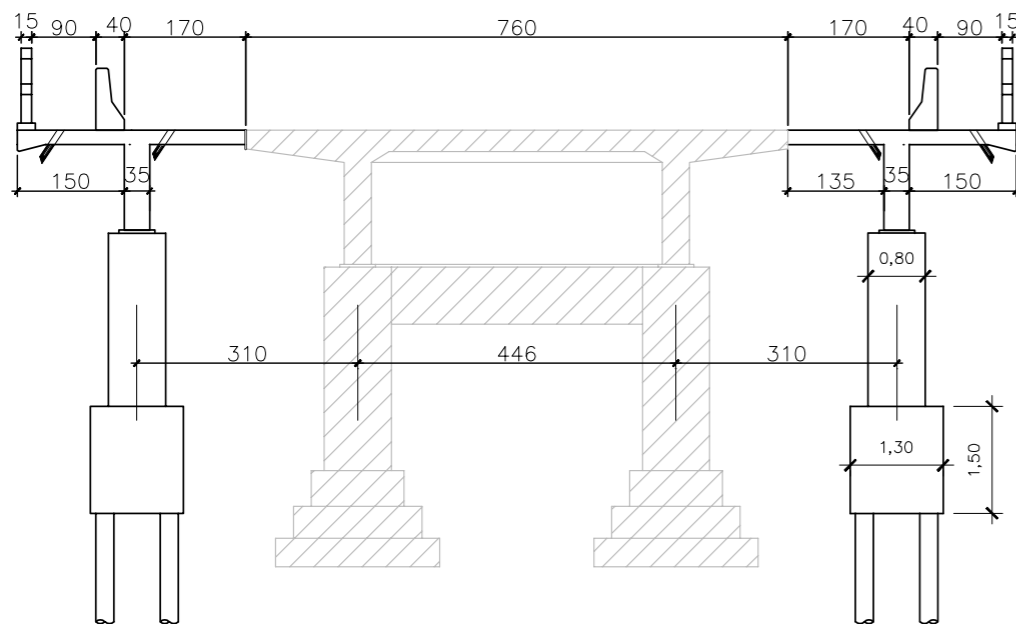
Esses dois exemplos são interessantes para explicar o que leva o poder público a investir na abertura e no alargamento de vias e estradas. São também dois exemplos de projetos que contaram com a participação da Engerod.

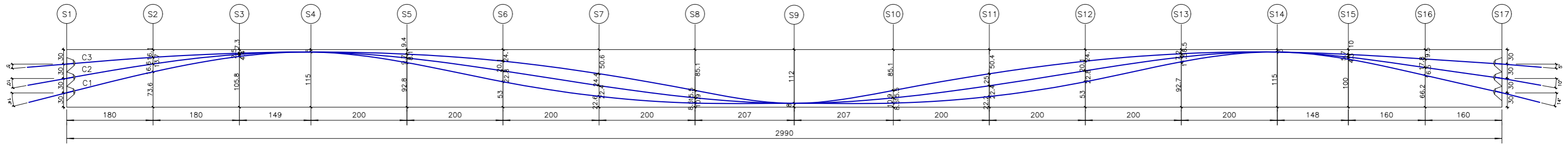




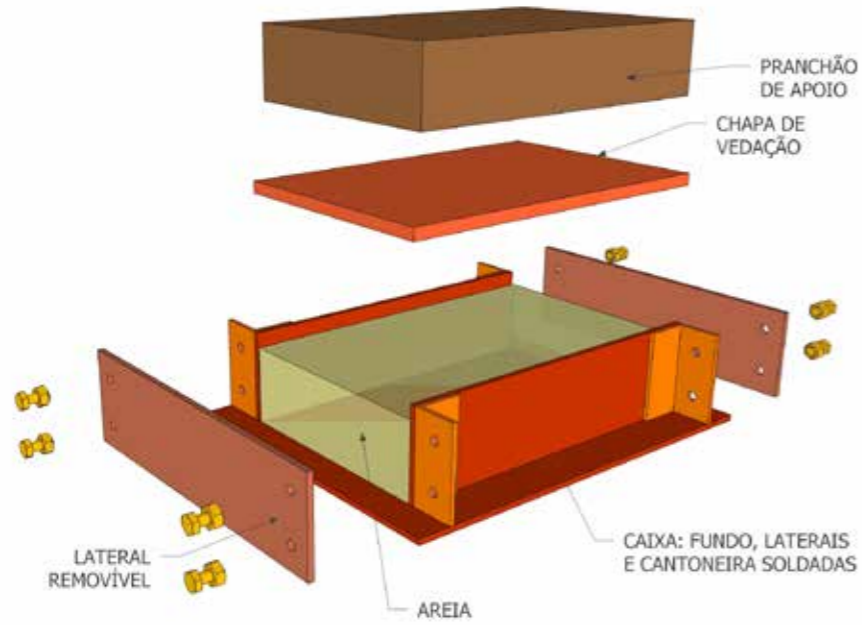
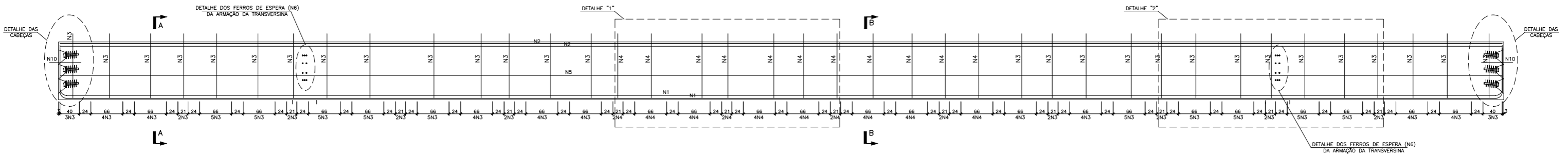
Alargamento em viga em concreto protendida, moldada no local sobre treliça metálica. Os consoles metálicos de apoio das treliças foram dotados de dispositivo para descimbramento tipo “caixa de areia”.

A superestrutura de alargamento foi concebida de forma a se adequar à ponte existente, apresentando assim o mesmo comportamento estrutural.

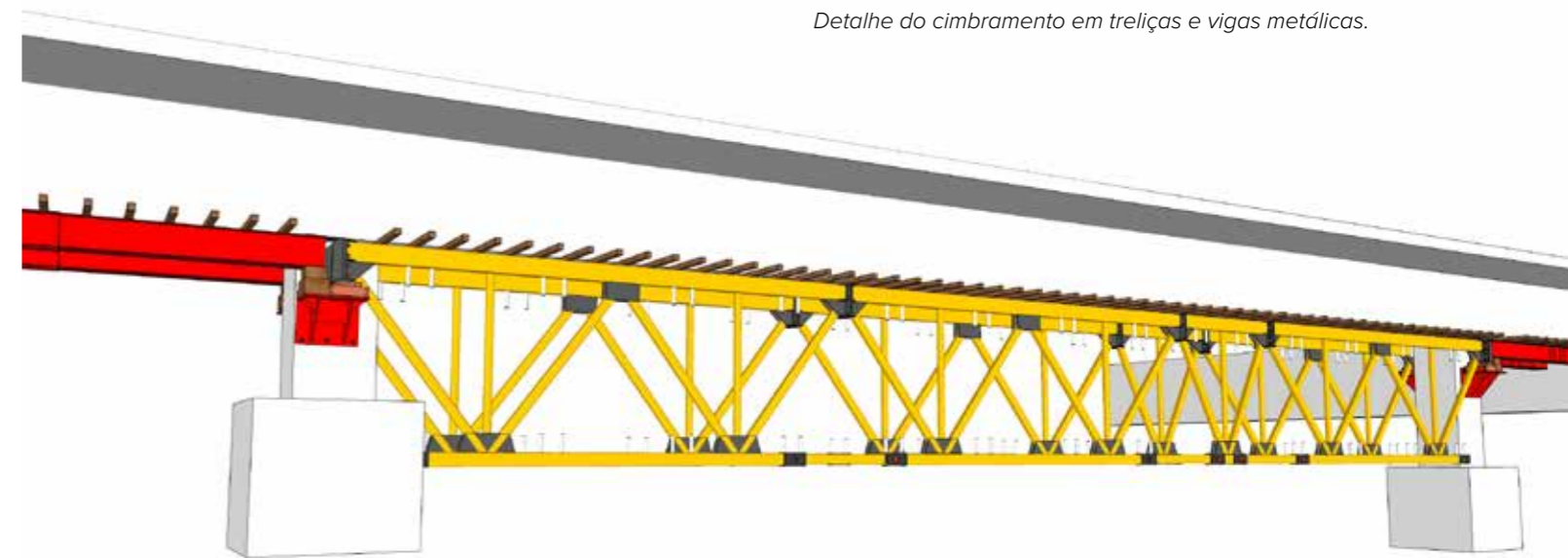




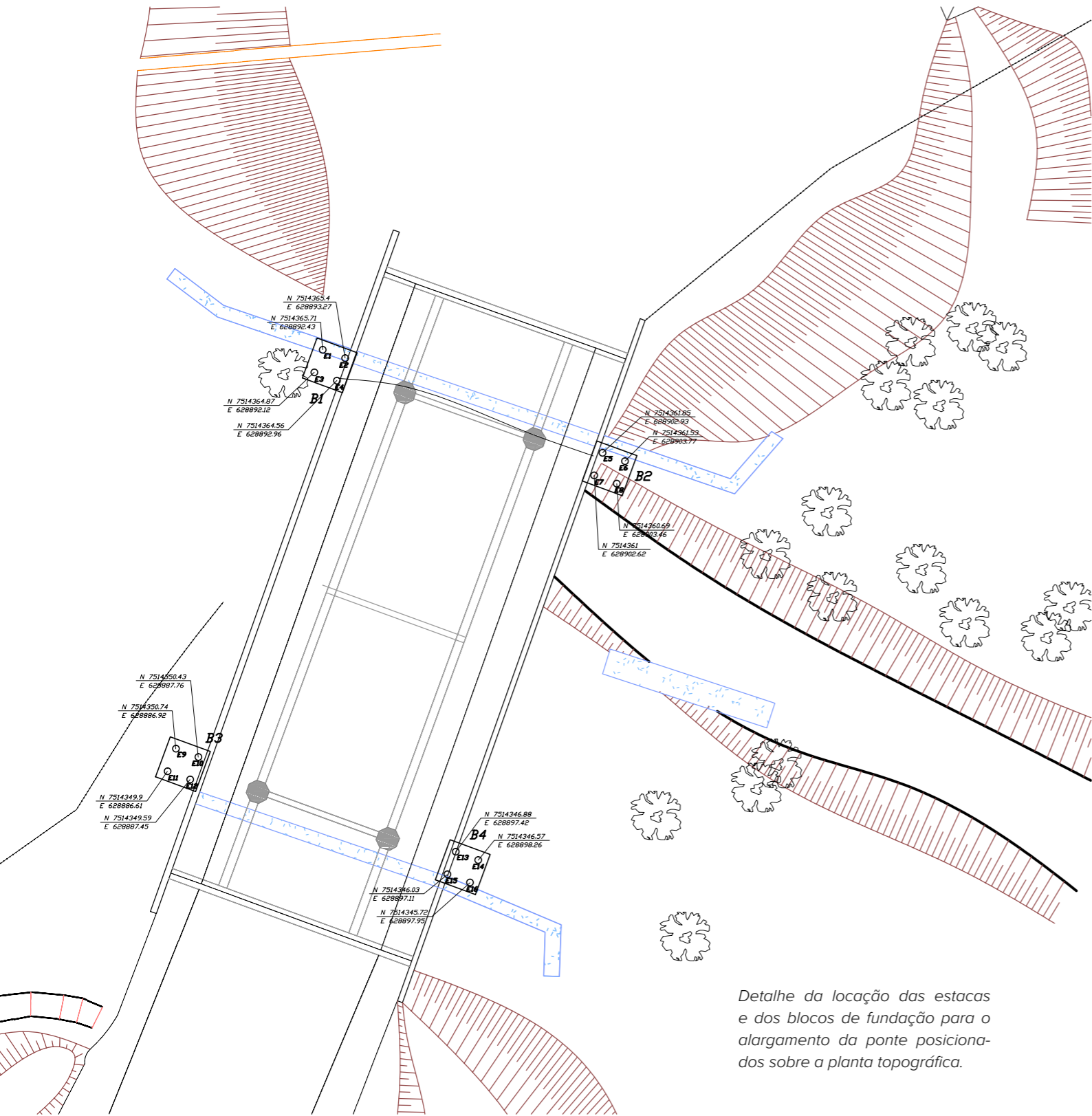
Detalhe do levantamento de cabos de protensão da viga bi-apoiada com extremos em balanço.



Detalhe dos dispositivos de descimbramento em "caixa de areia".



Detalhe do cimbramento em treliças e vigas metálicas.

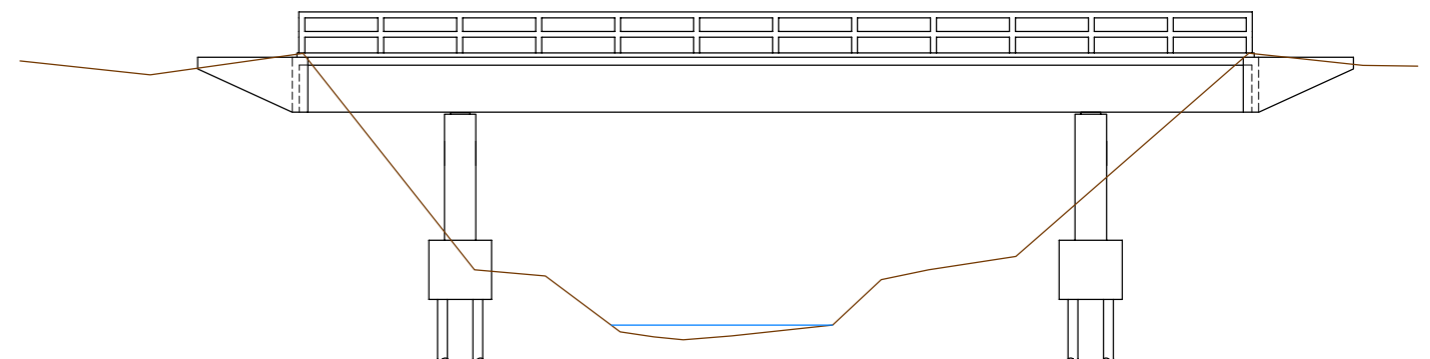


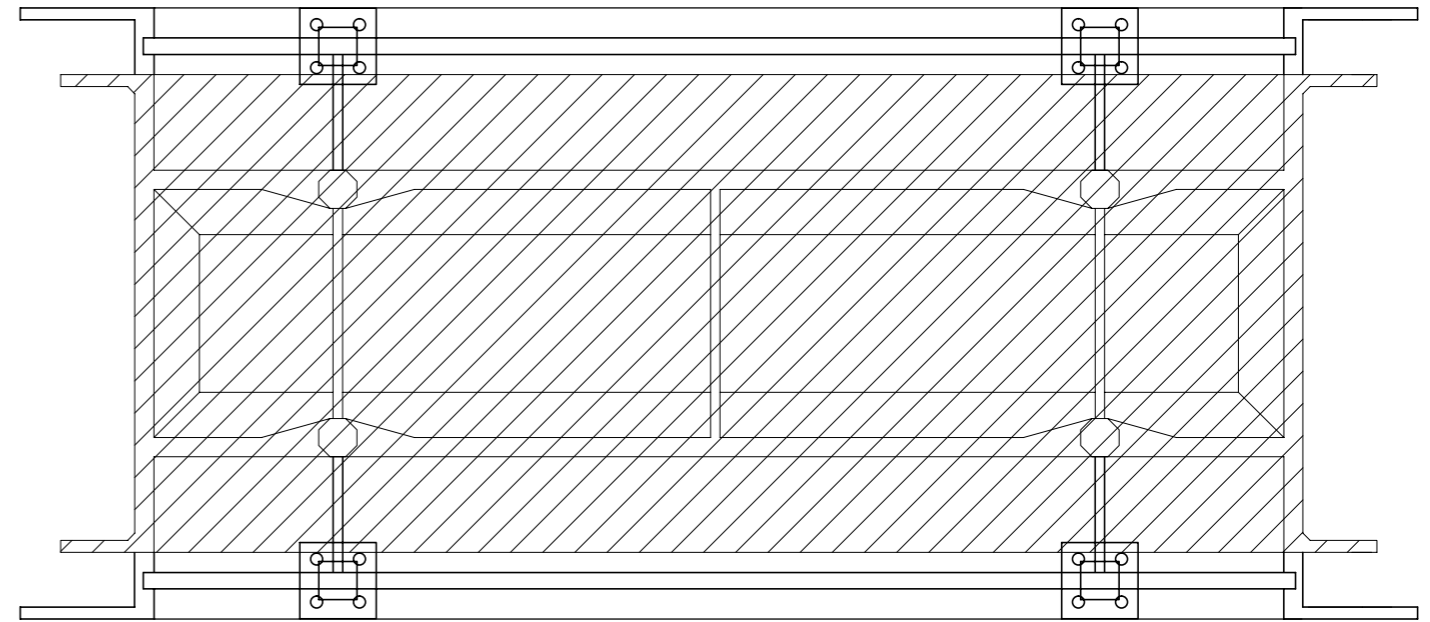
Detalhe da locação das estacas e dos blocos de fundação para o alargamento da ponte posicionados sobre a planta topográfica.



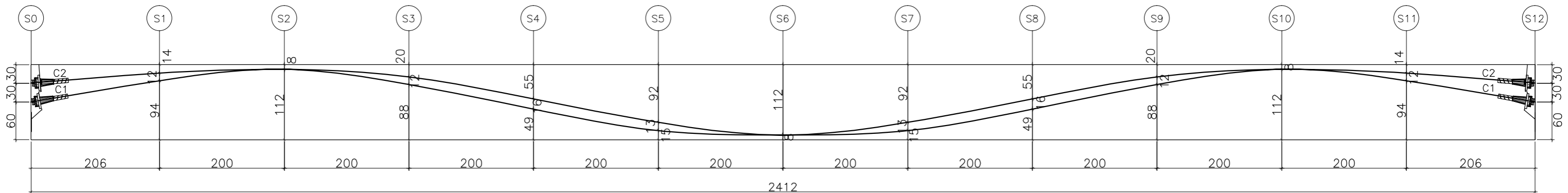
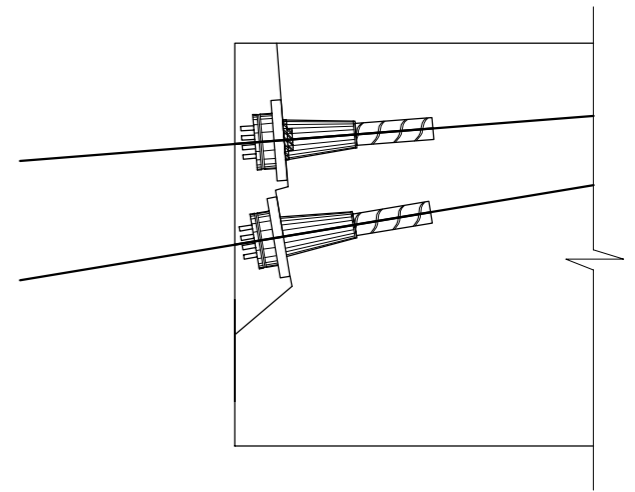
Alargamento em viga em concreto protendida, moldada no local sobre treliça metálica, visando a construção de passeios de pedestres em ambos os bordos do tabuleiro.

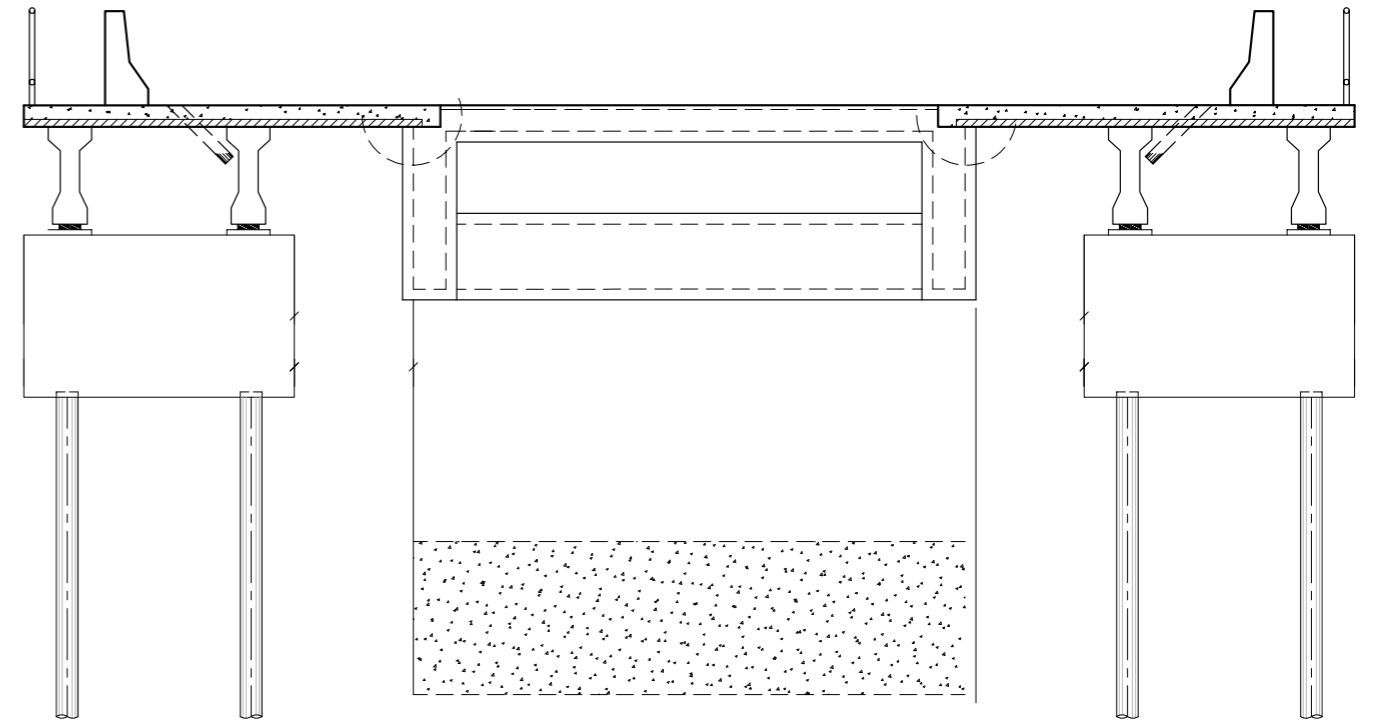
A superestrutura de alargamento foi concebida de forma a se adequar à ponte existente, apresentando assim o mesmo comportamento estrutural.





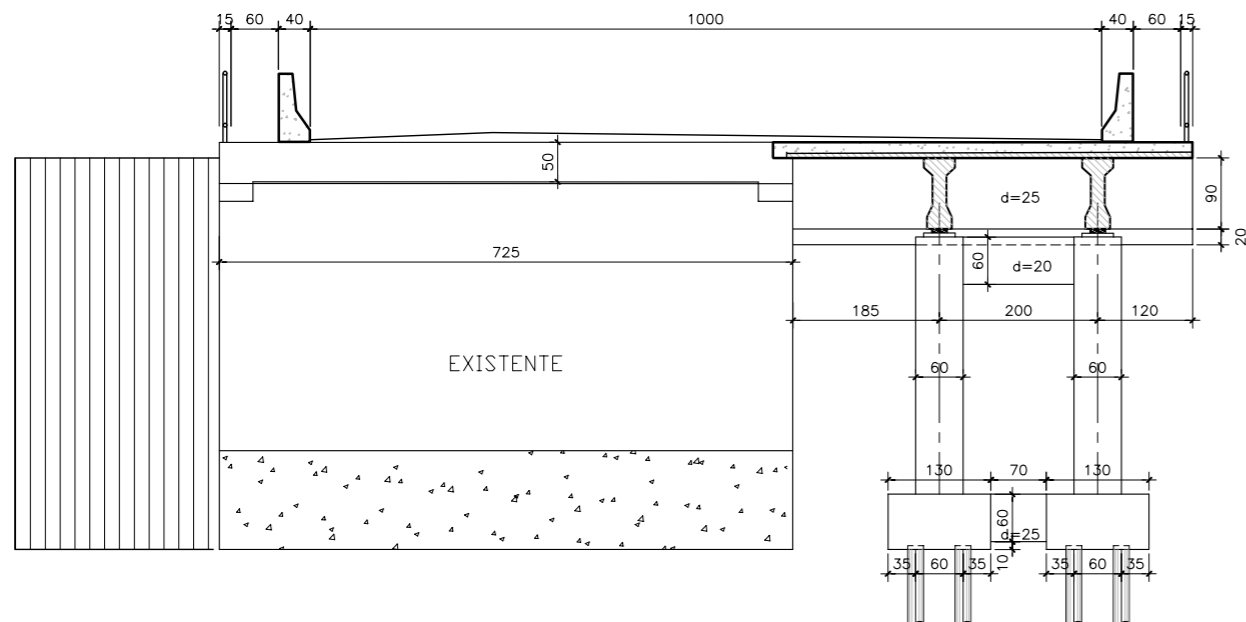
Detalhe das ancoragens dos cabos de protensão das vigas dos alargamentos laterais da ponte original.

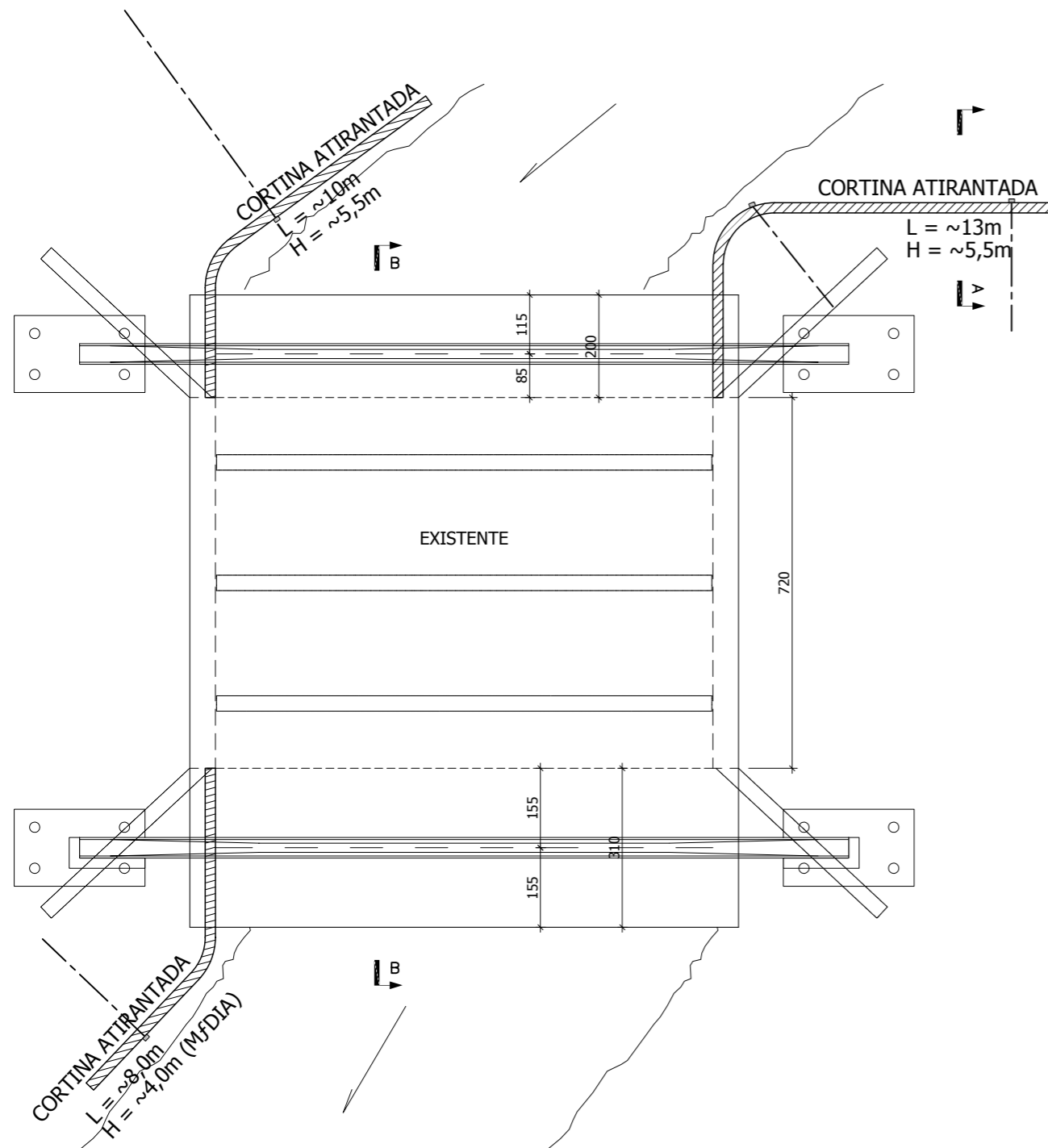




Conjunto de sete pontes que foram ampliadas devido ao alargamento da rodovia ES-080. As soluções foram em vigas em concreto protendido fabricadas em pátio de pré-moldagem, na cidade de Águia

Branca, que atendia todas as obras. Os apoios foram sobre blocos estaqueados, alguns com encontros em cortinas atirantadas.





Acima, desenho de projeto estrutural do alargamento de uma das pontes ES-080.

À direita, pátio de fabricação de todas as vigas pré-moldadas para as obras de alargamento das pontes da rodovia.



# REFORÇOS E RECUPERAÇÕES

Temos uma preocupação muito grande em fazer com que os nossos projetos demandem cada vez menos manutenção ao longo do tempo. Usamos os aprendizados em obras de reforço e recuperação para aprimorar os nossos novos projetos.

O Brasil tem hoje mais de 100 mil quilômetros de estradas pavimentadas. Os primeiros investimentos na malha rodoviária aconteceram há 100 anos - a primeira rodovia pavimentada foi a Rio-São Paulo. A partir do governo Vargas, os investimentos em estradas foram intensificados. Com a construção de Brasília, Juscelino Kubitschek foi um dos grandes incentivadores do avanço do transporte rodoviário no país.

Essa época de intenso desenvolvimento da infraestrutura rodoviária entre 1920 e 1960 faz com que boa parte da nossa malha rodoviária tenha mais de meio século de vida. Com isso, é natural que apresente toda sorte de desgastes e demandas de adaptação às condições atuais - tanto em termos da carga suportada por veículos de transporte quanto de volume de tráfego decorrente do crescimento da frota nacional.

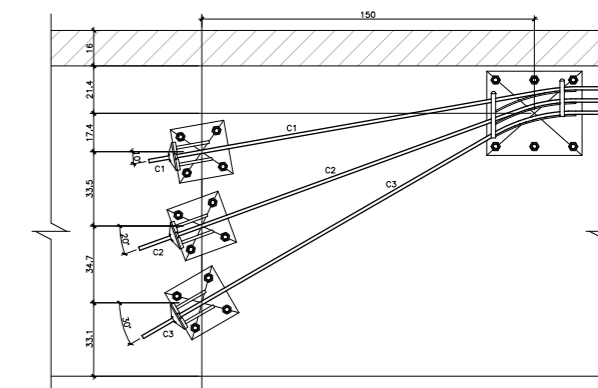
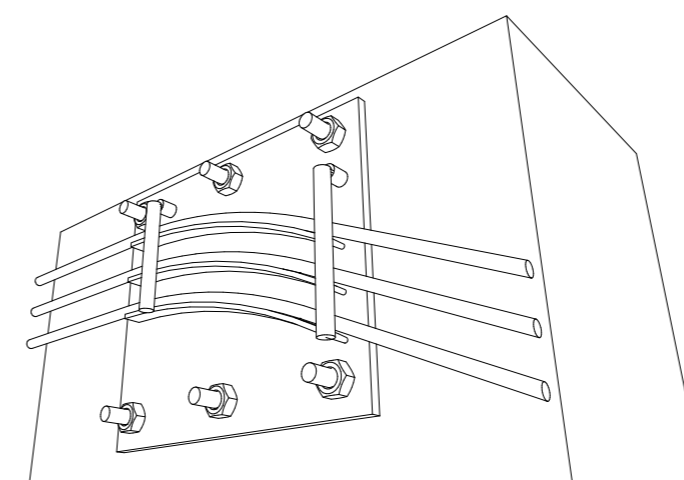
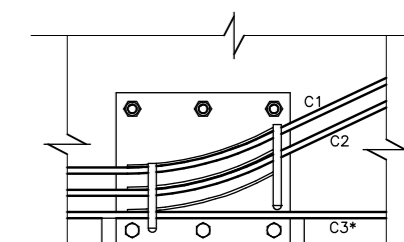
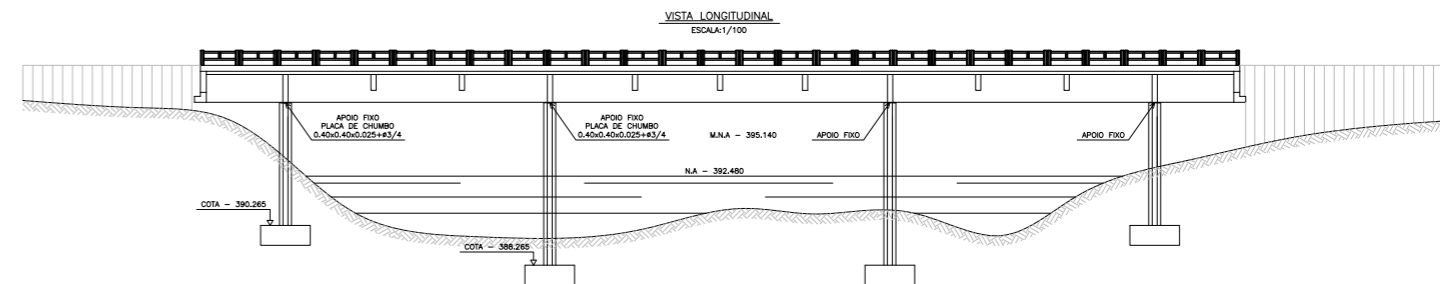
Defendemos o trabalho preventivo de reforço estrutural em pontes construídas há muito tempo ou que tenham passado por uma alteração significativa de uso. Ao mesmo tempo, sabemos que, por diversos motivos, a ação preditiva/preventiva é mais uma exceção do que uma regra. Na prática, obras de reforço estrutural e recuperação costumam acontecer apenas após um colapso total ou parcial de uma ponte. Esse caráter emergencial nos leva a priorizar projetos que restaurem a segurança e o uso da estrutura no menor prazo possível, utilizando diversas técnicas como protensão externa para reforço de vigas e superestruturas inteiras usadas para reforçar pontes colapsadas, entre outras.

As enchentes e deslizamento de terras decorrentes de chuvas excepcionais do início de 2011 afetaram diversos municípios da região serrana do estado do Rio de Janeiro. Fez-se necessário um grande volume de obras emergenciais para permitir acesso a diversas e extensas regiões que ficaram isoladas devido ao colapso de pontes, contenções e trechos de rodovias. Dentre essas, destaca-se o entroncamento de rodovias estaduais em Manoel de Moraes, sobre o Rio Grande no município de Santa Maria Madalena. A ponte existente ficou submersa durante a passagem de águas, recebendo impactos de material flutuante. Em face da pressão d'água e de todos os impactos recebidos, a estrutura tornou-se instável e incapacitada de suportar cargas rodoviárias.

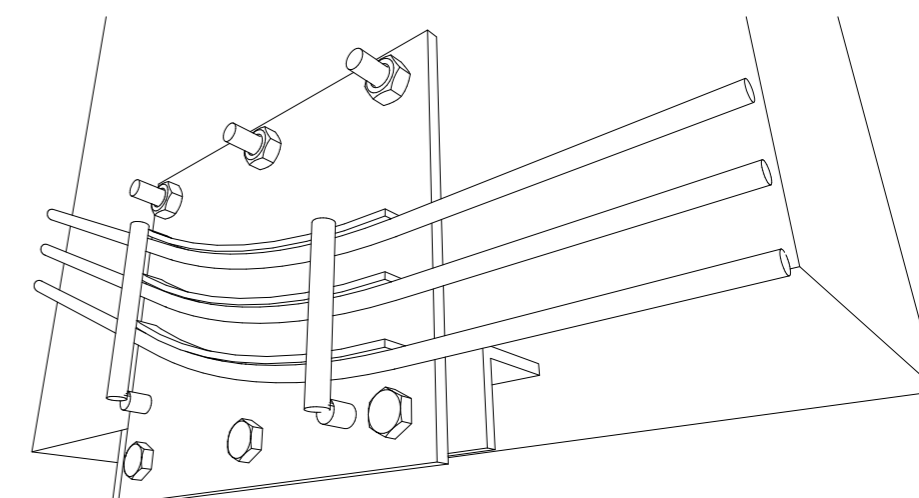
A solução estrutural desenvolvida buscou atender a uma religião emergencial imediata do tráfego para alívio das regiões isoladas.

Após os abalos sofridos, a ponte passou por uma vistoria dos danos e por uma análise estrutural para aferir a viabilidade de sua recuperação e reforço. Dada a extensão dos danos, o órgão contratante entendeu como necessária a substituição por uma nova ponte. Mas, assim, a religião rodoviária emergencial demoraria seis meses, prazo necessário para a construção de nova ponte. A solução foi submeter a obra abalada a um reforço específico para sua utilização temporária com cargas e velocidade reduzidas e controladas.

Foi feito reforço com combinação de protensão externa do vigamento principal, com injeções de trinca, chapas de aço coladas e utilização de escoras ativas próximas aos apoios, e utilização de sobreponete emergencial sobre o trecho crítico. A combinação desses elementos de reforço/recuperação permitiu o acesso de veículos durante o período de construção, trazendo um grande alívio para os moradores da região.



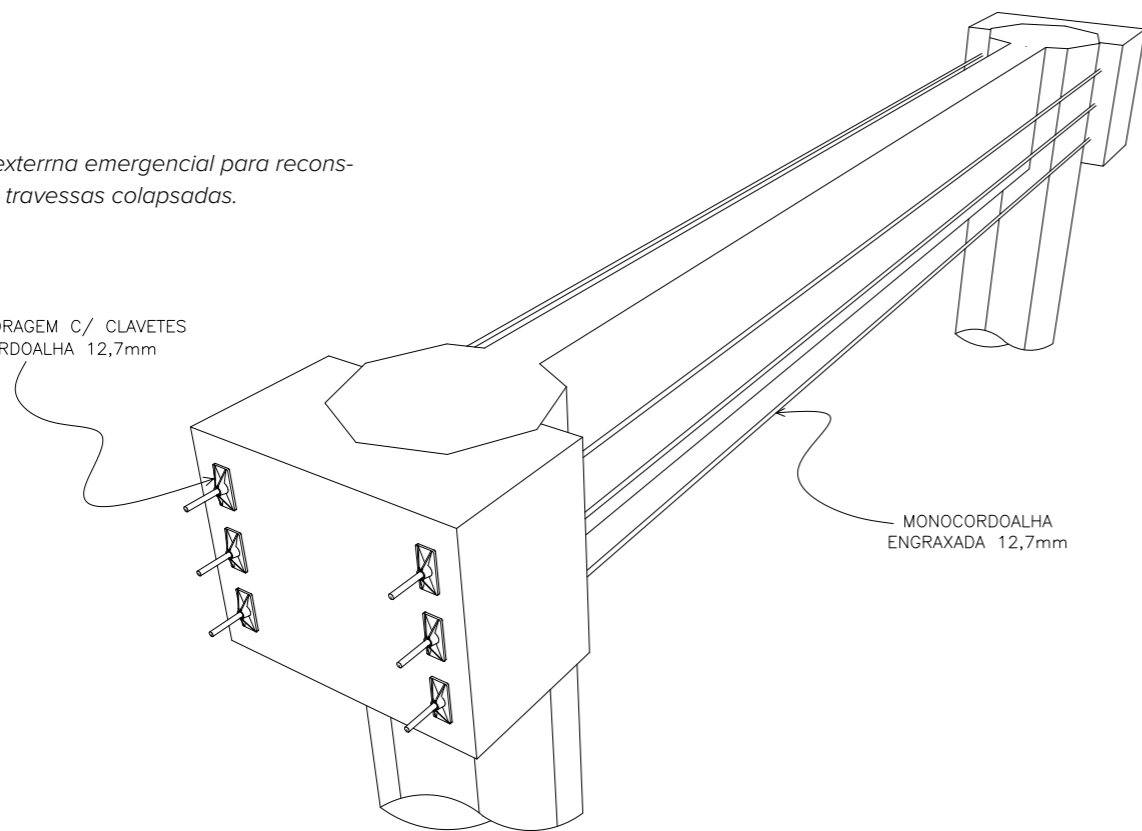
Detalhe dos desviadores de protensão externa emergencial.



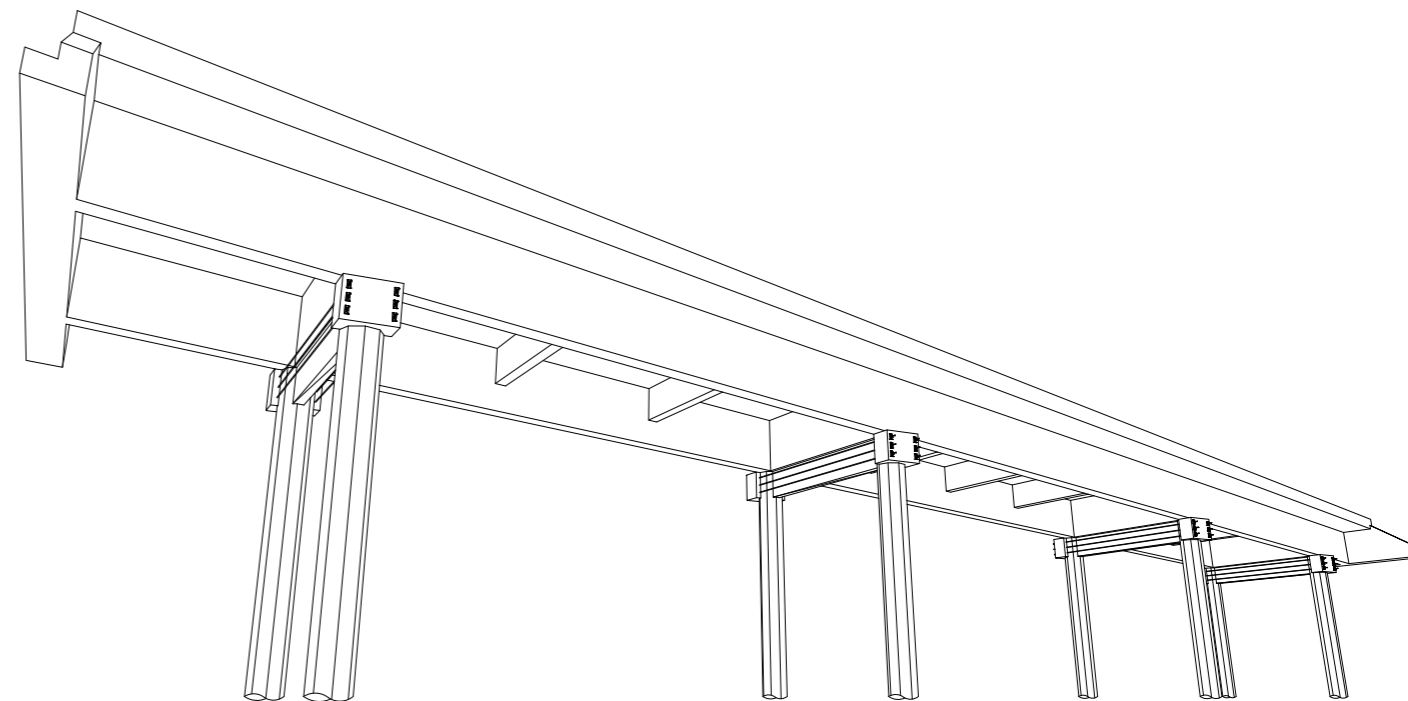


*Protensão externa emergencial para reconstituição das travessas colapsadas.*

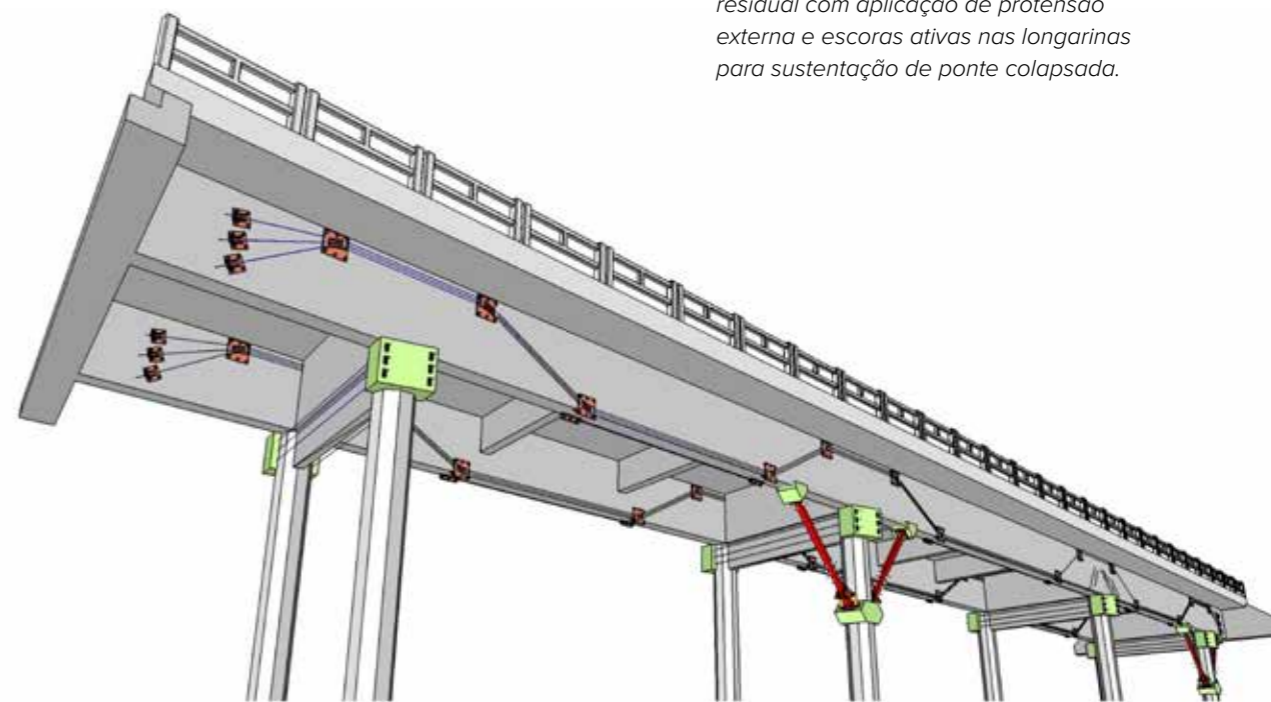
PLACA DE ANCORAGEM C/ CLAVETES  
P/ MONOCORDOALHA 12,7mm



MONOCORDOALHA  
ENGRAXADA 12,7mm

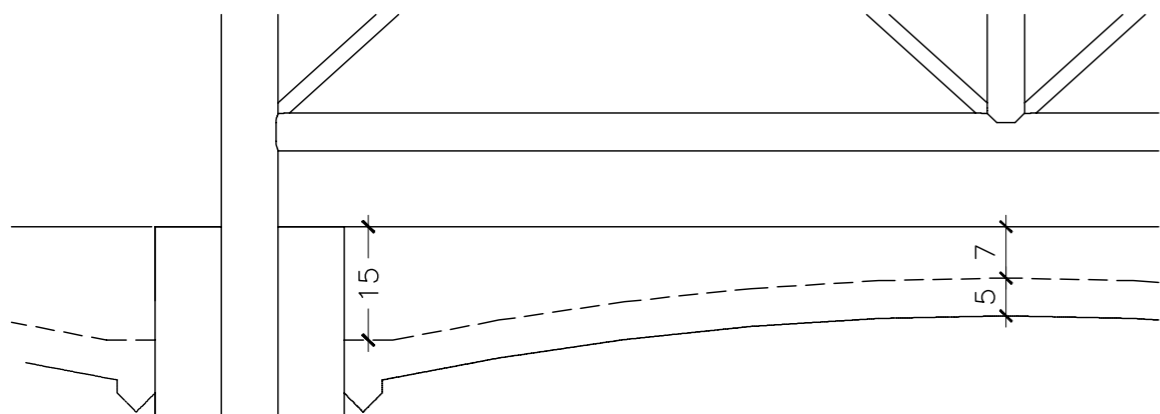
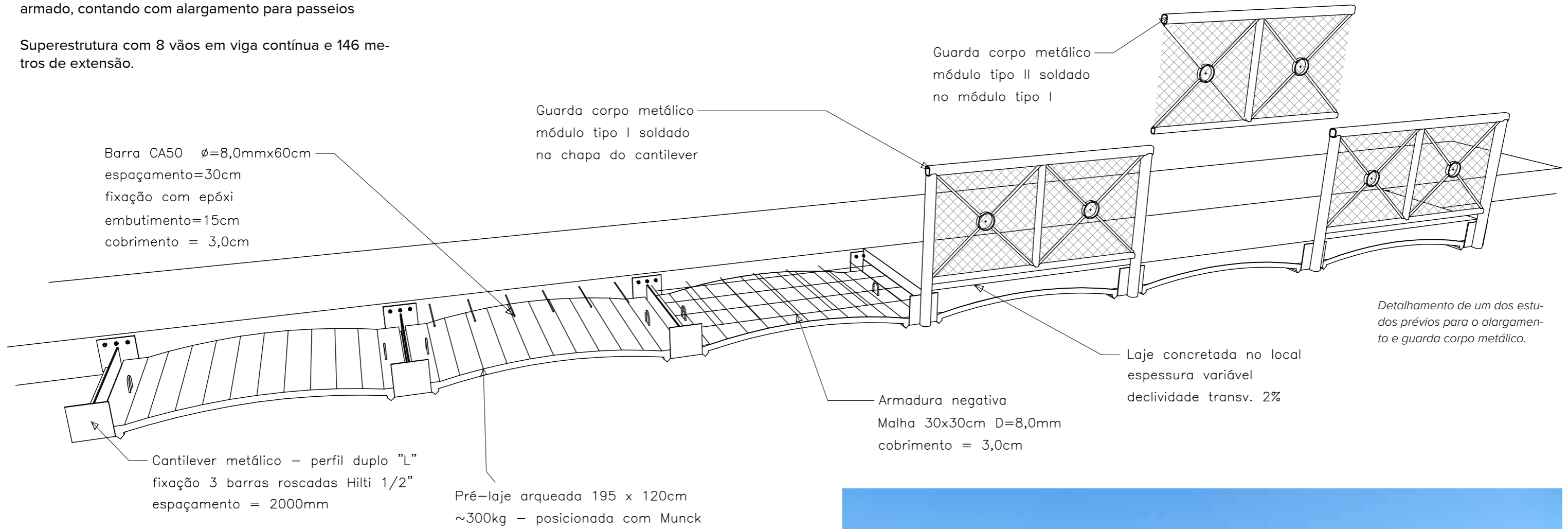


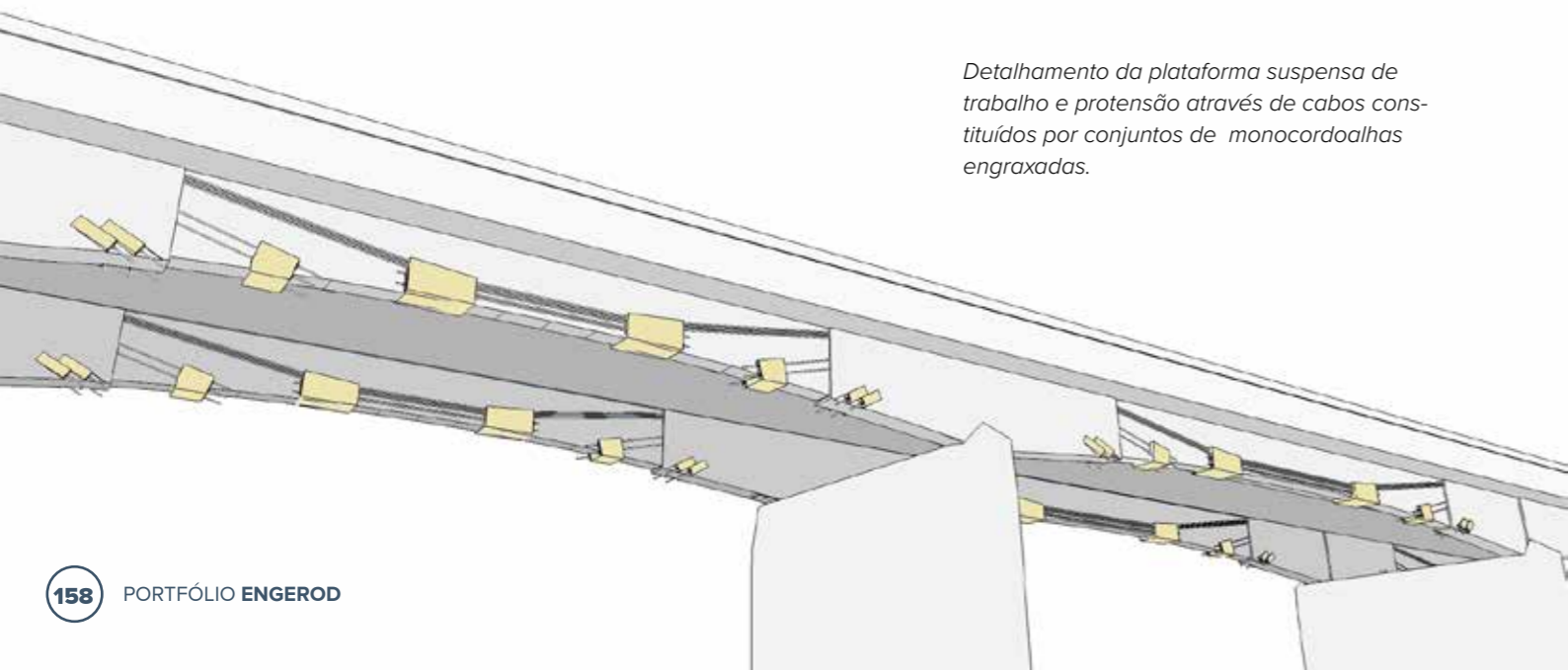
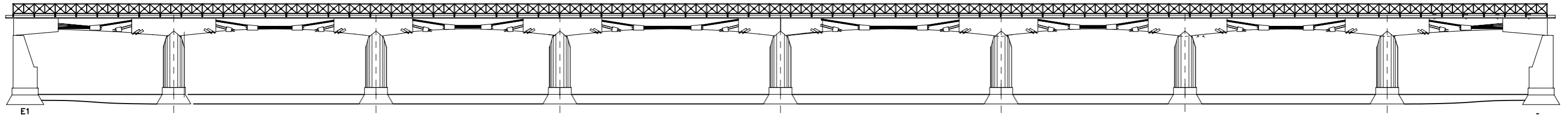
*Utilização da capacidade portante residual com aplicação de protensão externa e escoras ativas nas longarinas para sustentação de ponte colapsada.*



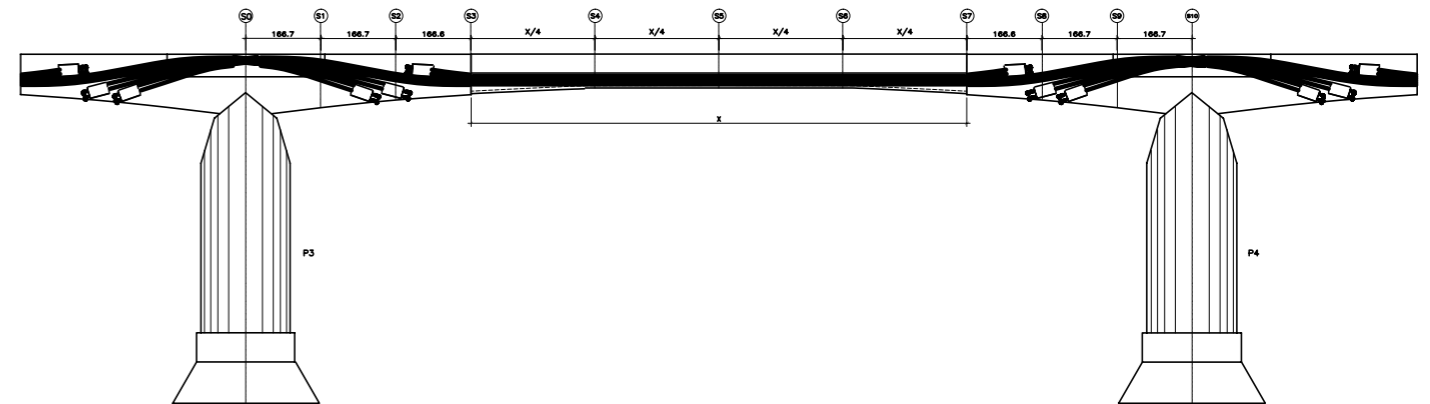
Projeto de reforço de ponte originalmente em concreto armado, contando com alargamento para passeios

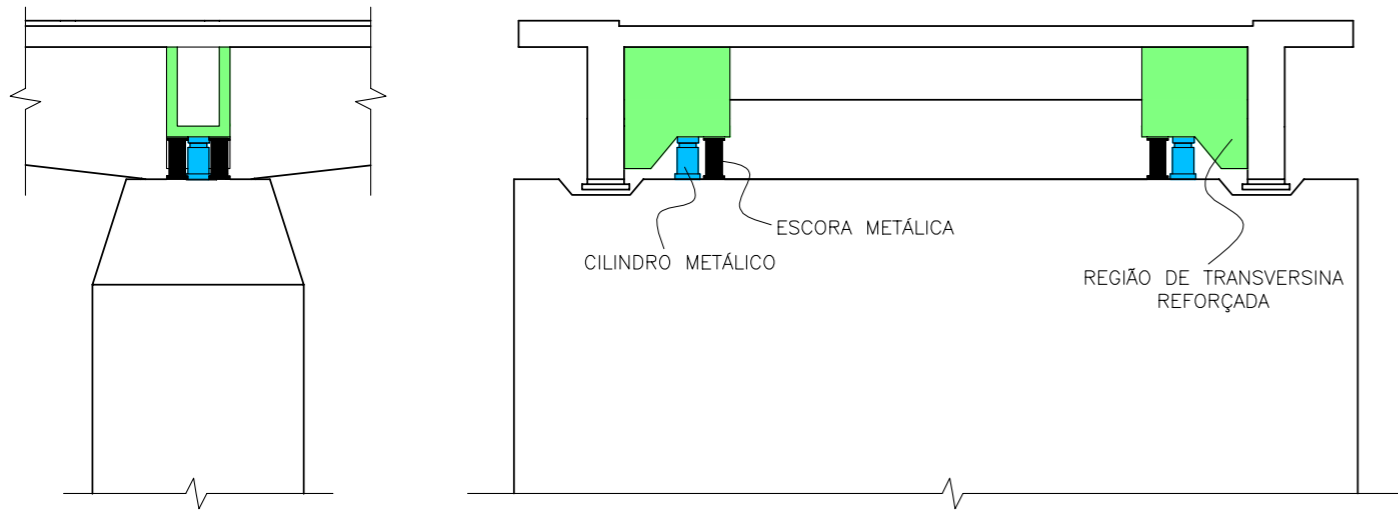
Superestrutura com 8 vãos em viga contínua e 146 metros de extensão.



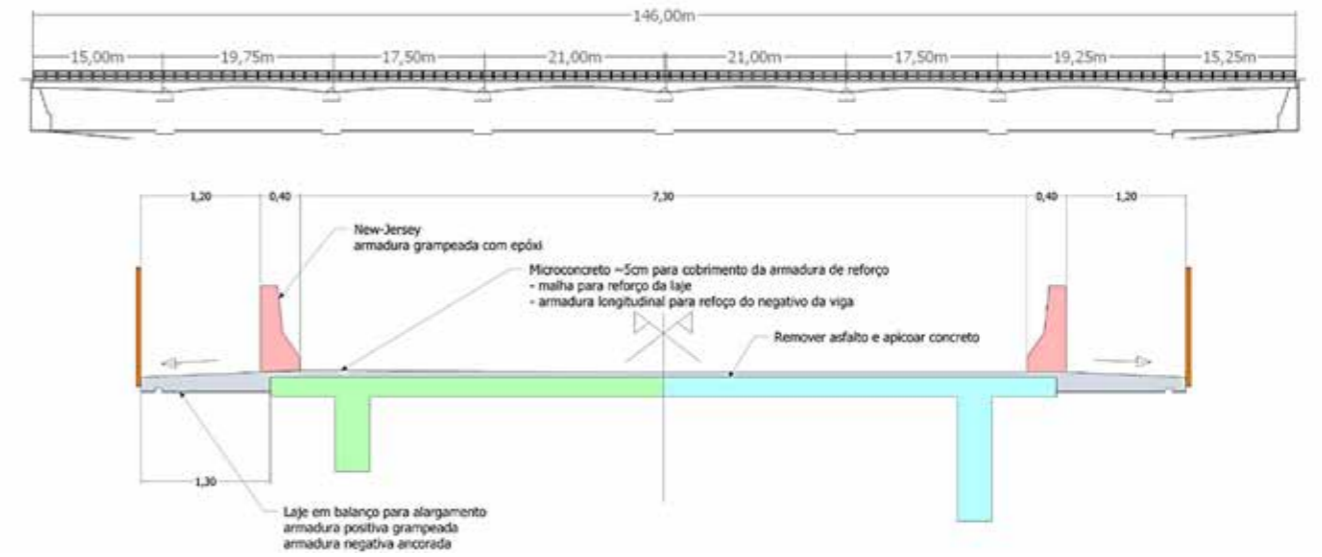
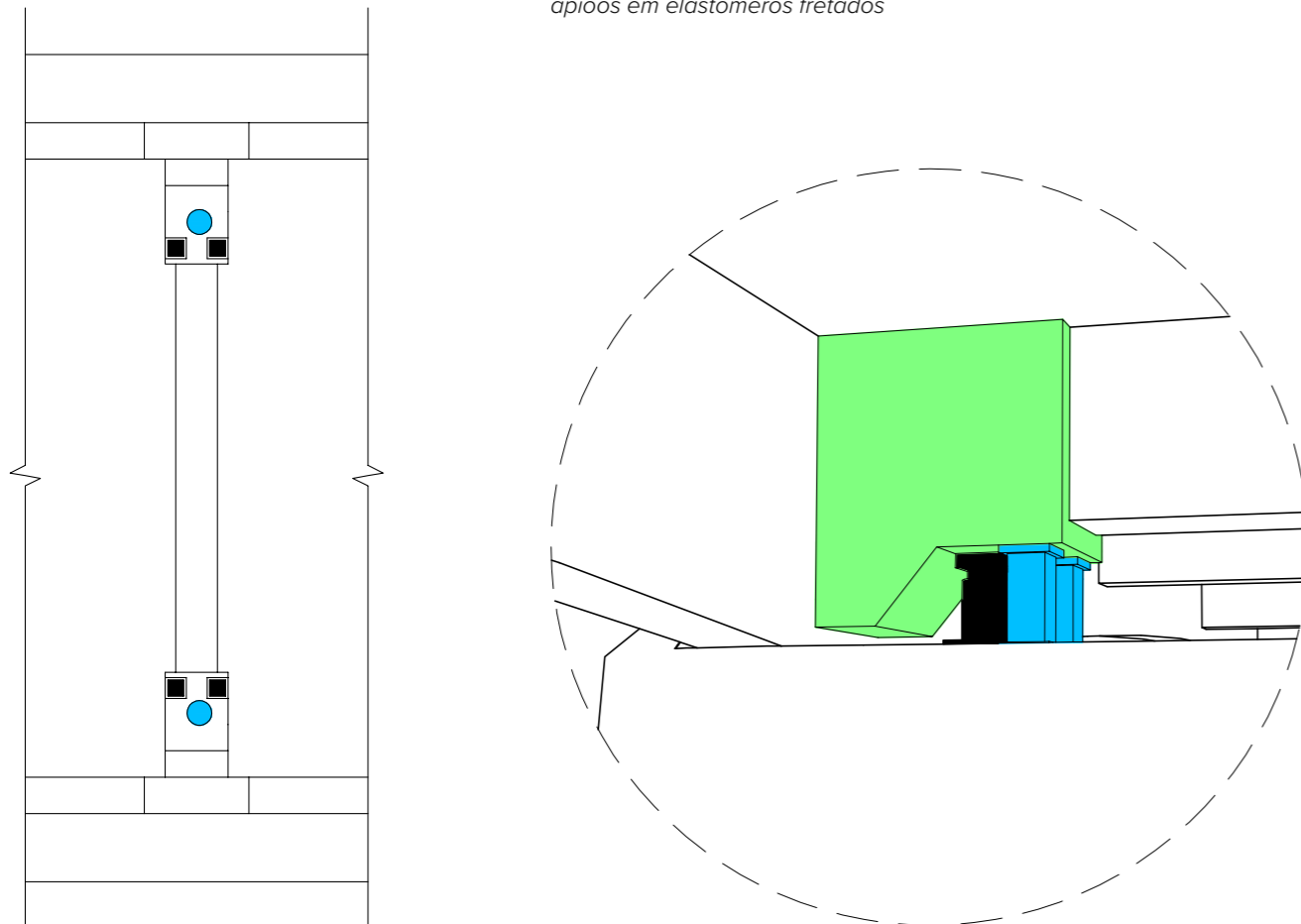


*Detalhamento da plataforma suspensa de trabalho e protensão através de cabos constituídos por conjuntos de monocordoalhas engraxadas.*





Detalhamento da suspensão da superestrutura para introdução dos apoios em elastômeros fretados



Detalhe da solução para incorporação dos alargamentos visando a acomodação de passeios nas laterais.



Após cinco décadas sem obras de reforço ou recuperação, o viaduto apresentava trechos colapsados, sendo necessárias obras de recuperação emergencial visando eliminar o processo de ruptura e o risco de desabamento.

O sistema estrutural do viaduto João Musch foi concebido com rótulas internas, na forma de Dentes Gerber.

Atualmente, o Dente Gerber é evitado em virtude da deterioração por infiltração de água nas juntas e pelas dificuldades de visualização e acesso.

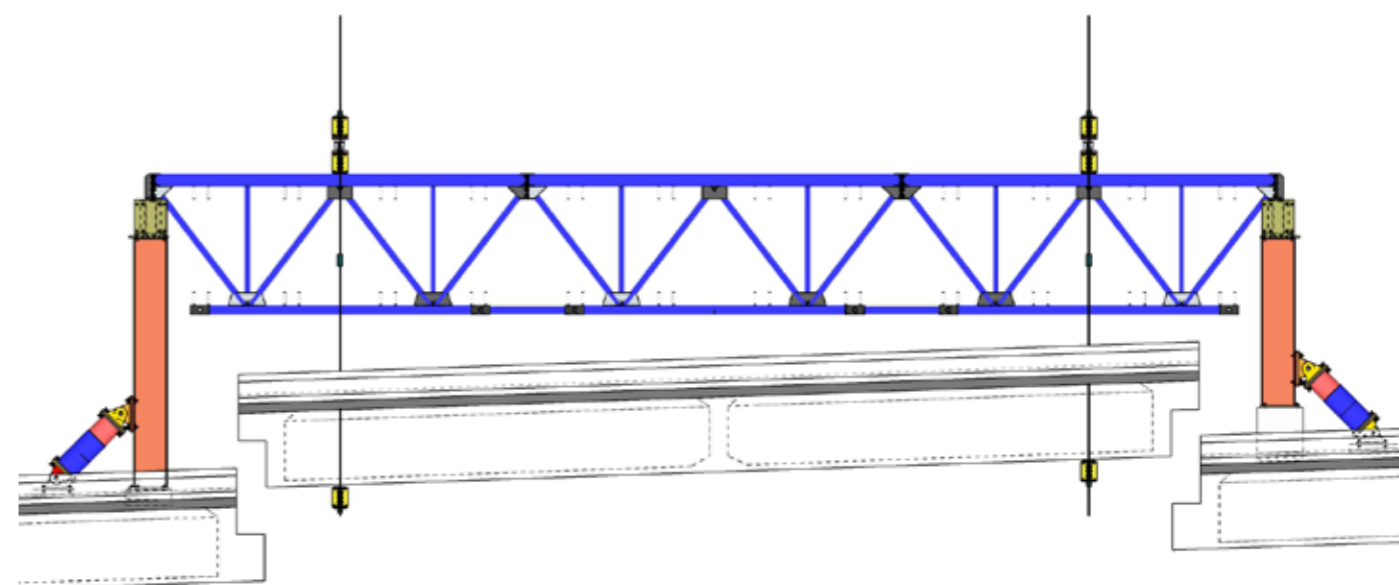
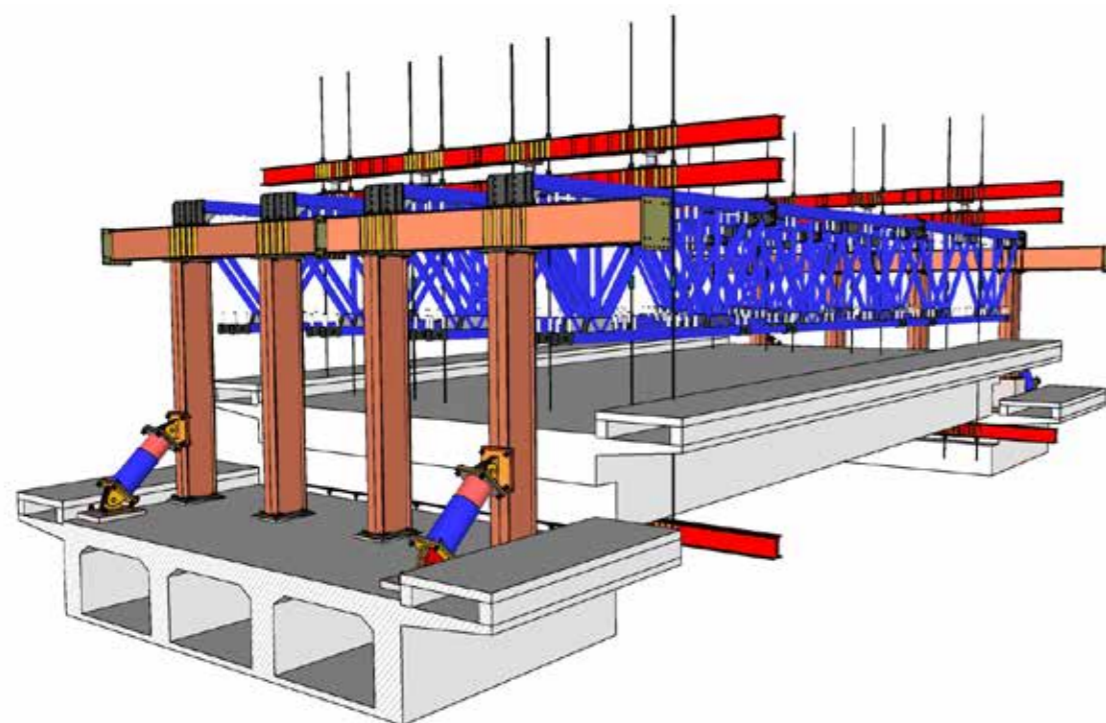
O viaduto apresentava quatro Dentes Gerber, todos com infiltração, deterioração do concreto, armadura exposta e oxidada. Por medida de segurança, o prefeito Rogério Lisboa decidiu interditá-lo, prevenindo qualquer situação que pudesse colocar vidas em risco.

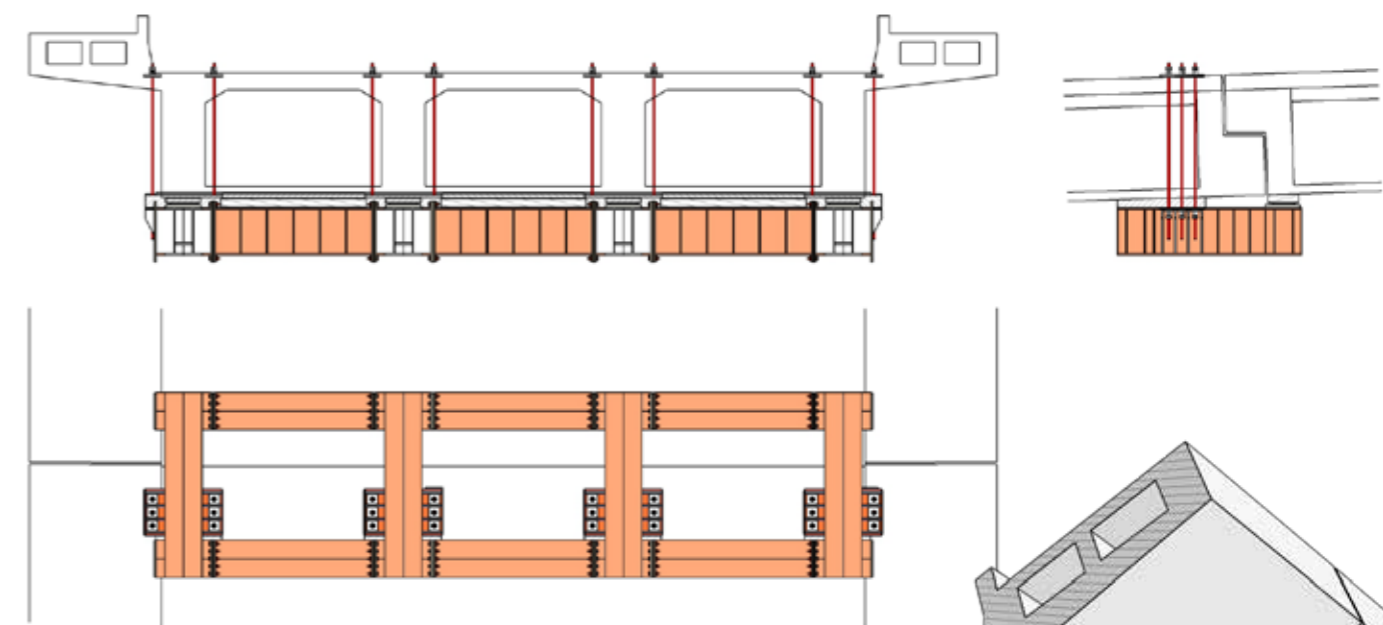
Iniciada a recuperação emergencial, a primeira etapa foi demolir e construir as novas lajes nos trechos dos muros laterais e frontais de um dos acessos. O muro original em processo de colapso recebeu reforço em cortina atirantada.

Recuperar os dentes Gerber não foi tarefa simples; a sua própria forma faz que seja impossível uma avaliação detalhada do estado da estrutura e a realização de qualquer tipo de recuperação.

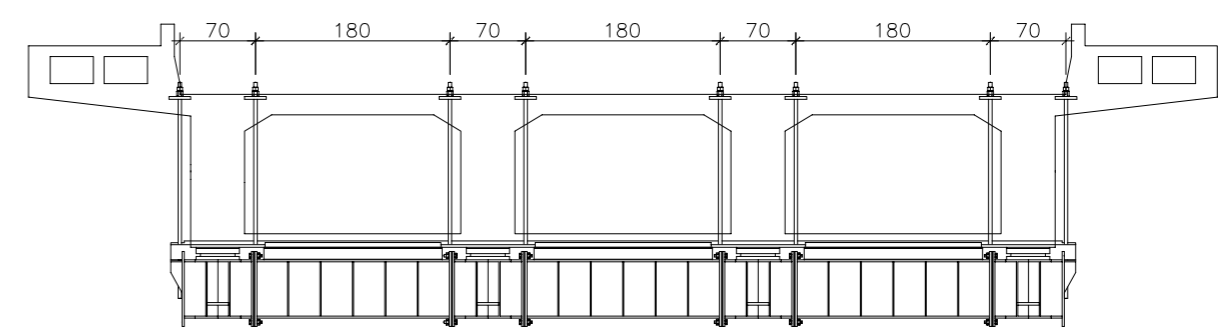
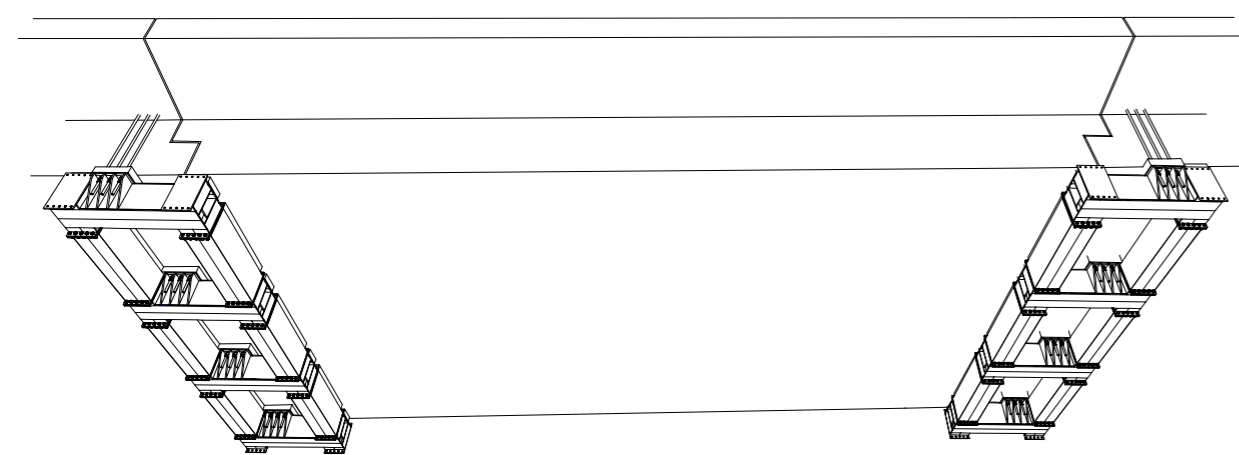
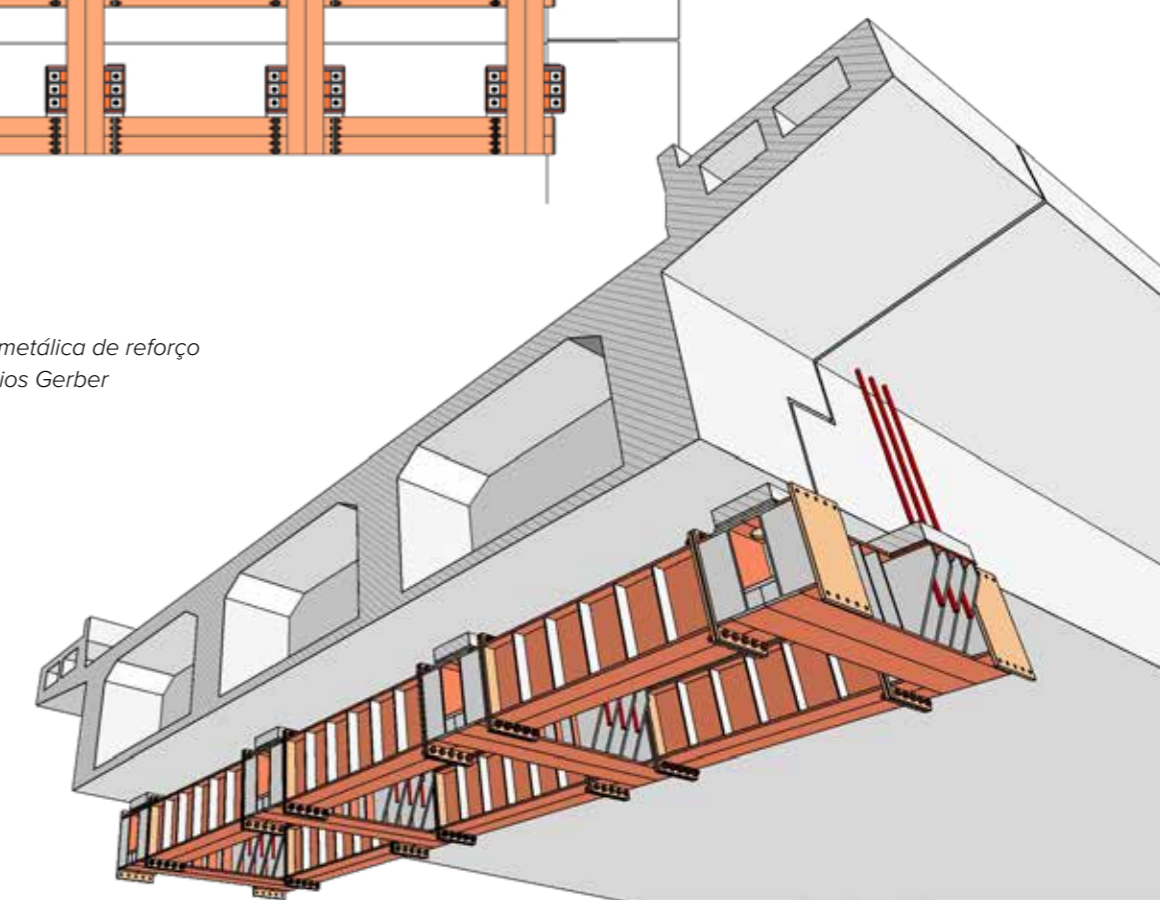
Para solucionar esses problemas, foi desenvolvido, exclusivamente para esta situação, um sistema estrutural metálico para suspender os trechos em viga Gerber, com cerca de 350 toneladas cada. O projeto se destaca por ser inovador, delicado e de alto risco.

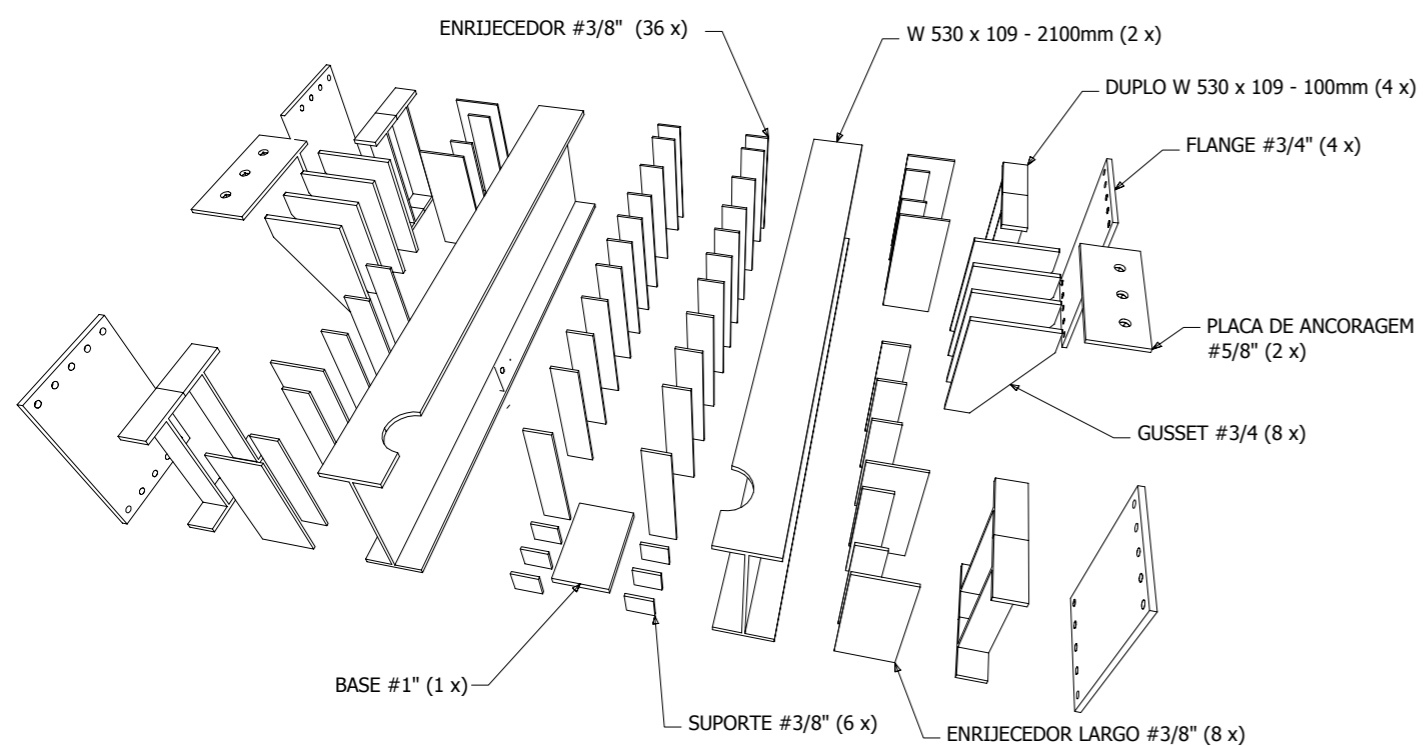
Durante os preparativos para suspensão das vigas Gerber, foram ainda encontradas células alagadas por água acumulada por décadas. A suspensão dos vãos revelou que as regiões dos dentes se encontravam em estado avançado de deterioração com expressivas extensões de ruptura. Além da recuperação e reforço da região comprometida, foi desenvolvido um reforço metálico para recompor a capacidade de carga, reduzida pela idade da estrutura e pela inevitável fadiga dos materiais. Foram realizados ensaios para mensurar carbonatação, corrosão e resistência do concreto, indicadores importantes para se avaliar o processo de deterioração.





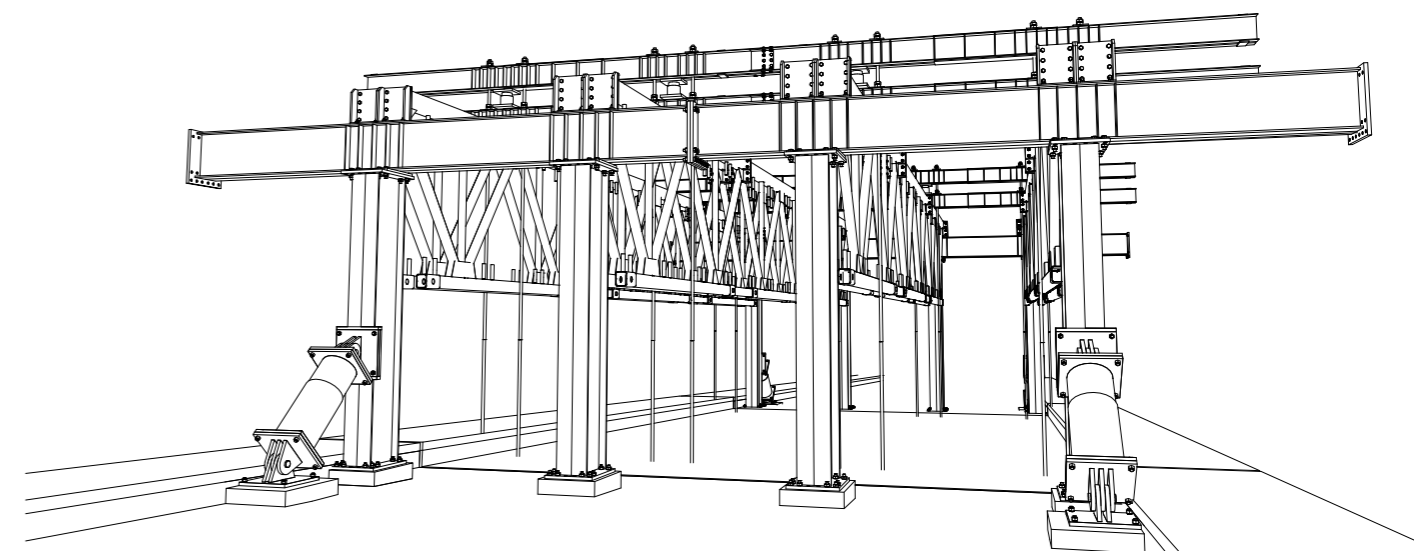
Detalhe da estrutura metálica de reforço e segurança dos apoios Gerber





Detalhe de um segmento do projeto de fabricação da estrutura metálica de reforço do dente Gerber.

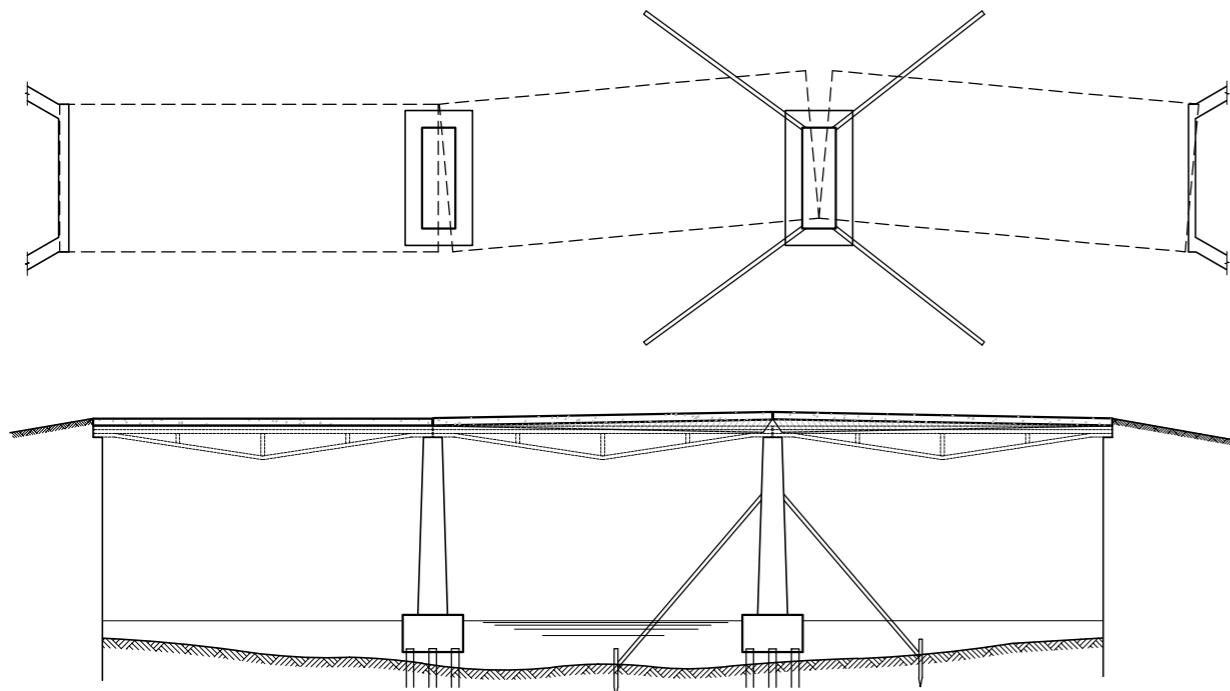
A suspensão dos vãos Gerber permitiu a exposição completa em toda a extensão e altura dos dentes colapsados, de forma a permitir acesso para inspeção, recuperação e reforço dos mesmos. Foram instalados dentes metálicos de reforço com capacidade de 360kN cada.





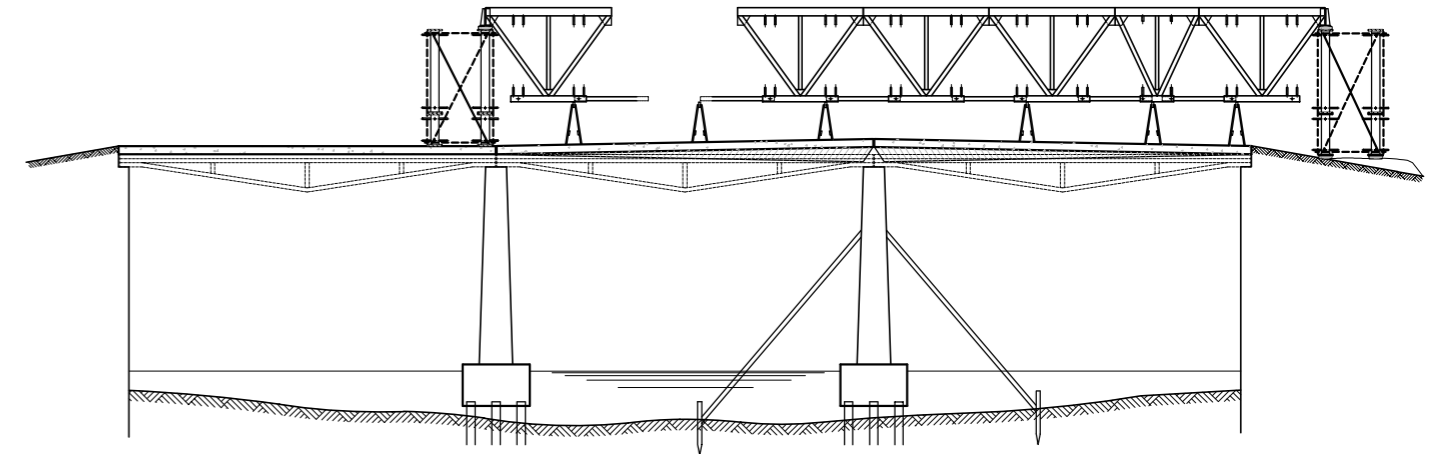
As fundações originais bem antigas em estaca de madeira se deterioraram e os pilares perderam estabilidade. O colapso completo só não ocorreu em função do travamento da superestrutura, que sofreu acentuada torção e flexão.

A solução emergencial consistiu na absorção de todo o peso próprio da superestrutura em cimbramento superior em treliças metálicas de alta capacidade.

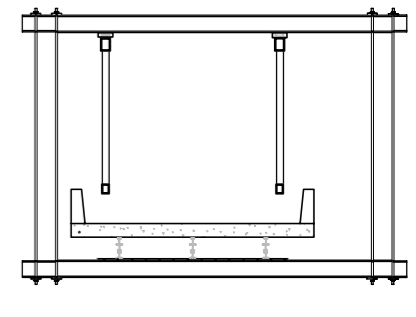
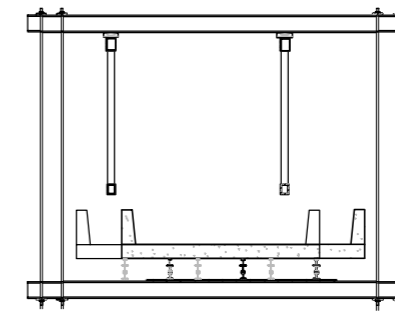
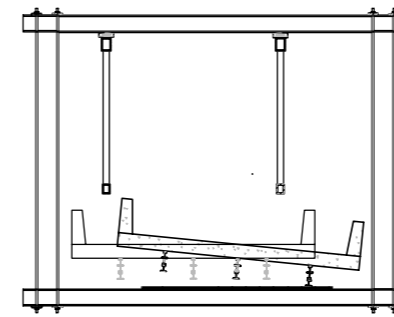


Toda a superestrutura foi então suspensa e reposicionada, enquanto os pilares se mantiveram escorados. Novas fundações em estaca raiz foram executadas e solidarizadas ao pilares e blocos de coroamento.

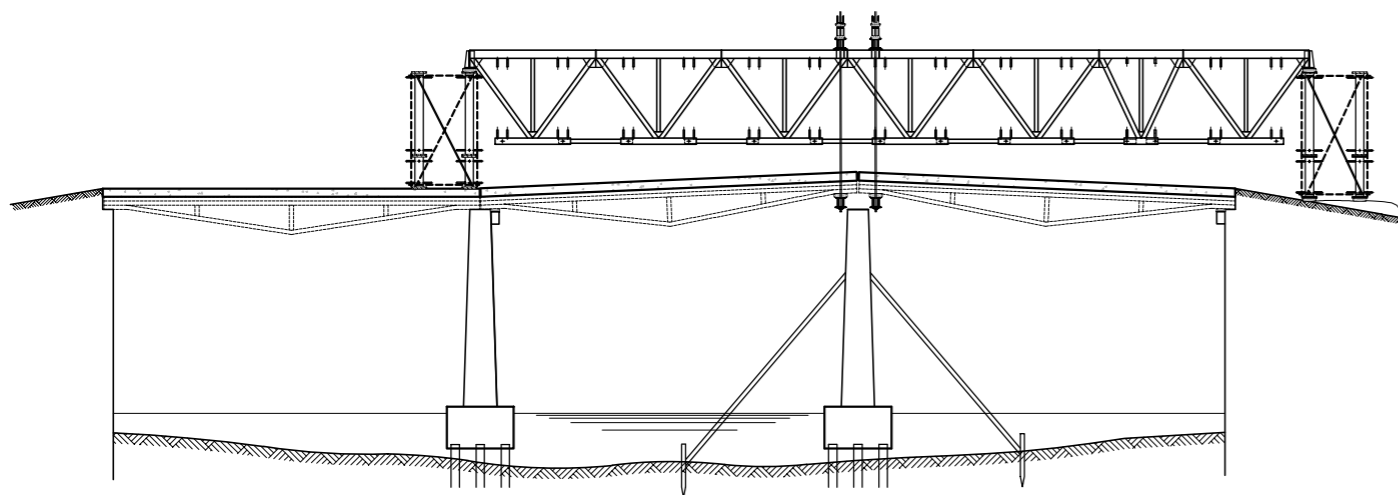
A superestrutura original com viga treliçada foi “encamisada”, resultando em uma seção celular de alta rigidez a torção. Toda a estrutura foi reforçada para atender as cargas rodoviárias modernas.

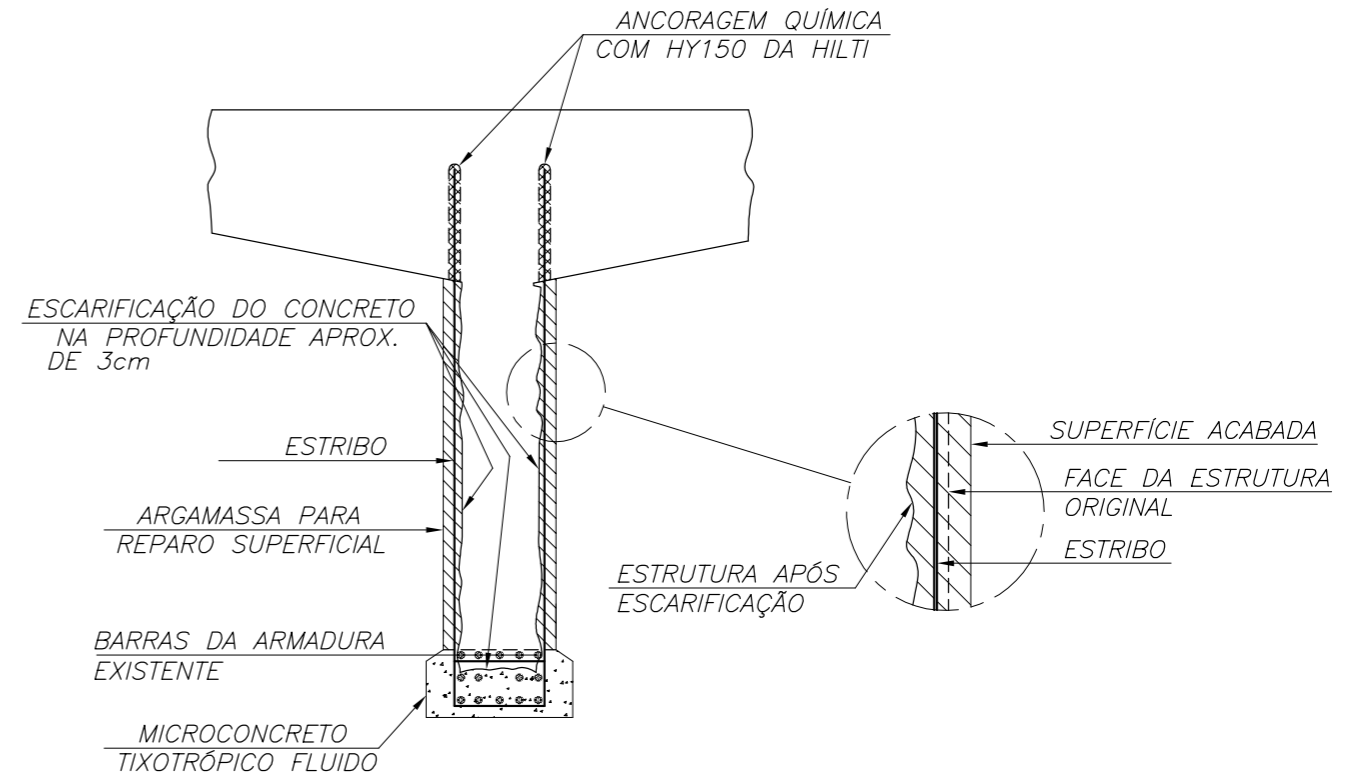






*Detalhe do reposicionamento da superestrutura suspensa nas treliças metálicas. Seção celular com altura variável, com altíssima rigidez, tornando a ponte muito mais robusta sobre a fundação original.*

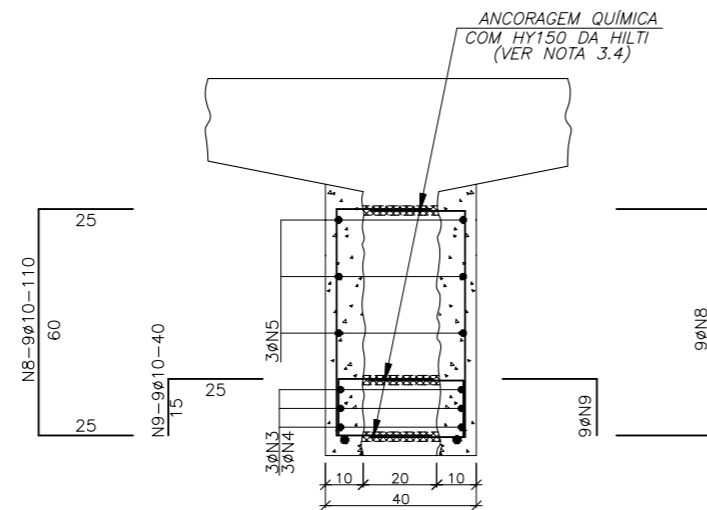
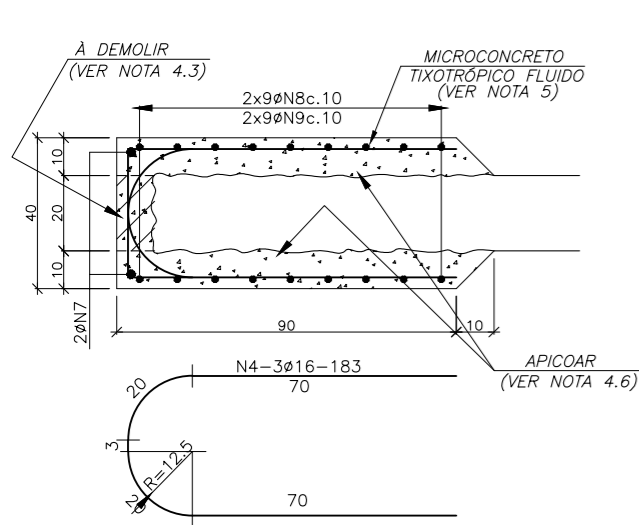




Instante da suspensão do vão com viga "prolonga".

A superestrutura original apresentava extensas áreas de armaduras expostas e estágio adiantado de corrosão, inclusive na região de apoio. Foram recompostas e reforçadas as armaduras de cisalhamento (estribos) e as armaduras de flexão (barras longitudinais). O cobrimento foi recomposto em "groute". Para recomposição das regiões de apoio

, a superestrutura se manteve suspensa através do dispositivo de "prolonga" em viga metálica sobre cilindro hidráulico. Foram instalados aparelhos de apoio de neoprene fretado e toda estrutura foi reforçada, visando adequação às cargas rodoviárias modernas.





Devido à colisão de um navio em manobra de atracação, a superestrutura do pier sofreu severas avarias, sem no entanto colapsar. Foi projetada uma plataforma de trabalho em estrutura metálica suspenso sobre o mar para a realização de todo o tra-

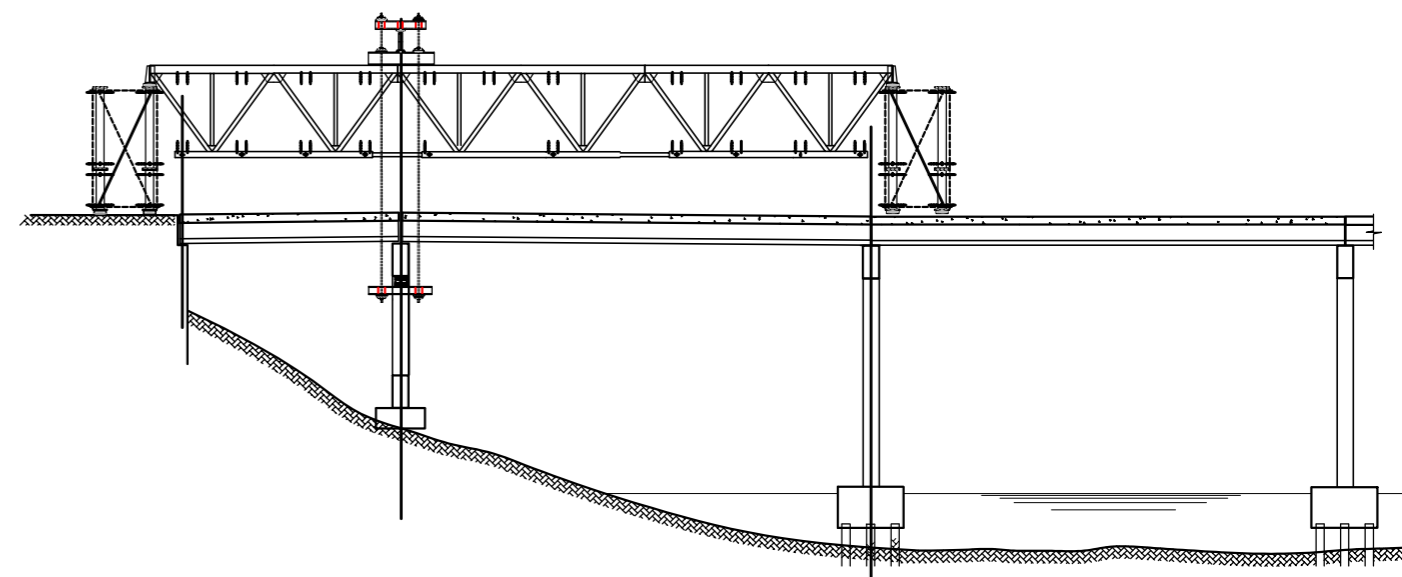
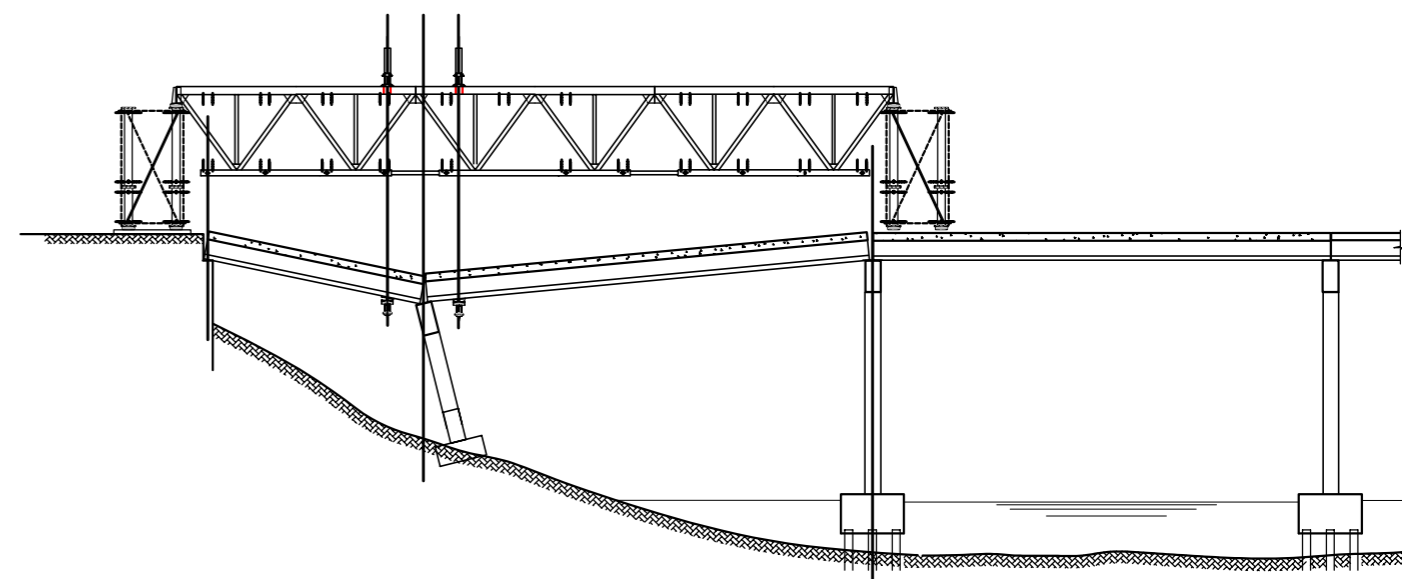
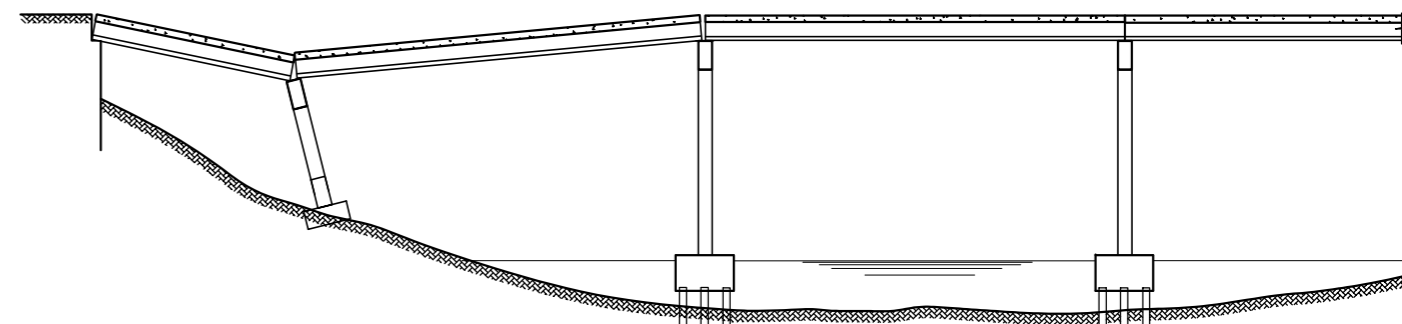
balho de recuperação. O planejamento dos serviços de recuperação atendeu a necessidade de manter a utilização do píer e o funcionamento contínuo das correias transportadoras de minério.

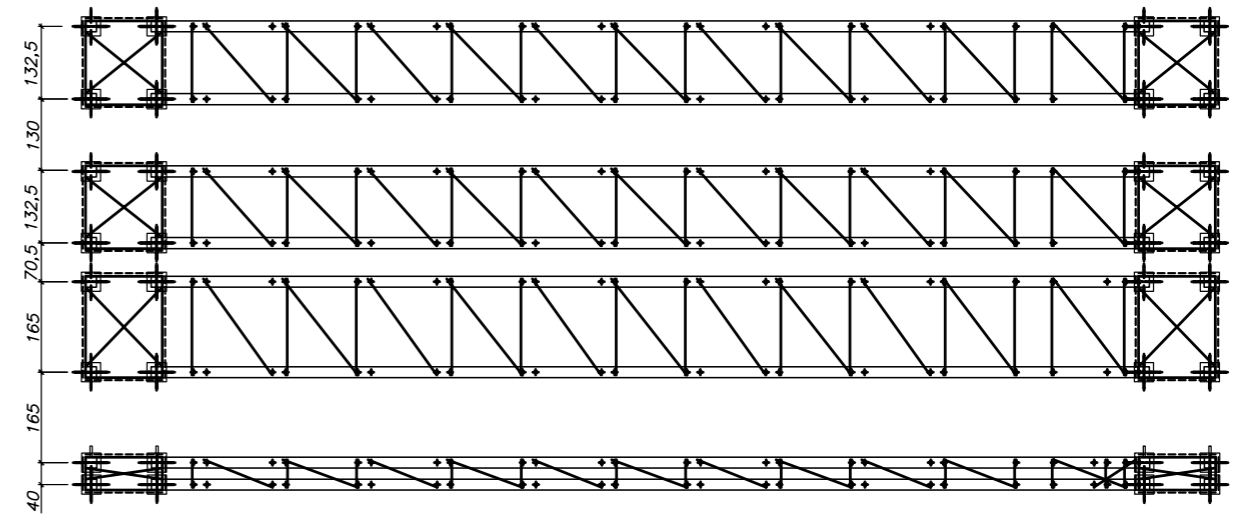


Após uma cheia do rio, ocorreu o colapso da fundação do pórtico de pilares extremos de apoio de duas superestruturas paralelas, uma em viga metálica e outra em vigas em concreto protendido. Com isso, quatro vãos sofreram acentuado deslocamento vertical, e a superestrutura passou a apresentar risco de colapso progressivo súbito dos demais vãos.

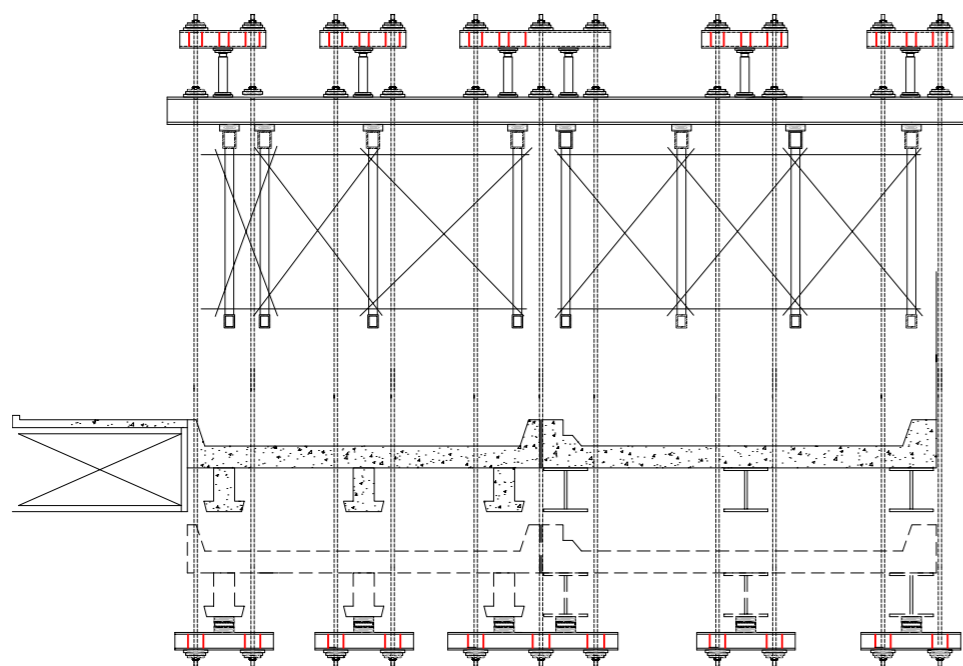
A concepção do projeto de recuperação baseou-se na premissa de reaproveitamento integral das superestruturas e pórticos de apoio. Para isso, foi

concebido um sistema estrutural metálico superior capaz de suspender todos os elementos de superestruturas e pórtico de apoio. O sistema de suspensão e reposicionamento foi detalhado de forma a se adequar às acentuadas deflexões da superestrutura colapsada. As novas fundações em estaca raiz foram solidarizadas ao pórtico de apoio que se manteve suspenso juntamente com a superestrutura até a conclusão dos serviços.



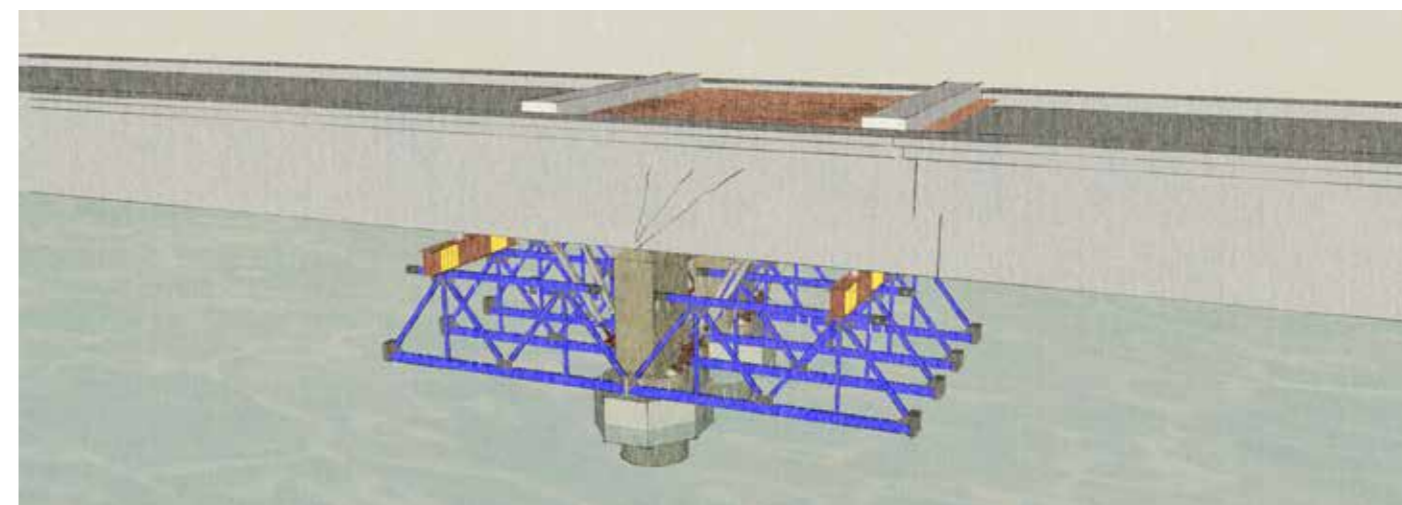
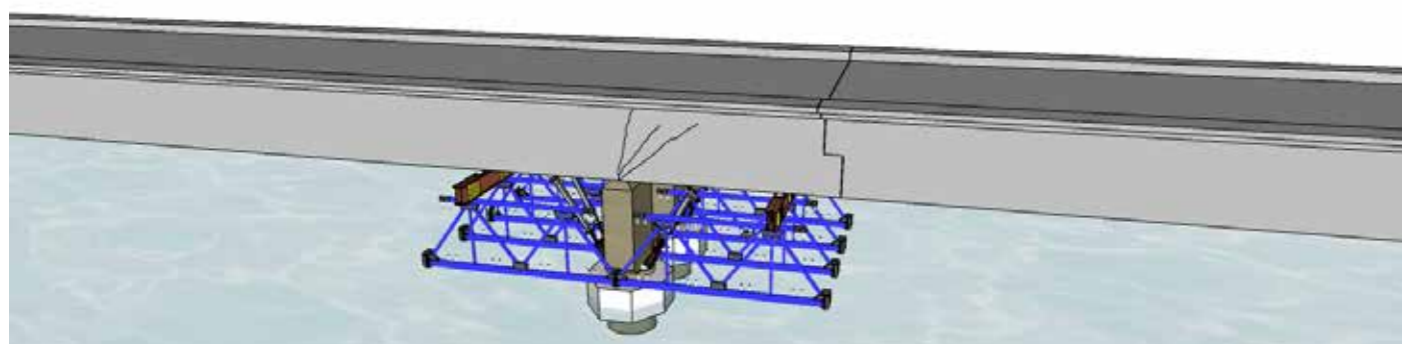
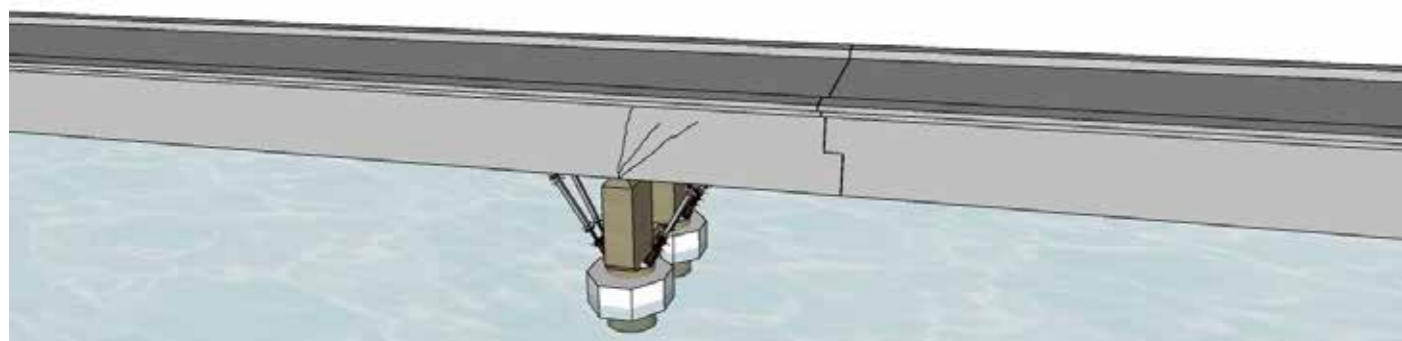
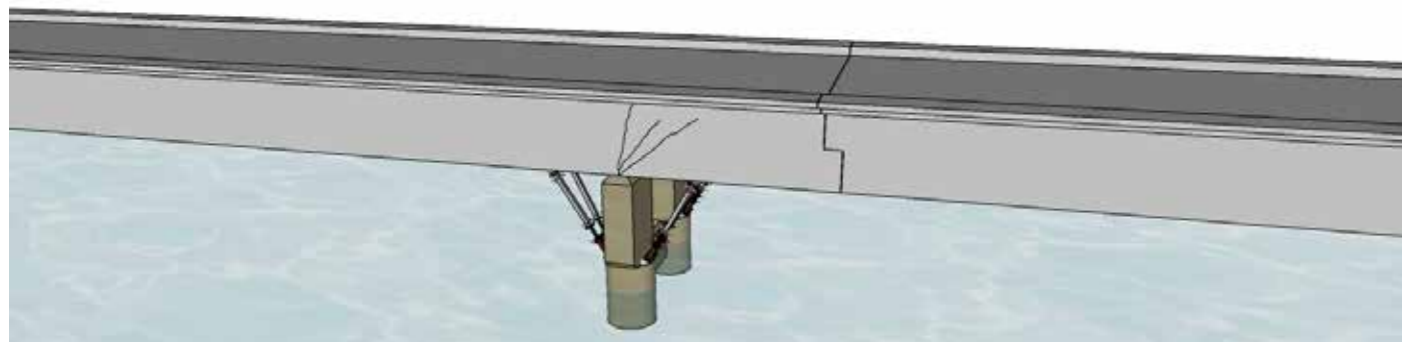
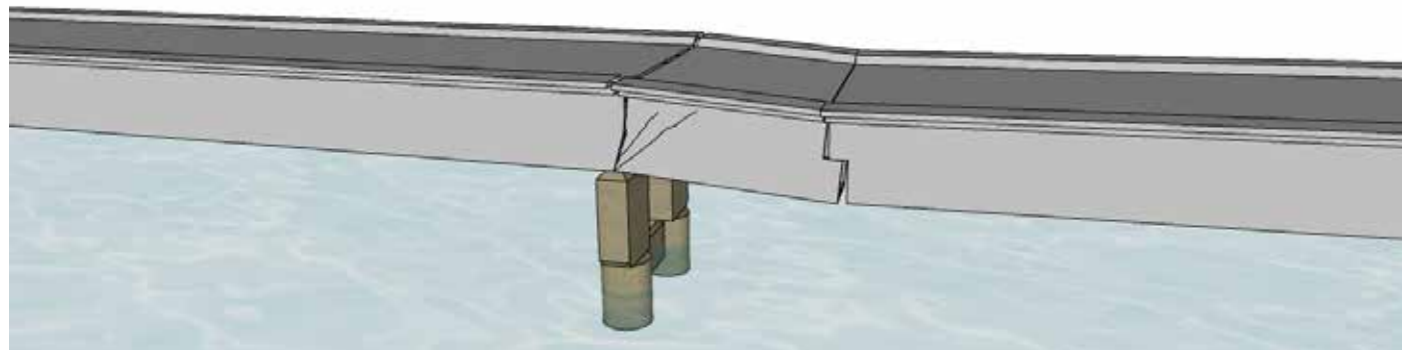


Superestruturas colapsadas da ponte original



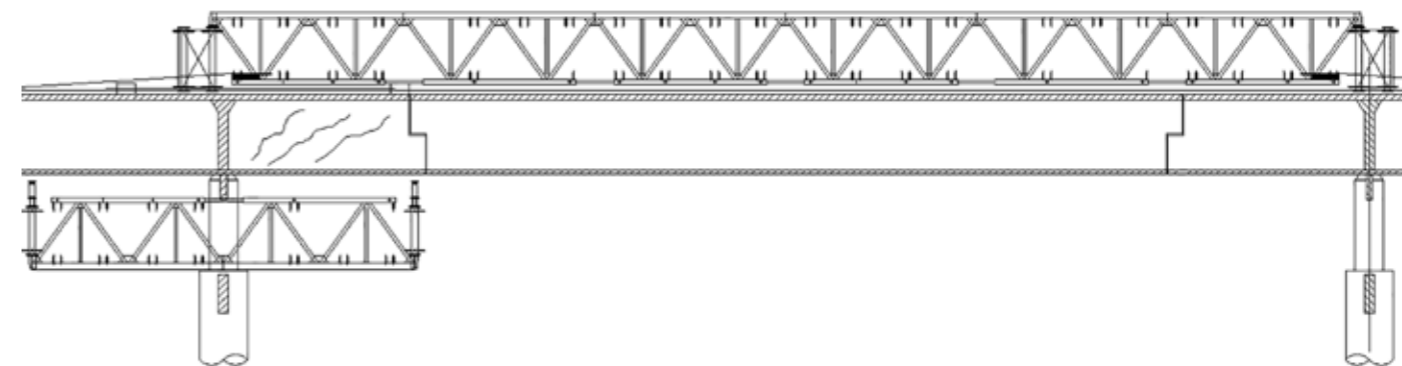
Devido à proteção inadequada com argamassa simples (sem armadura) dos cabos de protensão, o ambiente extremamente agressivo acabou por contaminar e ocasionar o rompimento dos fios e ancor-

agem próximo a um dos apoios centrais. A superestrutura começou a apresentar risco de colapso progressivo com rachaduras

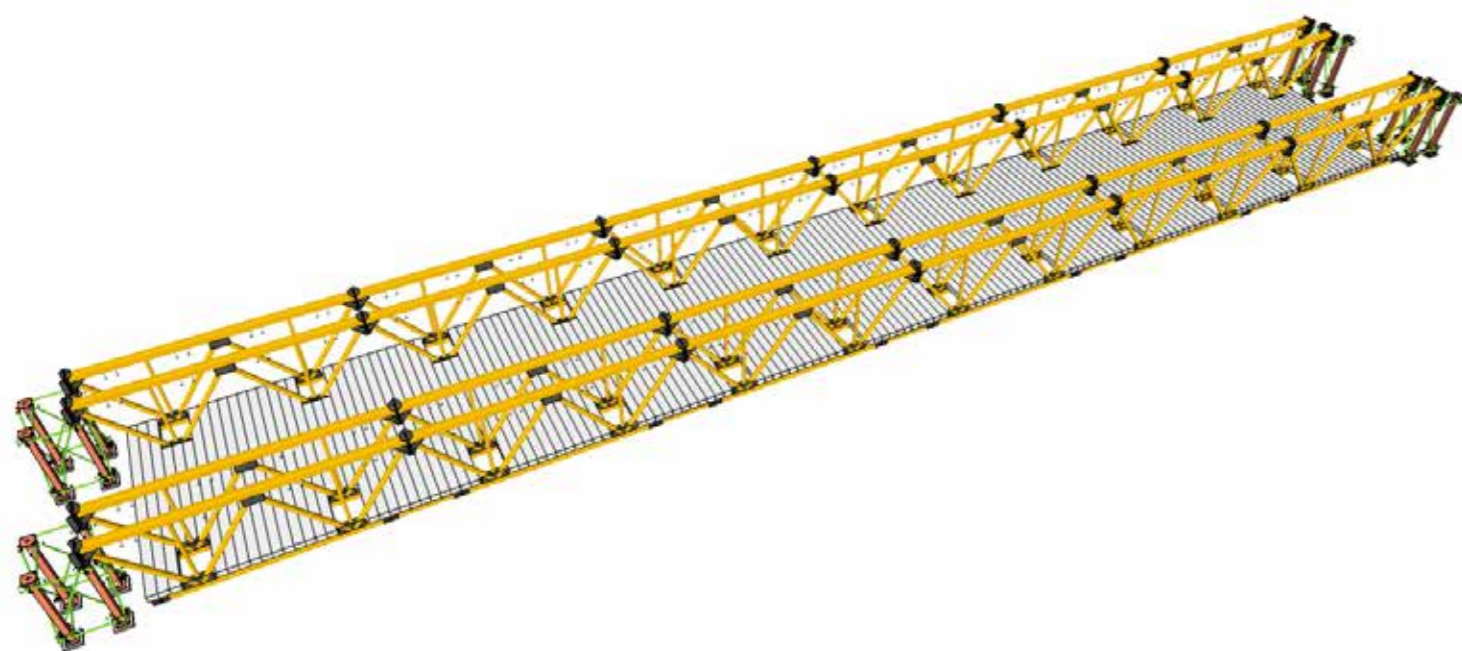


*Complemento do escoramento emergencial em treliça metálica.*



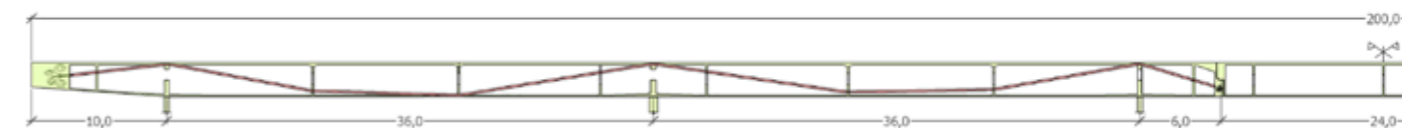
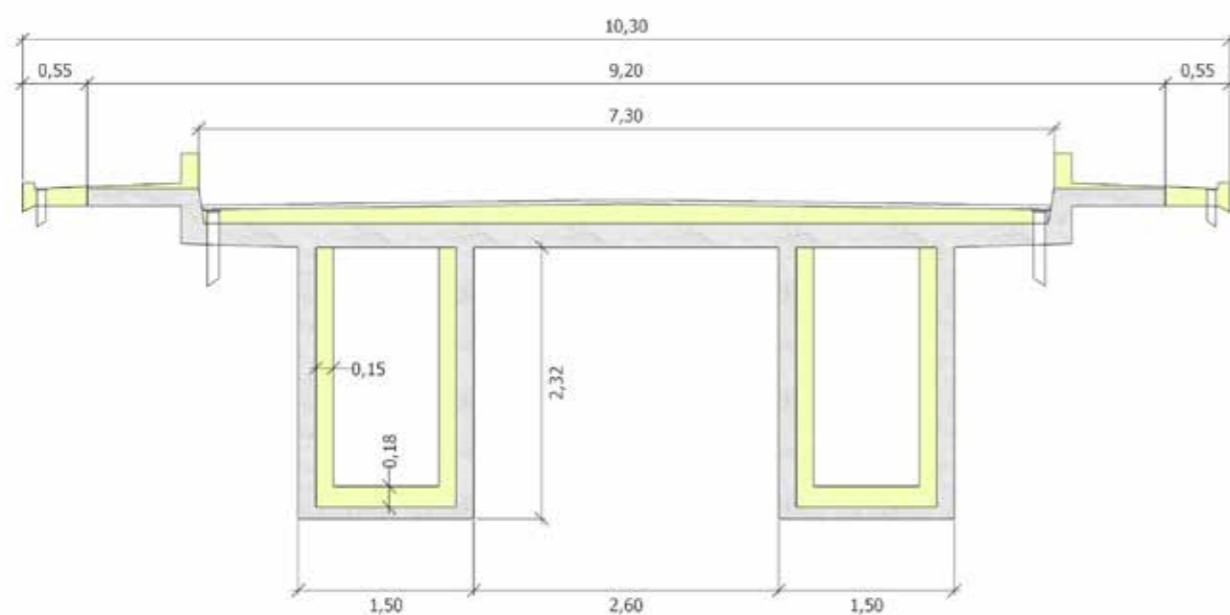


*Detalhe da ponte emergencial provisória em treliças metálicas, totalizando 36 metros de extensão.*





Detalhe do posicionamento do cabo de protensão de reforço.

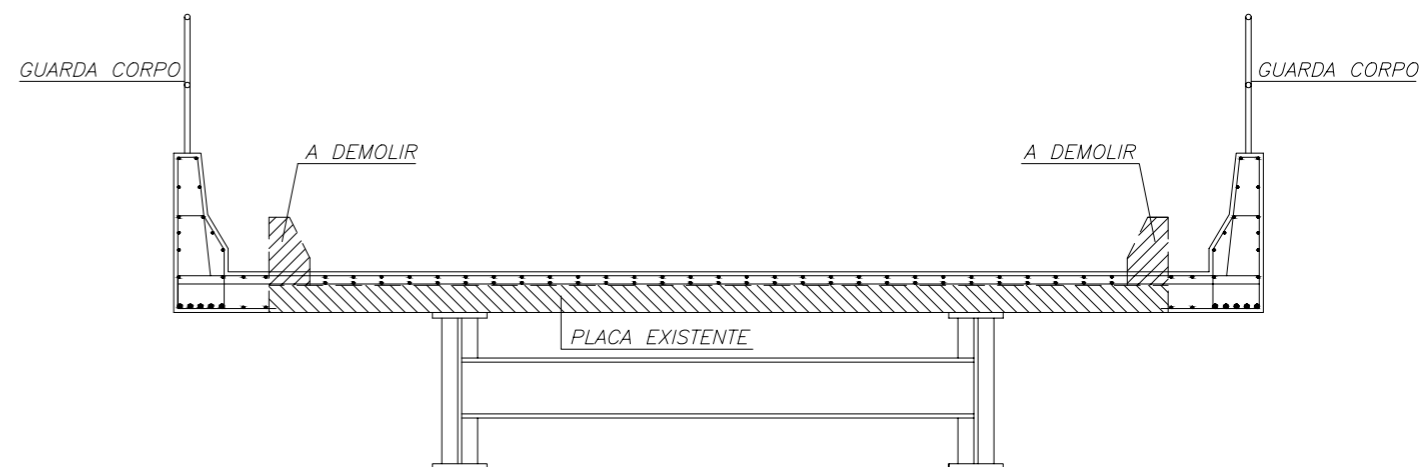
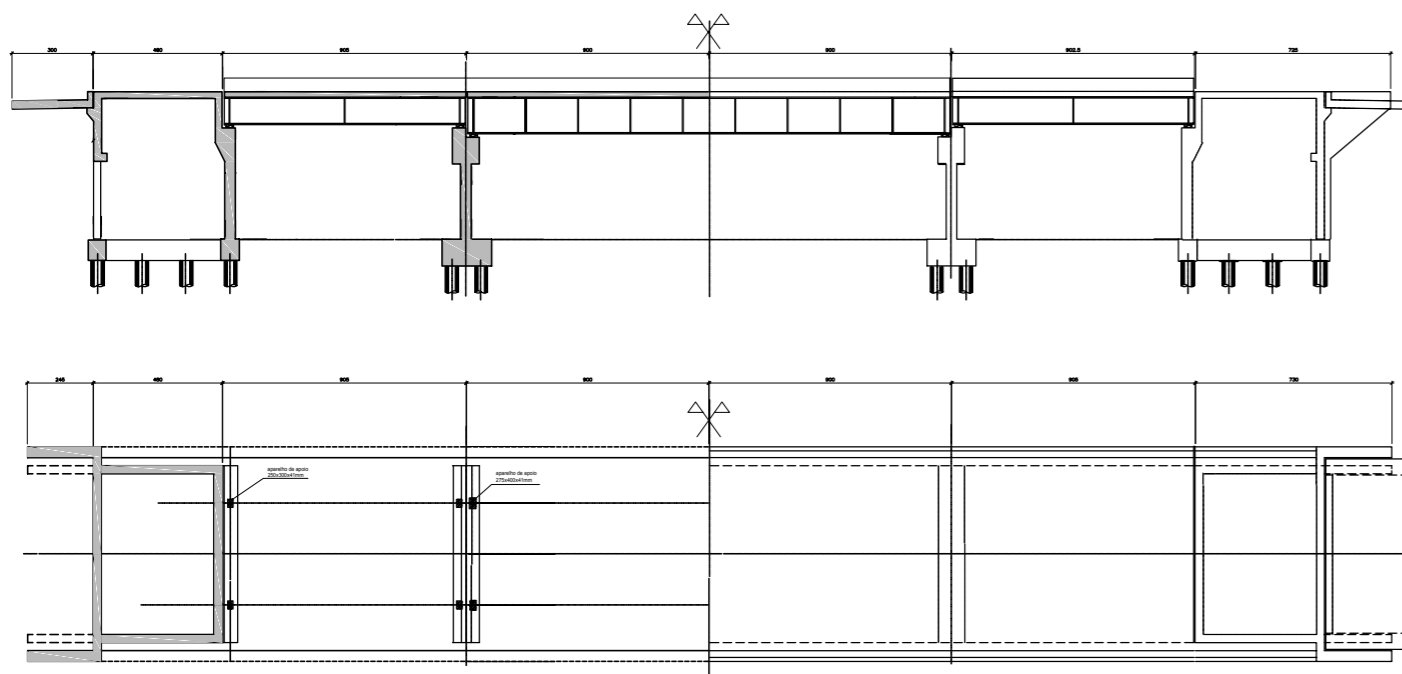






A superestrutura apresentava um problema crônico de construção em que a laje era composta por elementos de placa pré-moldados solidarizados em nichos prismáticos, com faces em planos paralelos como perfeitos paralelepípedos. Por conta da inevitável retração da concretagem dos nichos de ligação, todas as faces paralelas dos prismas perderam a aderência após certo tempo. Desta forma, prati-

camente todos os elementos de placa perderam a conexão com as vigas metálicas da superestrutura. Em função da fissuração generalizada e da necessidade de maior largura, projetou-se nova laje em concreto armado solidarizada às vigas metálicas. O projeto contemplou ainda o dimensionamento de novos aparelhos de apoio e a readequação da placa de transição, cortina e abas.



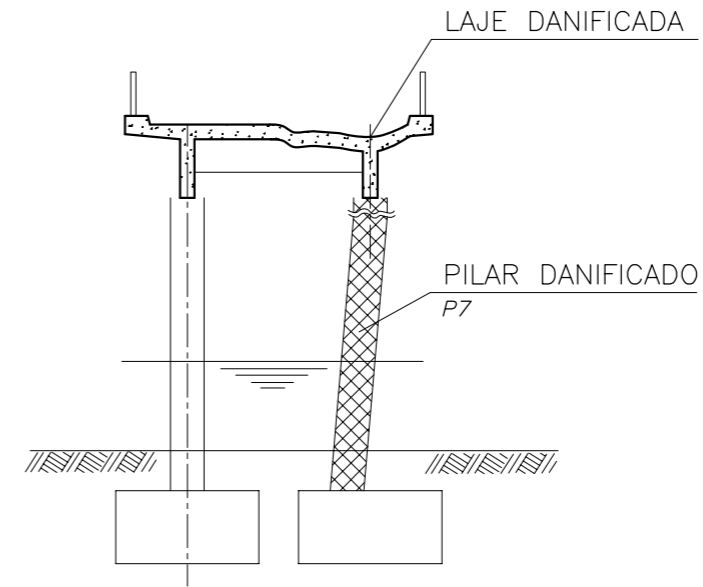
Detalhe da seção transversal após reforço e alargamento.



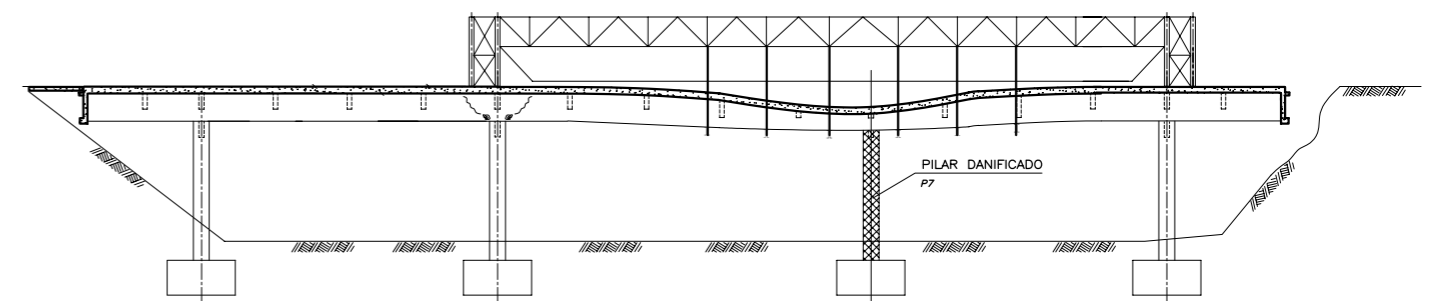
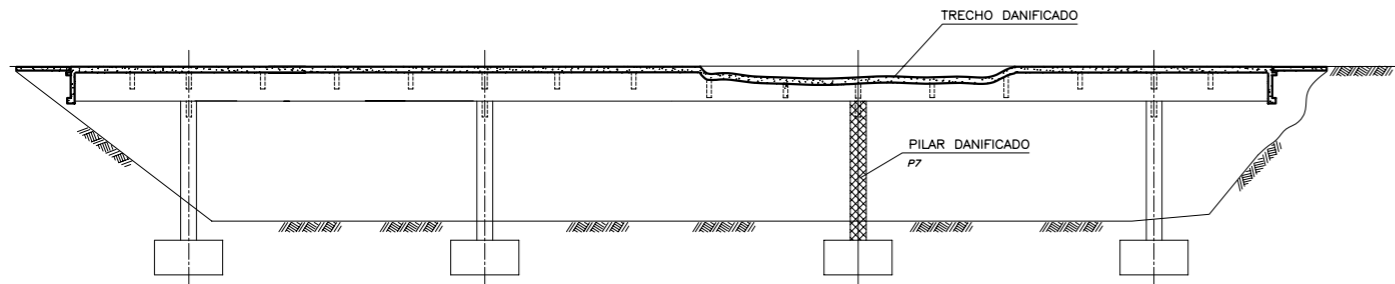
Após excepcional cheia do rio Paquequer, um dos pilares centrais apresentou fratura completa de sua ligação no nó aportado em seu topo. Com isso, a superestrutura passou a apresentar risco de colapso completo súbito. A perda do apoio central ocasionou forte torção na superestrutura, com deflexão central na ordem de 1,0 metro. Projetou-se emergencialmente escoramentos metálicos inferiores, visando impedir a propagação do colapso. Adicionalmente, projetou-se uma protensão no plano da laje com desnível vertical, despertando resultante vertical de "alívio". Foram concebidas duas estruturas em treliça metálica imediatamente acima da projeção das vigas, com o objetivo de sustentar a superestrutura e auxiliar no içamento e posicionamento do trecho

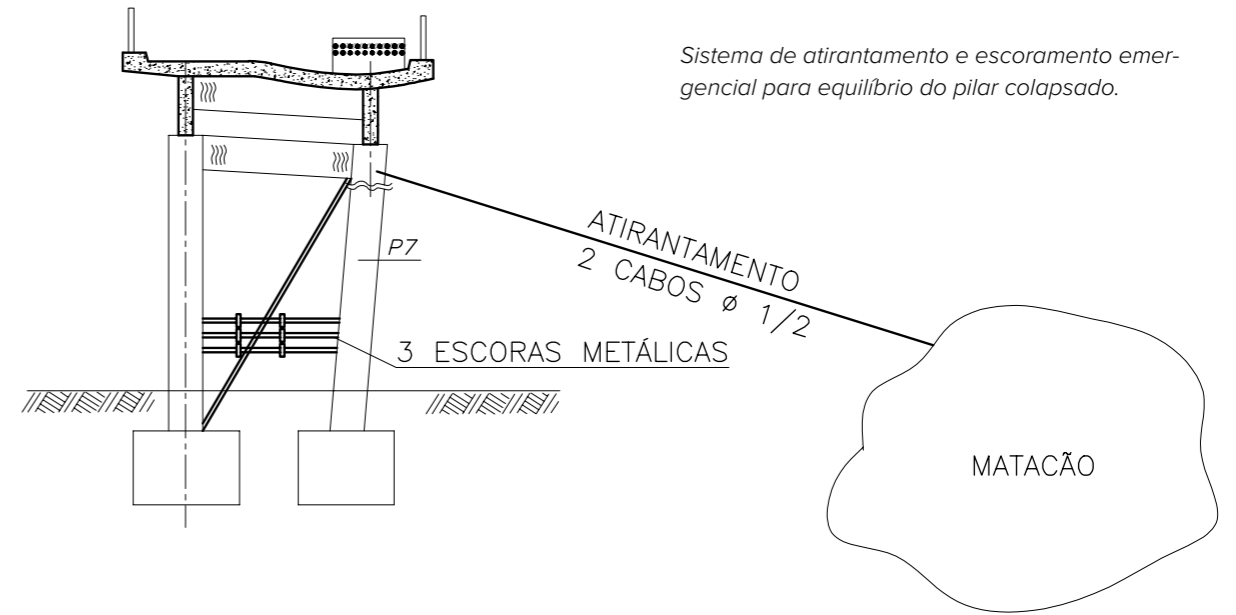
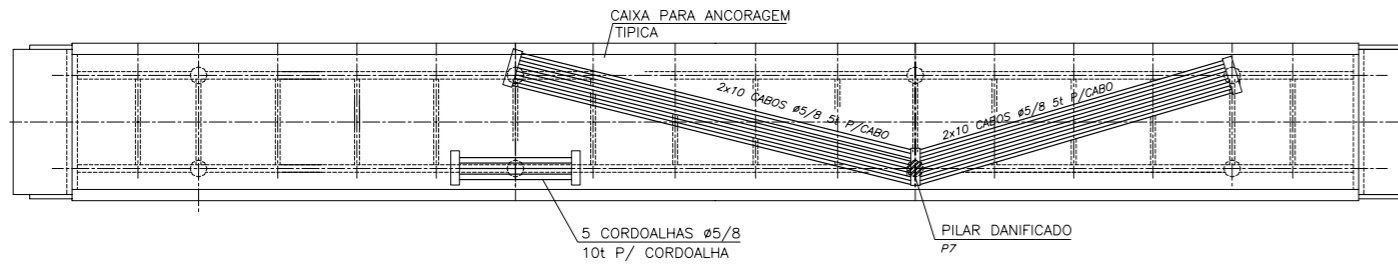
deformado. A estrutura metálica em treliça sobre a viga mais deformada foi reforçada com protensão com barras dywindag. Após a demolição do pilar colapsado, a superestrutura foi reposicionada com auxílio de cilindros hidráulicos de alta potência reagindo sob placa de reação protendida.

Toda a superestrutura foi reforçada com estribos ancorados com resina epoxi seguindo-se de concreto projetado para encamisamento. O reforço de flexão contou com armadura convencional e protensão com monocordoalha engraxada nos trechos de momento negativo. O novo pilar foi construído sobre novos blocos estaqueados. O projeto contemplou ainda a recomposição total de um dos encontros.

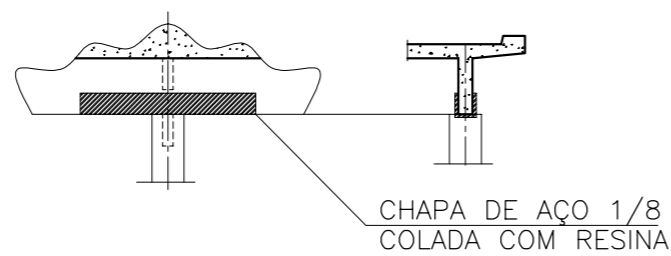


Vista das duas linhas de escoramento superior em treliça metálica.



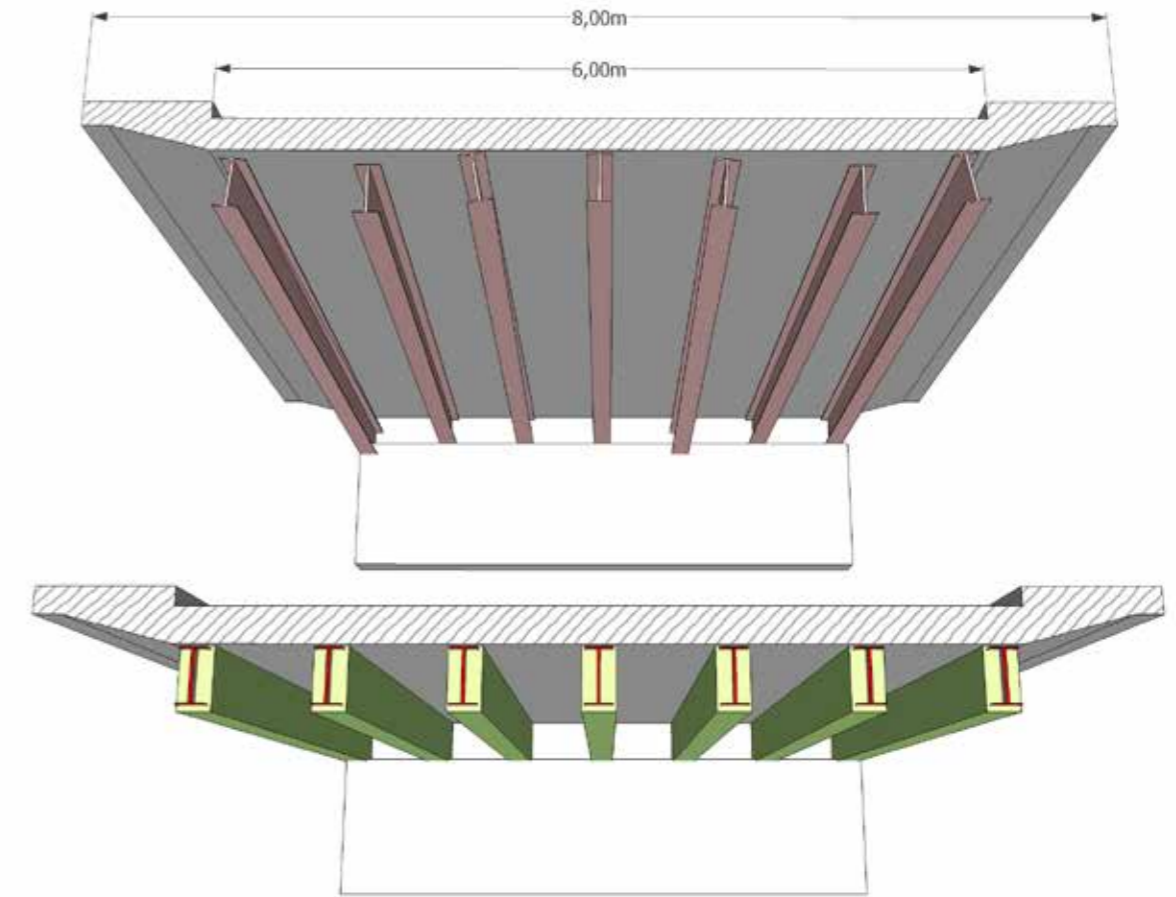


Aspecto de feixe de cordoalhas para protensão emergencial de equilíbrio na laje superior.



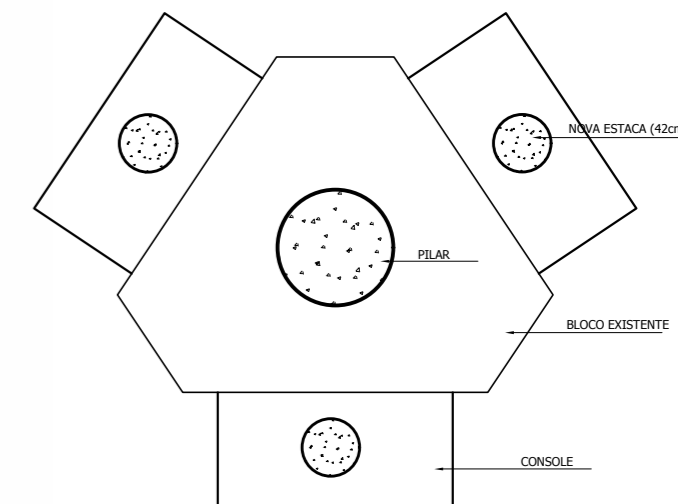
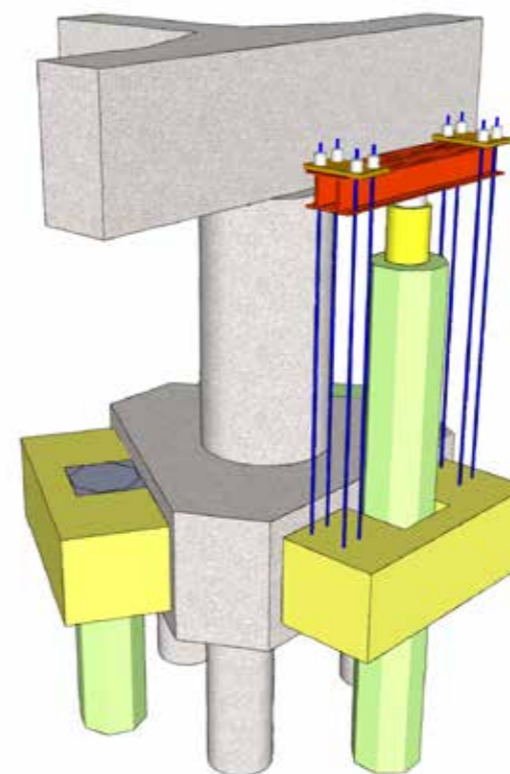
Superestrutura original com vigas múltiplas metálicas solidarizadas com laje em concreto armado. As vigas metálicas sem travejamento adequado passaram a apresentar flambagem lateral e perda expressiva na região de apoio.

Diante do risco de colapso súbito das diversas vigas, a solução emergencial constou de montagem de sobreponete metálica com estrado em madeira. O projeto de recuperação e reforço da superestrutura consistiu basicamente no envolvimento de todas as vigas metálicas resultando em vigas múltiplas em concreto armado adequado às cargas rodoviárias modernas.

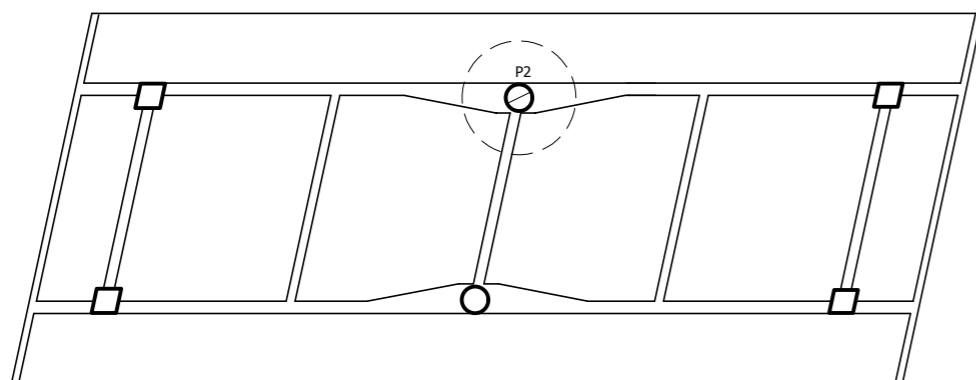


Superestrutura hiperestática aporcada nos pilares em região, com espessa camada de argila mole. Em função de recalques diferenciais, a superestrutura passou a apresentar deformação expressiva, principalmente em um dos apoios centrais. A solução

para estabilização e reposicionamento foi a incorporação de estacas de reação solidarizadas sob carga ativa no bloco de coroamento existente. A solução projetada contemplou ainda as contenções dos encontros em cortina atirantada.



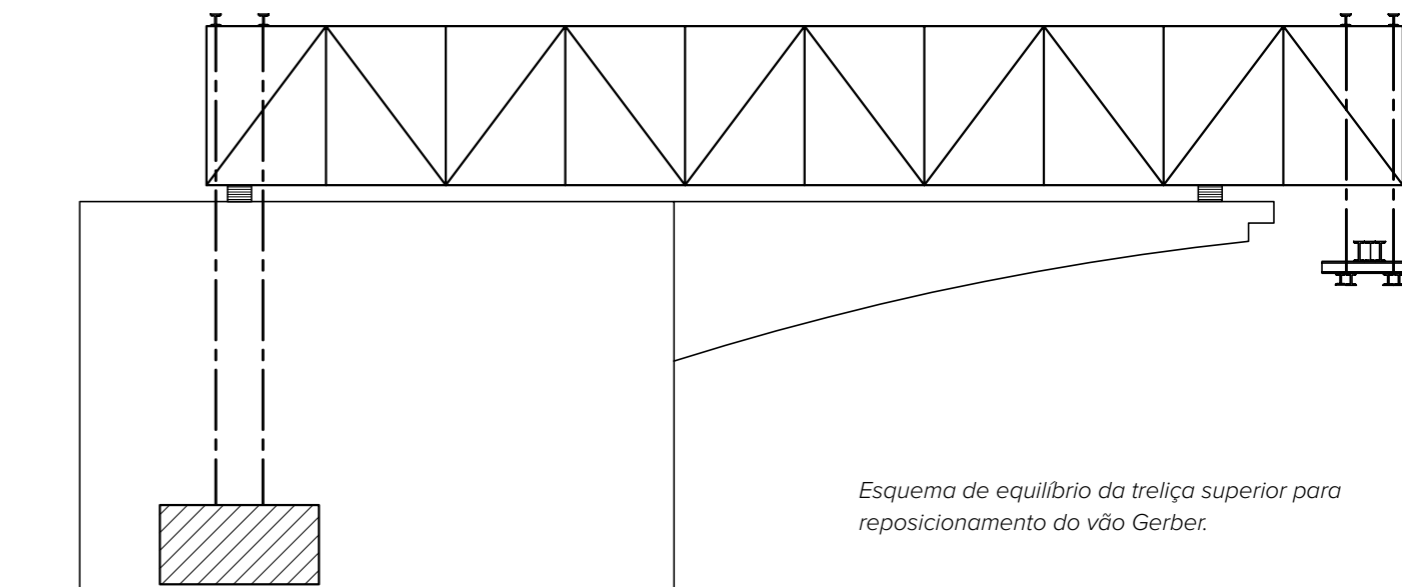
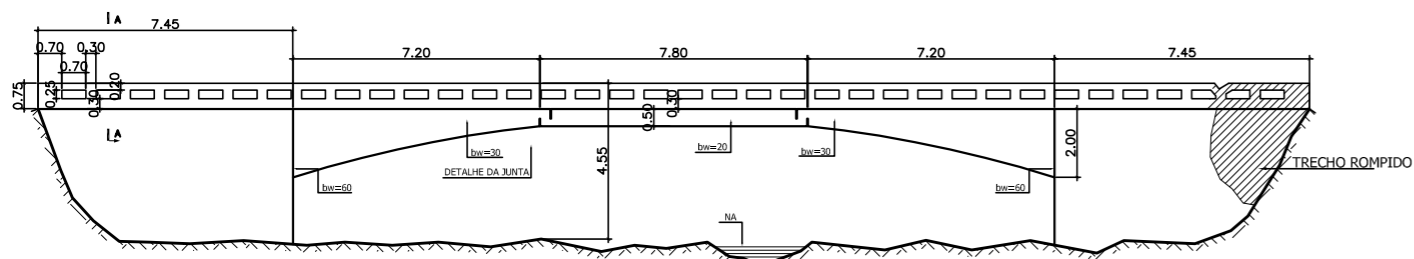
Montagem da estrutura de reação para a cravação das estacas de reforço.

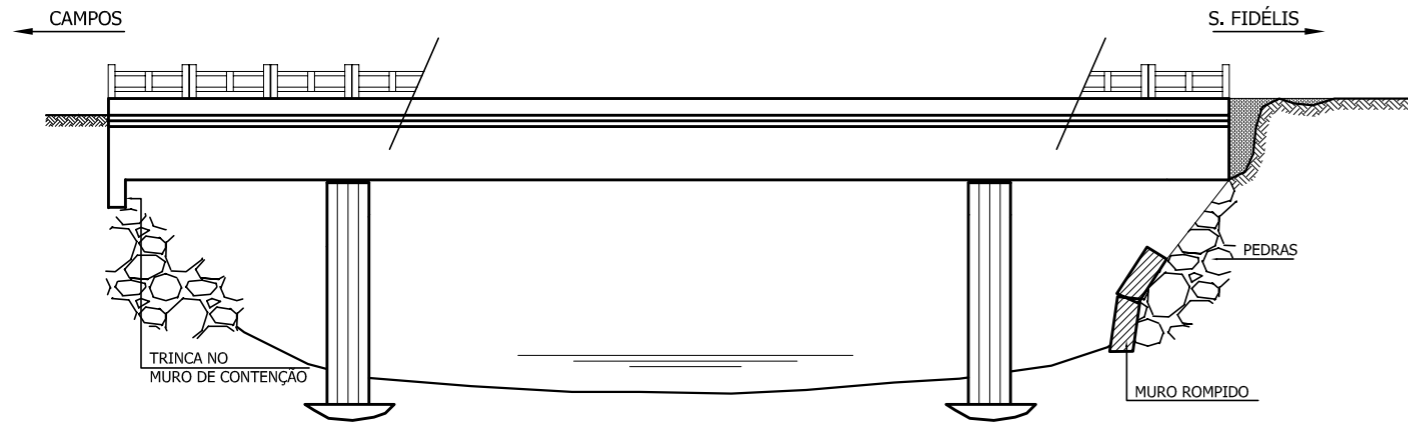




Superestrutura com vão Gerber apresentando deformações e sinais de deterioração das rótulas internas. A solução emergencial constou de escoramento metálico inferior, mantendo-se tráfego rodoviário sem limitação de carga. Para reposicionamento do

vão Gerber, durante a recuperação estrutural, foram utilizadas treliças metálicas montadas nos bordos da pista. A recuperação constou de encamisamento em concreto armado e protensão com monocordalhas engraxadas.



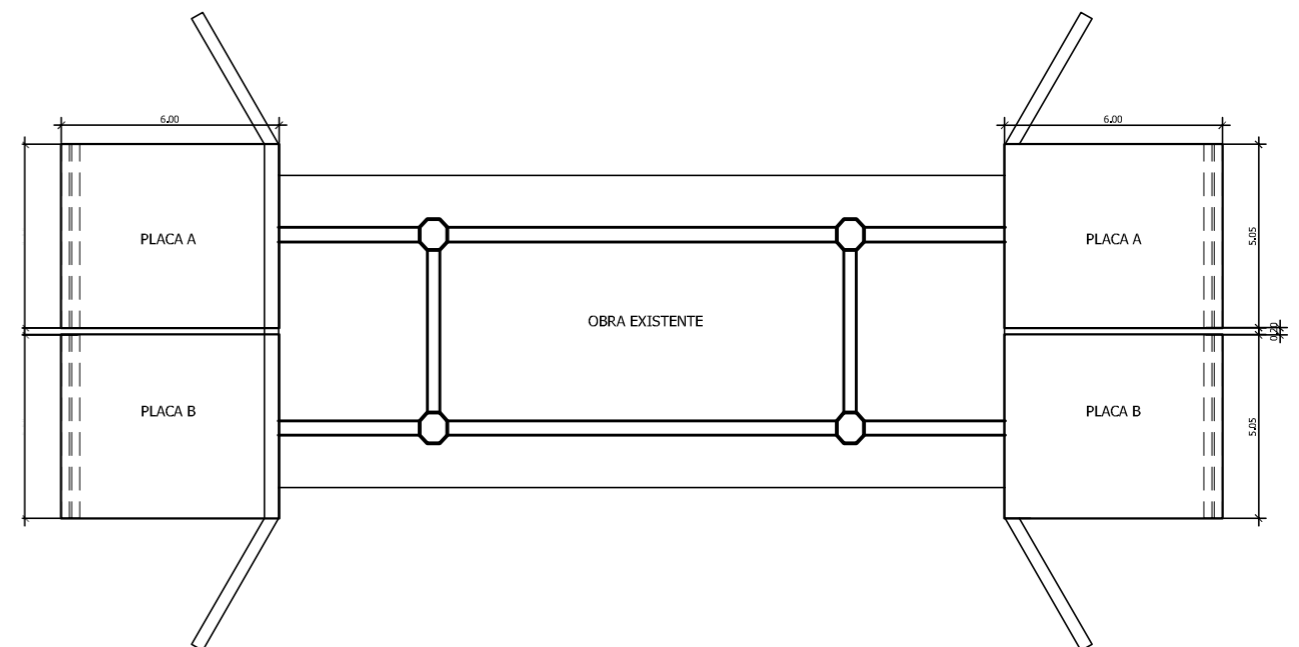


Por falta de placa de aproximação e contenções adequadas, uma das extremidades apresentou ruptura no aterro de acesso. Durante a recuperação

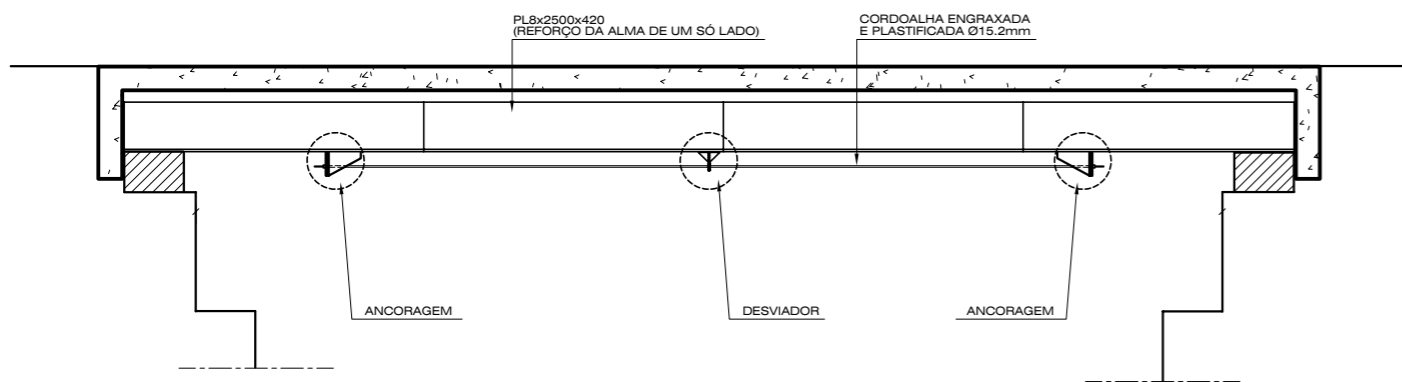
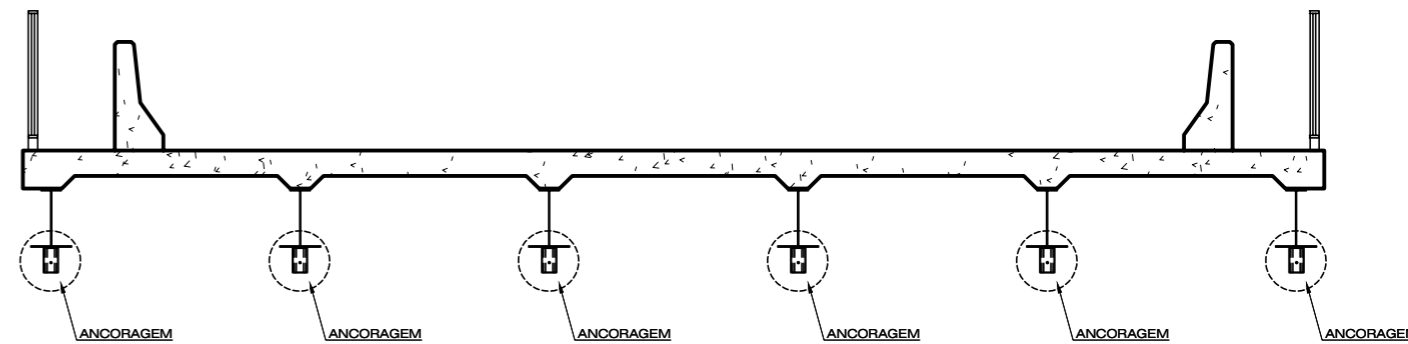
emergencial das contenções, manteve-se tráfego em meia pista para a instalação de placas de aproximação moldadas no local.



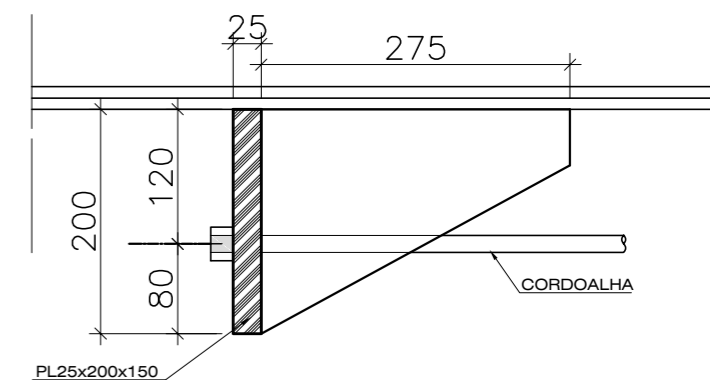
Detalhe das placas de transição executadas em duas etapas para manutenção do tráfego.



Visando o aumento de capacidade portante sem interdição da ponte em viga mista, foram instalados cabos de protensão externa em monocordoalha engraxada em conjunto com revestimento em concreto armado de alta resistência na laje.



Detalhe dos dispositivos de ancoragem soldados no flange inferior da viga metálica





Trata-se originalmente de ponte ferroviária, datada de 1912, com estrutura em aço, constituída por duas treliças com banzos paralelos de altura de 6,80m, largura da seção de 4,52m e vão com 62,4m de comprimento. Com a remoção dos trilhos em 1966, a estrutura recebeu complementação do estrado em dormentes de madeira para uso rodoviário.

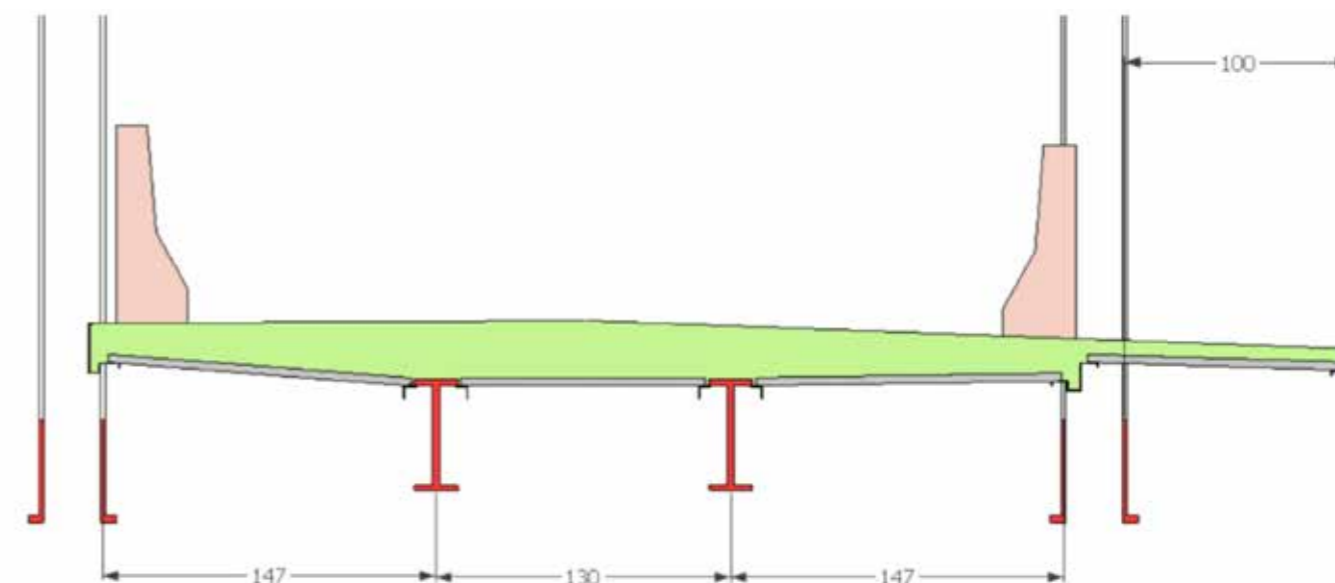
Por conta do rápido do aumento da demanda, não só em quantidade de veículos, mas, principalmente, das cargas, em função do crescimento da atividade agro-industrial da região, havia sido proposto pelo DER do Estado de São Paulo a melhoria da rodovia vicinal SRV046, que incluía em seu escopo a ponte sobre o Rio Pardo.

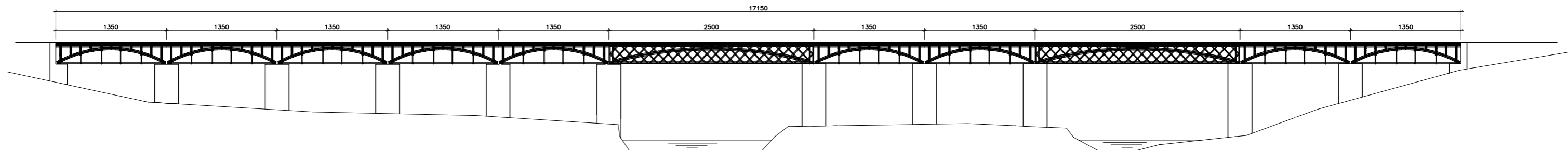
Observou-se, durante vistoria realizada, que os perfis metálicos da ponte apresentavam corrosão generalizada, principalmente nos elementos imediatamente abaixo do estrado. Isso se deu em virtude da infiltração de agentes corrosivos da seiva da cana, constantemente deixada pela passagem da colheita.

O projeto de reforço contemplou a substituição do estrado de madeira por laje em concreto, considerando passeio de pedestre em balanço, incorporada ao banzo inferior da superestrutura treliçada solidarizadas por meio de conectores tipo “stud bolt”, apresentando comportamento de estrutura mista.

Ao se considerar a carga adicional da laje em concreto, do passeio e das cargas móveis atuais, restava pouca capacidade resistente da superestrutura. Como forma de se equilibrar estas solicitações, foi então proposto que se utilizasse o artifício da protensão, através de cabos constituídos por monocordalhas engraxadas, posicionados imediatamente abaixo do banzo inferior com ancoragens fixadas nos nós da treliça. Desta forma, analisando os efeitos através de modelo matemático, verificou-se “alívio” de aproximadamente 30 toneladas do banzo inferior da treliça em sua seção mais solicitada.

Quanto à infraestrutura, após vistoria, foi verificado que os encontros apresentavam-se em boas condições, não havendo sinais de recalque ou danos que indicassem problemas estruturais. Como houve aumento de cargas permanentes e móveis, foi feita uma verificação das reações de apoio da obra e, posteriormente, comparação com a estimativa das reações do projeto original. Por se tratar de um projeto do início do século passado, onde não se tem registros da memória de cálculo, adotaram-se como parâmetro de comparação as cargas móveis de trem-tipo ferroviário de bitola métrica TB-16, referente à NB7 do ano de 1943. Os valores indicaram que as fundações apresentavam reservas plenamente suficientes para o aumento de carga.





Ponte sobre o rio Paraíba do Sul, entre as cidades de Vassouras e Valença, no Estado do Rio de Janeiro, com 11 vãos e 171,5 metros de comprimento. De grande valor histórico, foi inaugurada em 1865 pelo Imperador D. Pedro II como uma construção inovadora, e uma das primeiras estruturas metálicas do Brasil. Originalmente composta por três linhas de longarinas, a ponte sustentava uma ferro-

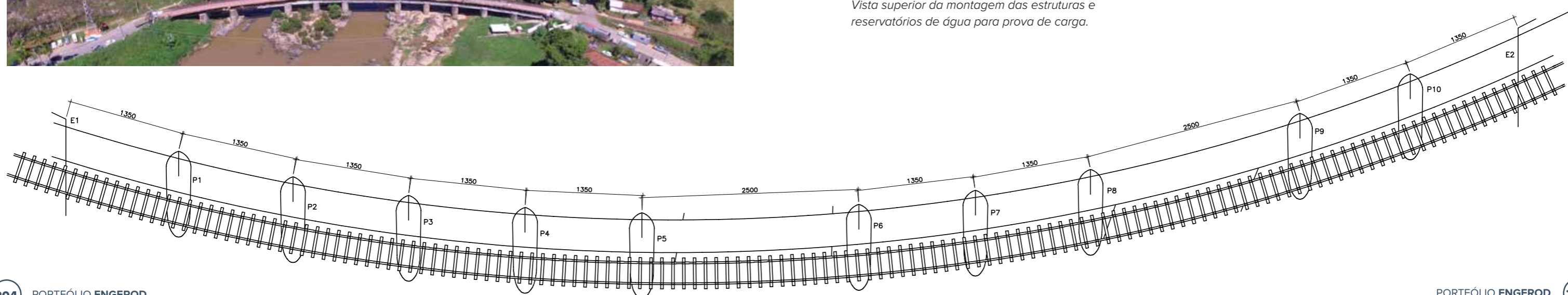
via e uma faixa de rodagem. Neste século, uma das linhas de longarinas foi removida para dar espaço à moderna ponte ferroviária apoiada nos pilares originais. As duas linhas longitudinais restantes, com uma laje de concreto armado, passaram a se destinar ao tráfego rodoviário. Em 2017, a Engerod desenvolveu o projeto de restauração e reforço estrutural da ponte.

Uma análise físico-química revelou que a estrutura metálica, composta de ferro pudlado, precursor do aço moderno, não poderia receber conexões soldadas. A laje de concreto armado, com problemas de carbonatação e corrosão, foi submetida a um tratamento de realcalinização. Toda a superestrutura foi suspensa para nivelamento e instalação de suportes elastoméricos. A remoção cuidadosa de rebites tornou possível a conexão por parafuso para reforço estrutural. Os nove vãos do arco atirantado foram reforçados com um novo

sistema de reforço; as barras Dywidag dispostas paralelamente às hastes originais e pré-tensionadas. Os dois vãos maiores em viga treliçada foram reforçados com monocordoalhas engraxadas tensionadas logo abaixo do flange inferior. A recuperação da parte metálica, perdida por corrosão, foi realizada incorporando-se armação convencional, aderida por concretagem do banzo inferior. Os elementos estruturais reforçados foram projetados de forma a não afetar a arquitetura do patrimônio histórico.



Vista superior da montagem das estruturas e reservatórios de água para prova de carga.

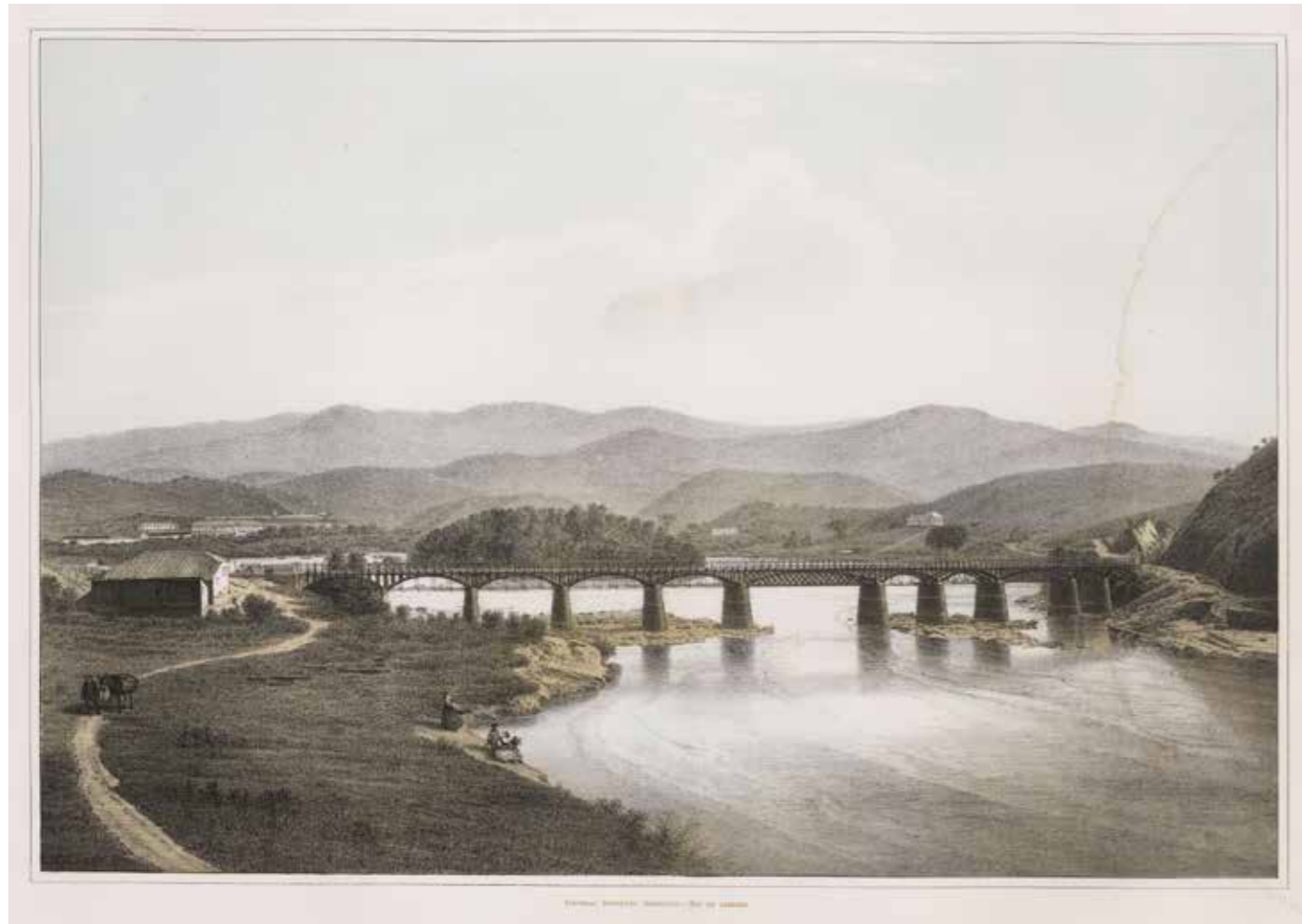




Gravuras: Projeto original (década de 1860)



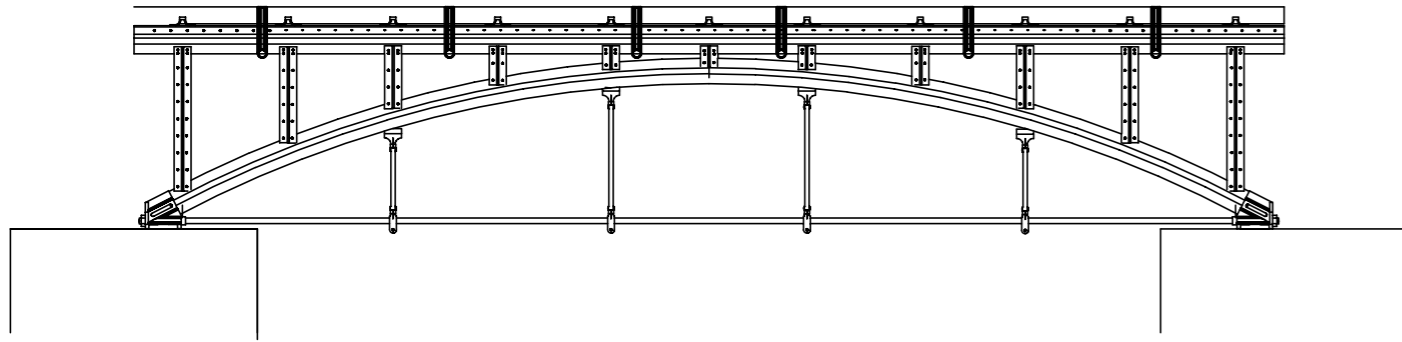
Foto de Marc Ferrez (1881)  
Collecção de Vistas Photographicas da Estrada de Ferro Dom Pedro 2 - [http://objdigital.bn.br/acervo\\_digital/div\\_iconografia/icon381909/icon381909.pdf](http://objdigital.bn.br/acervo_digital/div_iconografia/icon381909/icon381909.pdf)



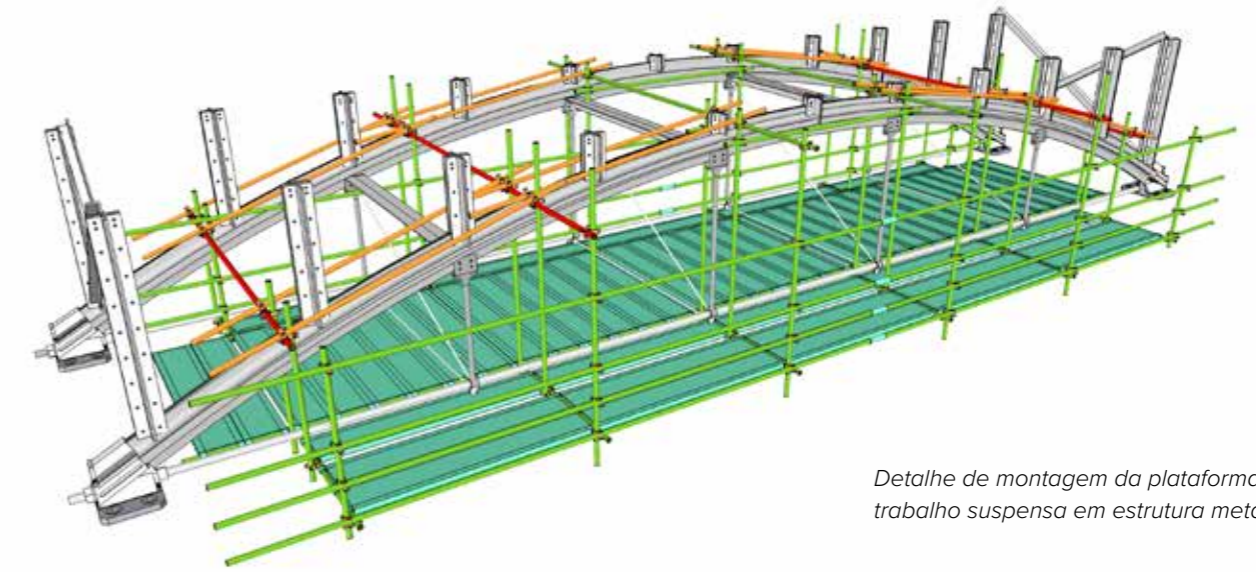
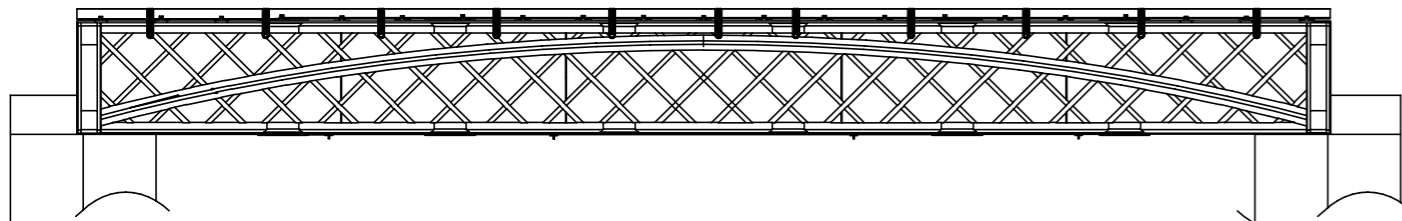
Pintura de Carlos Linde (1873)  
Estrada de Ferro Dom Pedro II - [http://objdigital.bn.br/acervo\\_digital/div\\_iconografia/icon326381/icon326381.pdf](http://objdigital.bn.br/acervo_digital/div_iconografia/icon326381/icon326381.pdf)



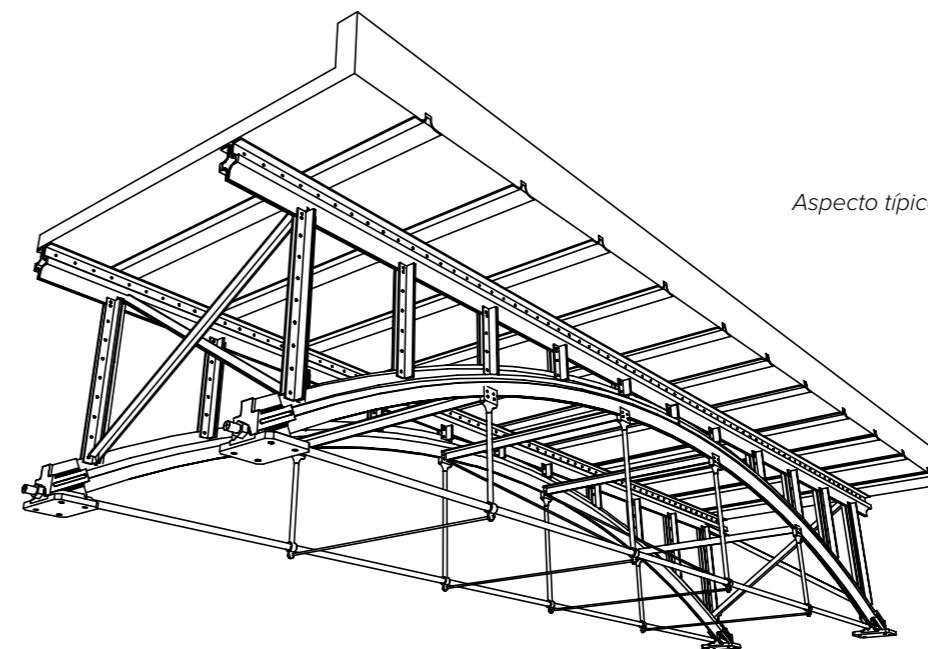
Apresentação do artigo no congresso do IABSE ("International Association for Bridge and Structural Engineering") 2019, Guimarães, Portugal



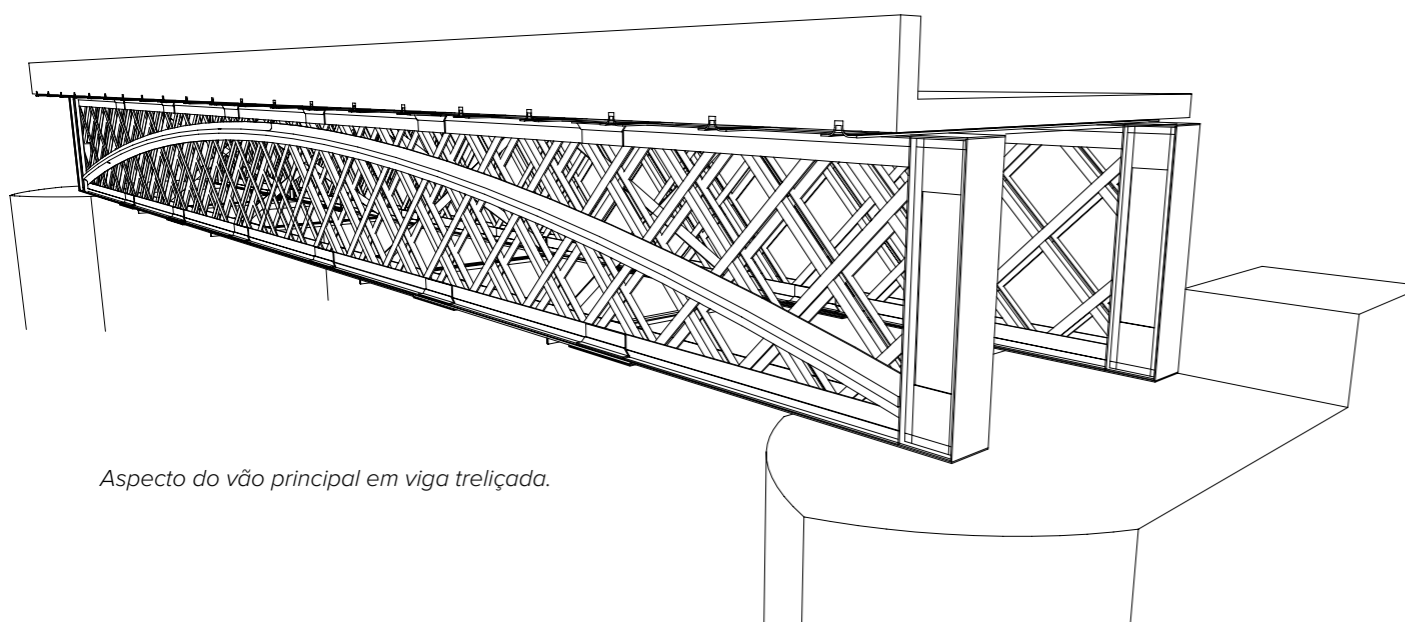
Detalhe mostrando a proximidade entre a ponte da linha férrea e a estrutura da ponte recuperada.



Detalhe de montagem da plataforma de trabalho suspensa em estrutura metálica.

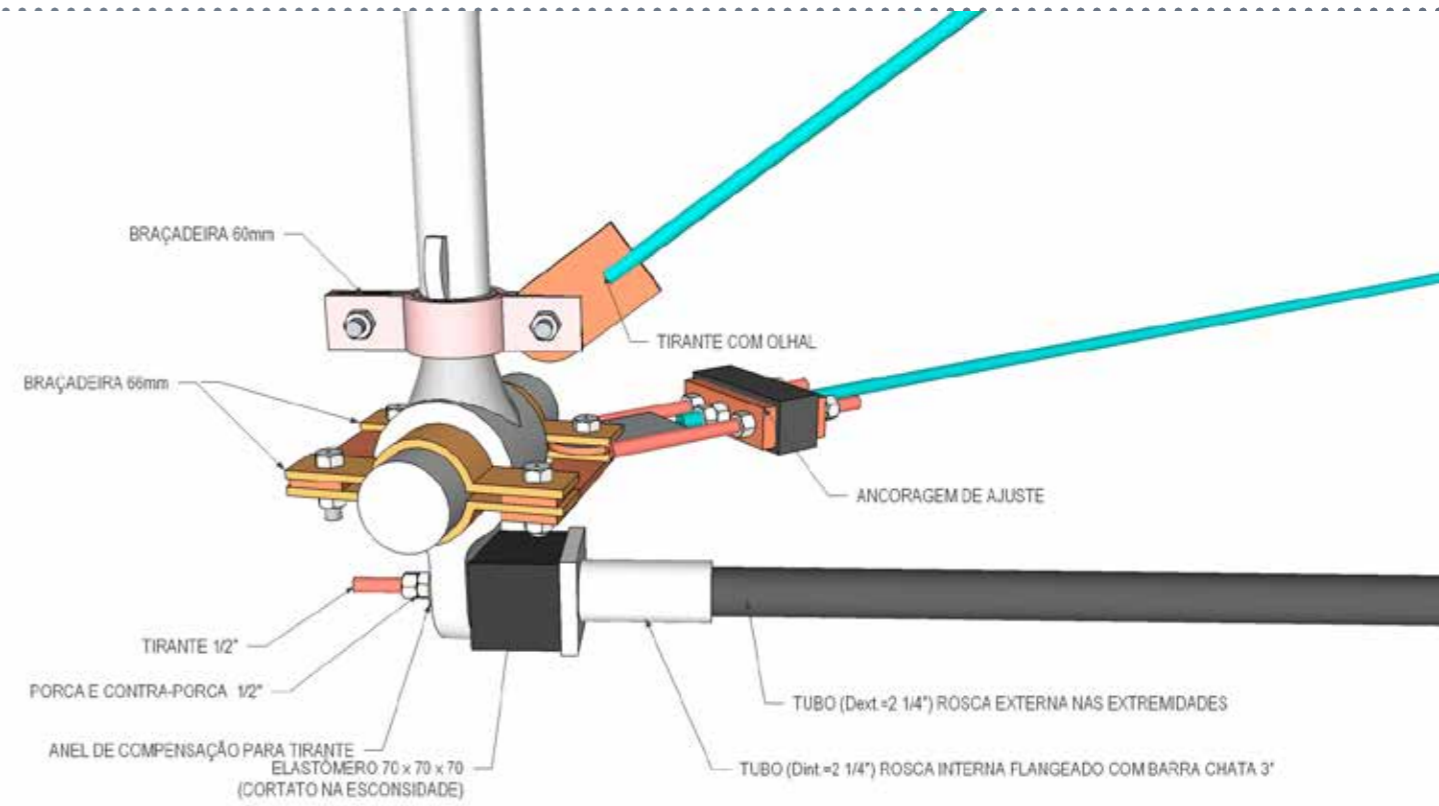
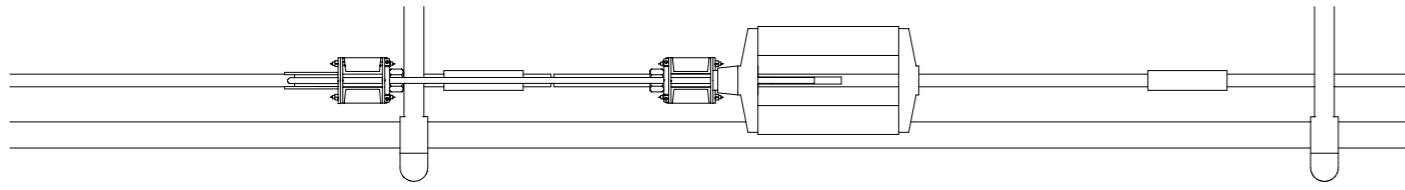


Aspecto típicos dos vão em arco atirantado.

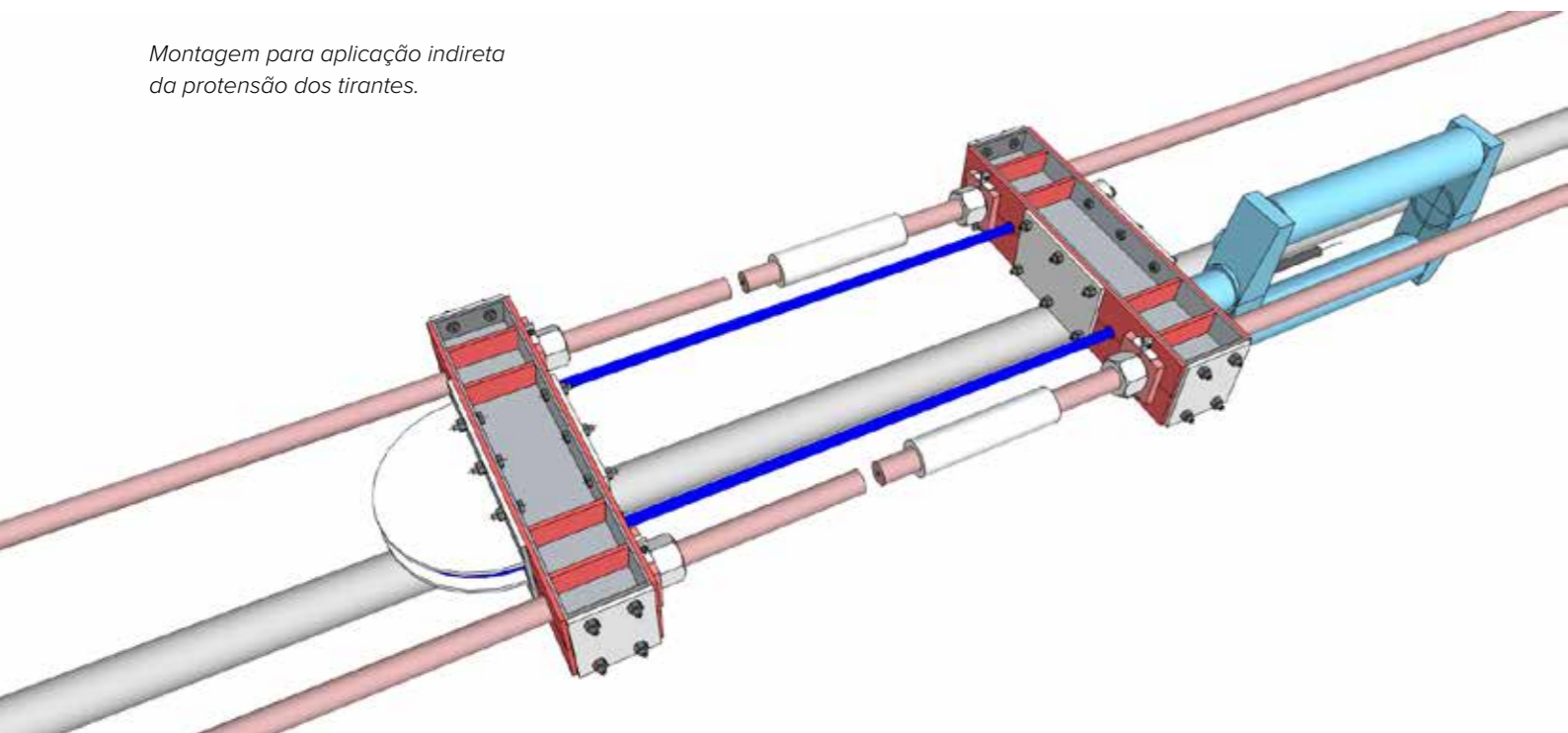


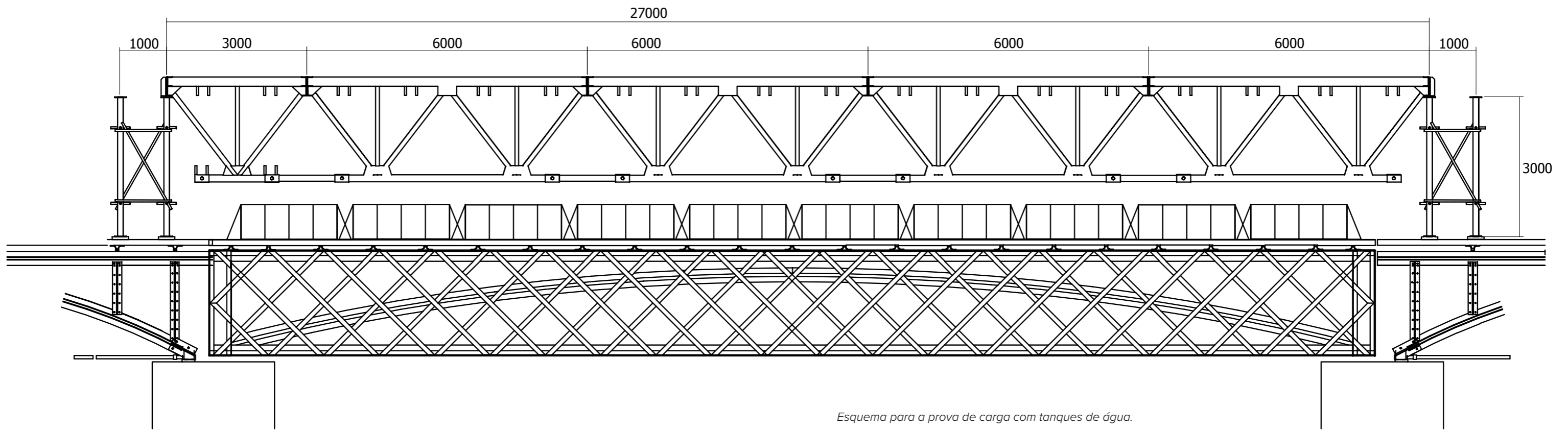
Aspecto do vão principal em viga treliçada.





Montagem para aplicação indireta da protensão dos tirantes.





Esquema para a prova de carga com tanques de água.



# CANALIZAÇÕES

O foco da Engerod sempre foi o desenvolvimento de projetos de pontes e viadutos. Ao longo da nossa história, surgiram oportunidades de trabalhar também com projetos de canalizações.

Analisando sob um ponto de vista técnico apenas, pode se considerar que uma ponte é semelhante a um canal. As dimensões transversais são da mesma ordem de grandeza e suas estruturas, similares. A diferença é que, no caso das canalizações, existe o contato direto com o solo. Isso, por um lado, simplifica o projeto e a execução mas, por outro, cria novos tipos de pressões, forças e movimentos que precisam ser considerados.

Os projetos de canalizações da Engerod foram em sua grande maioria feitos a partir de pré-moldados, com algumas soluções bastante originais no sistema construtivo, destacando-se os pórticos de lançamento e detalhes de encaixe e equilíbrio das aduelas pré-moldadas.



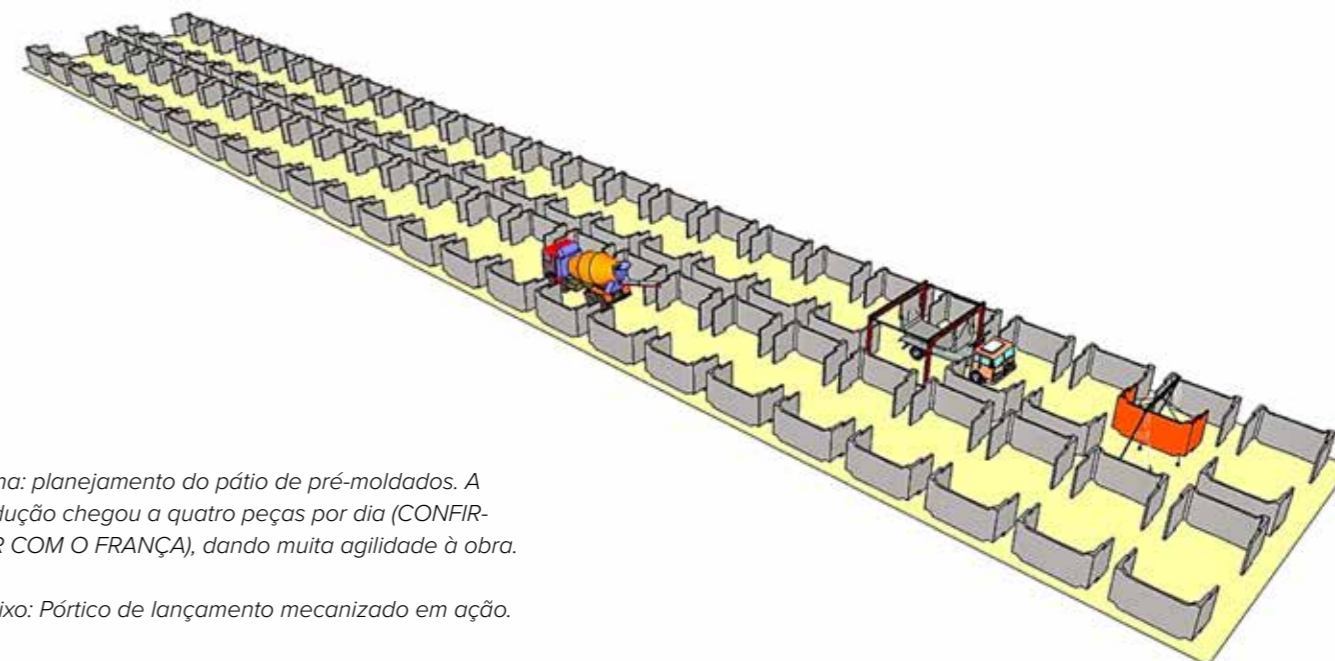
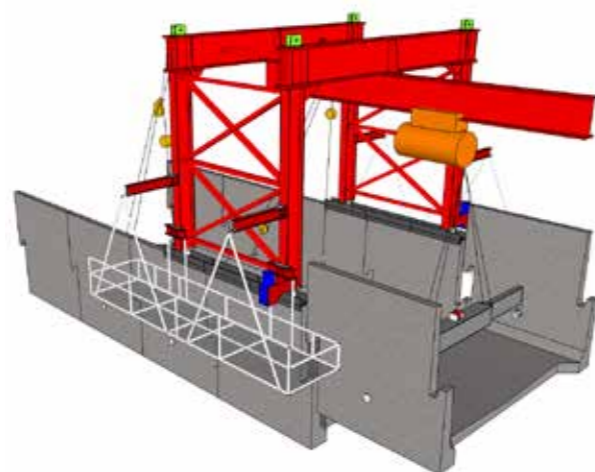
Montagem de canal em elementos pré-moldados de concreto armado. Foi projetada uma estrutura metálica motorizada dotada de talha elétrica para movimentação das aduelas. O projeto contemplou o planejamento do pátio de produção de pré-moldados, inclusive pátio de movimentação de aduelas e as formas metálicas dos elementos pré-moldados.

Lançamento das primeiras aduelas com guindaste. A partir do lançamento desta etapa inicial, a estrutura motorizada passou a ser utilizada. Com isso, houve uma otimização de tempo e recursos.

Para desenvolver esta solução, nos inspiramos no balanço progressivo pré-moldado, em que o pátio de lançamento se apoia na estrutura já montada.



Guindaste fazendo o lançamento do trecho



Acima: planejamento do pátio de pré-moldados. A produção chegou a quatro peças por dia (CONFIRMAR COM O FRANÇA), dando muita agilidade à obra.

Abaixo: Pátio de lançamento mecanizado em ação.

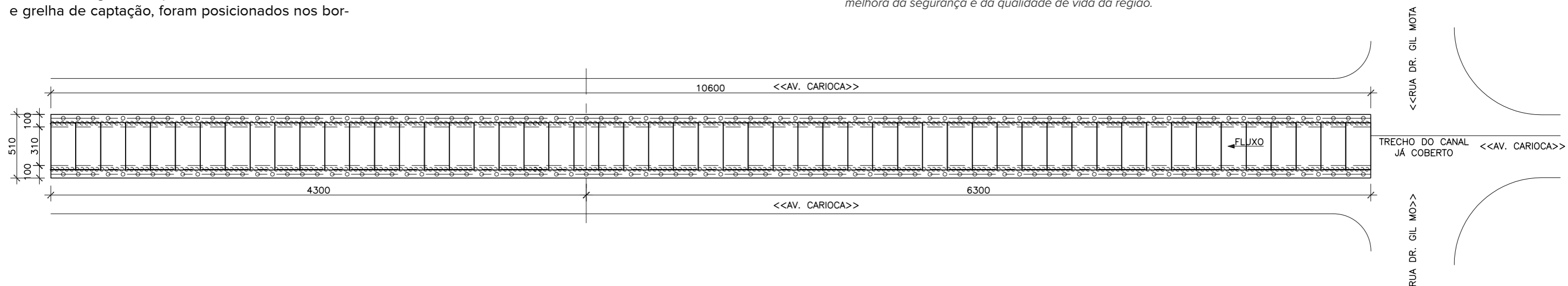


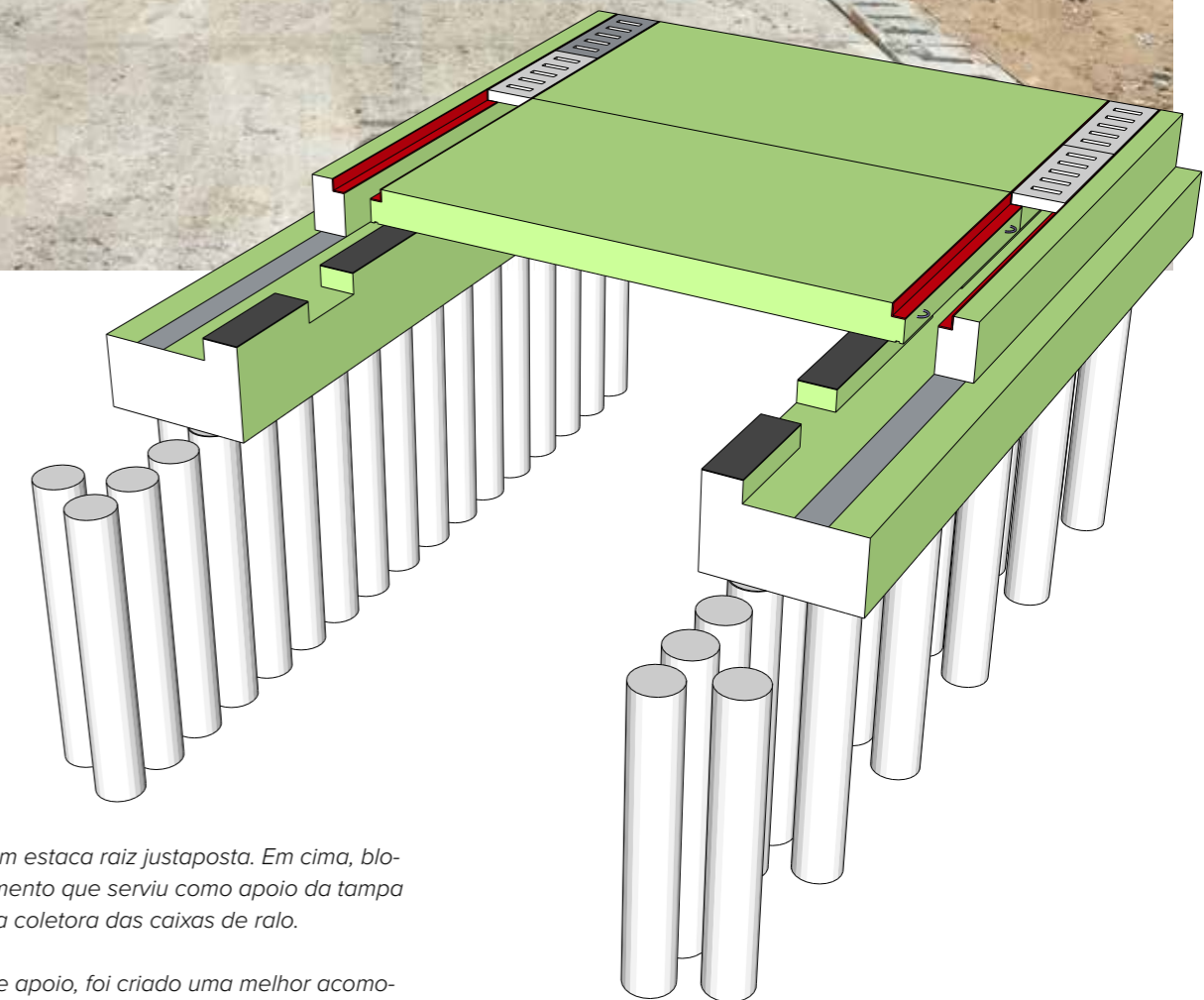
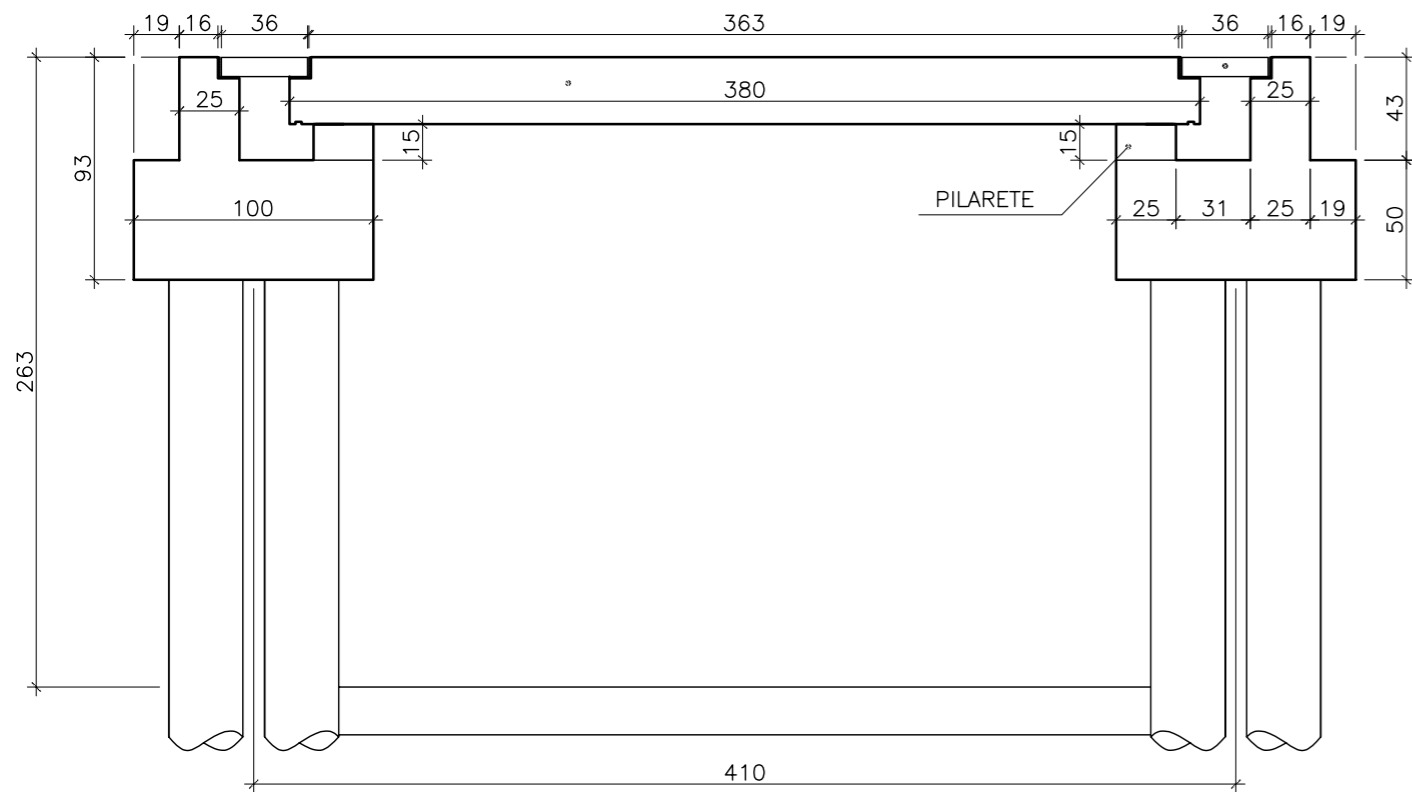


Canalização em logradouro público em região urbana densamente habitada, materializando-se os bordos com estacas raiz justapostas. Os dispositivos de drenagem, compostos de canaleta contínua e grelha de captação, foram posicionados nos bor-

dos das paredes do canal. As placas pré-moldadas em concreto armado de fechamento do canal foram dimensionadas para atender às cargas móveis rodoviárias TB450.

*O fechamento do canal permitiu a abertura de uma rua e a melhora da segurança e da qualidade de vida da região.*





Canalização feita com estaca raiz justaposta. Em cima, bloco corrido de coroamento que serviu como apoio da tampa da galeria e canaleta coletora das caixas de ralo.

Com os aparelhos de apoio, foi criada uma melhor acomodação das placas, amortecendo eventuais vibrações ou impacto por conta do tráfego pesado de veículos.



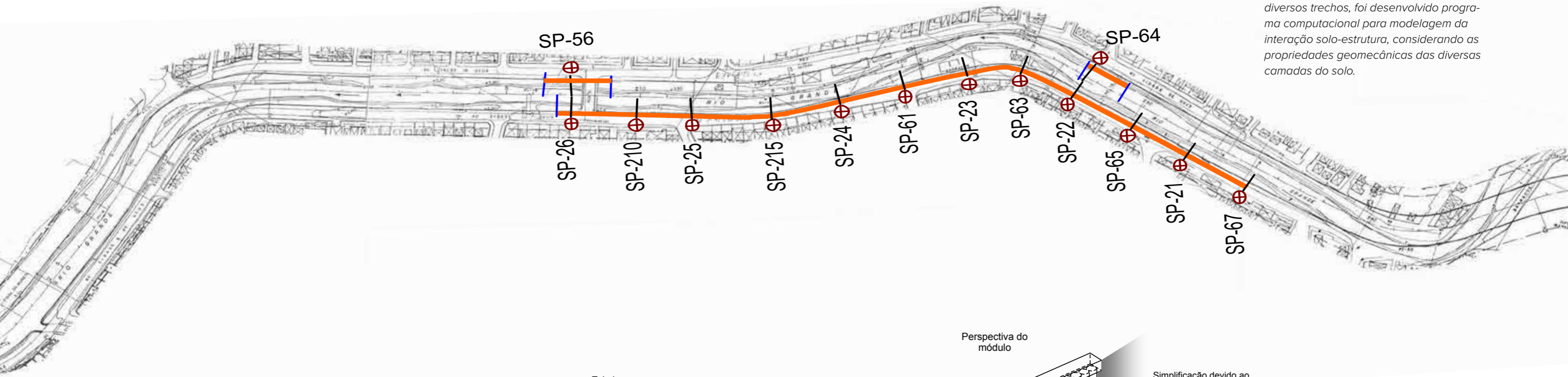
Solução de contenção das paredes laterais em estacas justapostas revestidas em concreto armado projetado.

Projeto em região importante na cidade de Goiania.

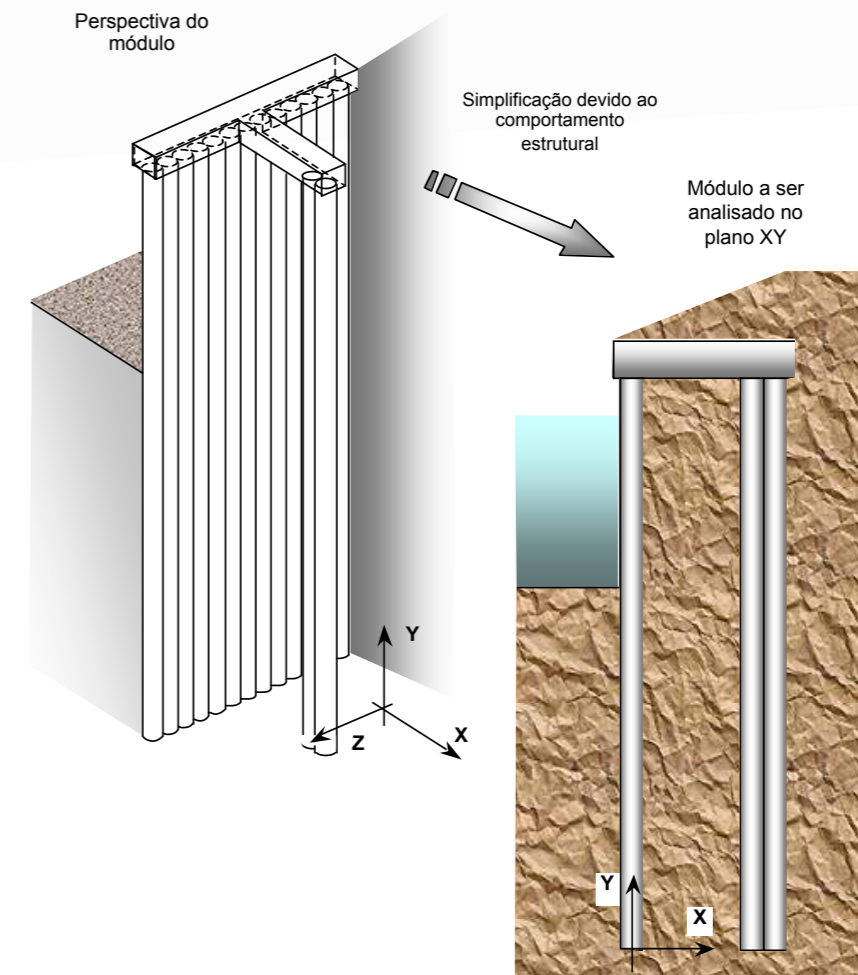
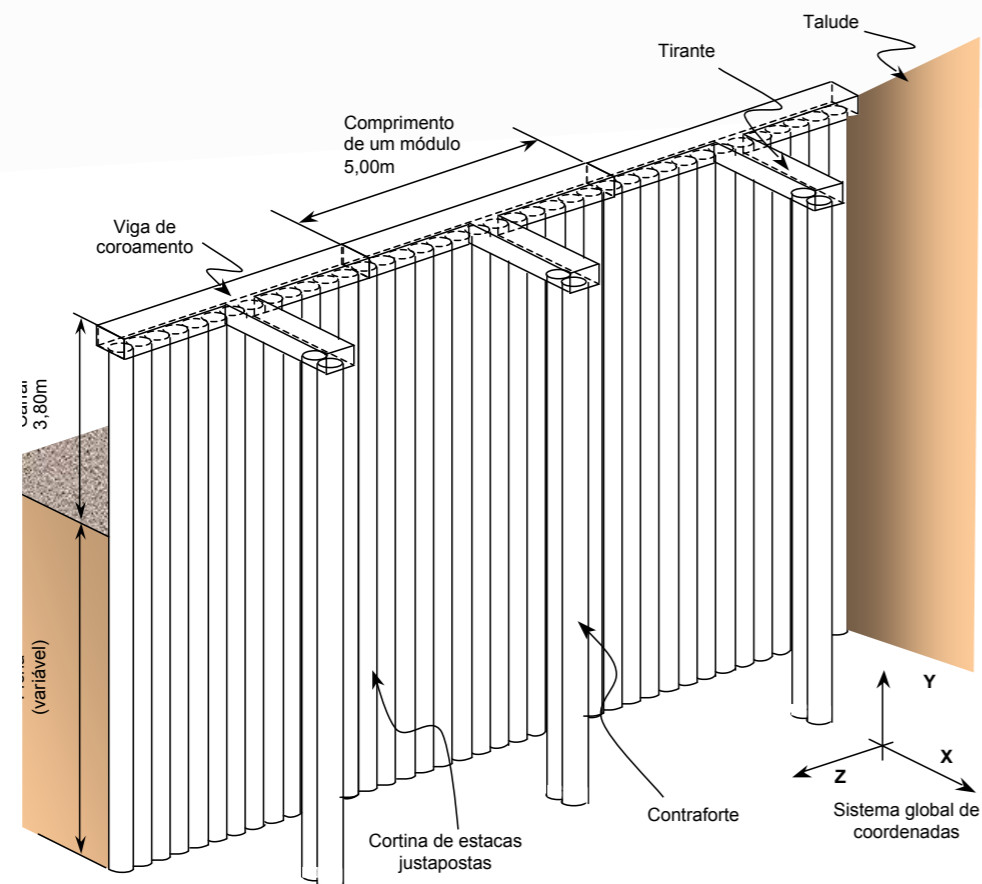


Alinhamento à direita da legenda de baixo



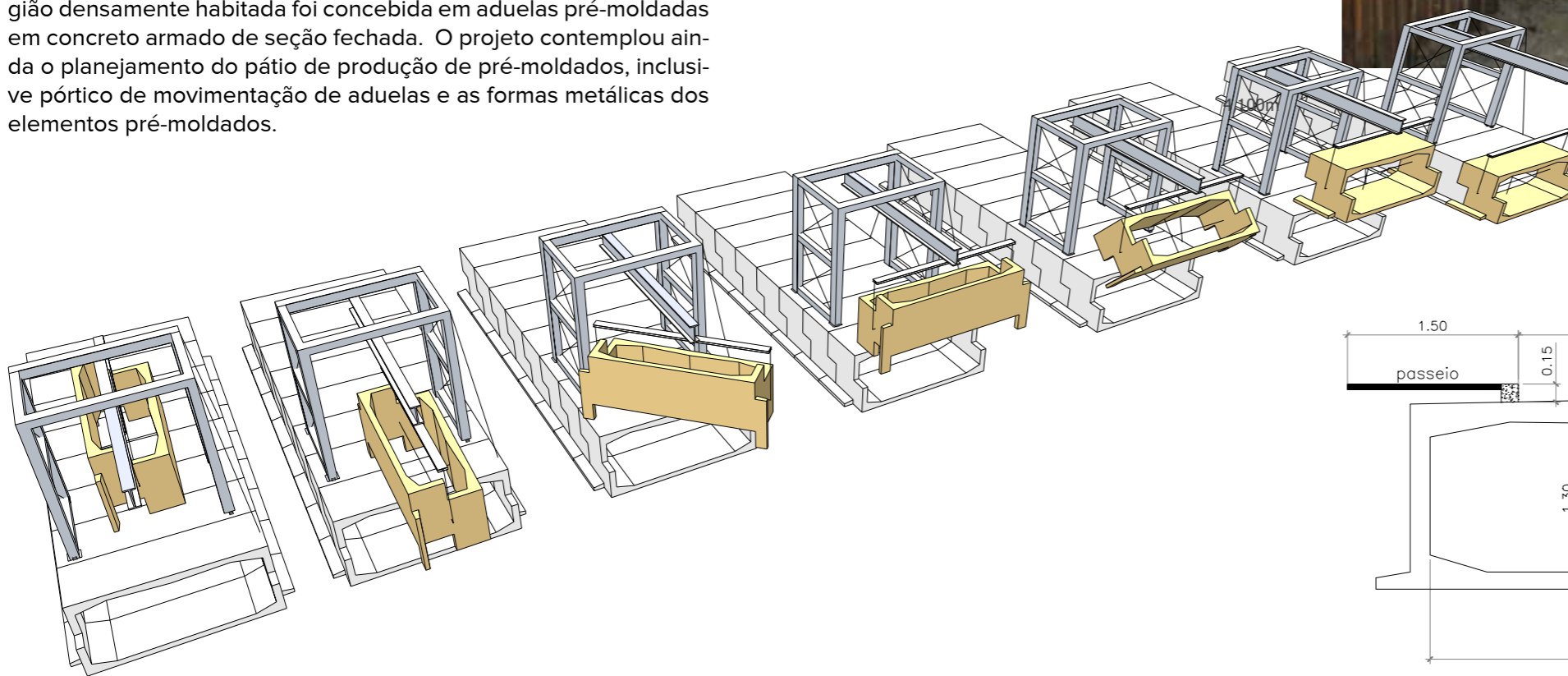


Para a análise e o dimensionamento dos diversos trechos, foi desenvolvido programa computacional para modelagem da interação solo-estrutura, considerando as propriedades geomecânicas das diversas camadas do solo.

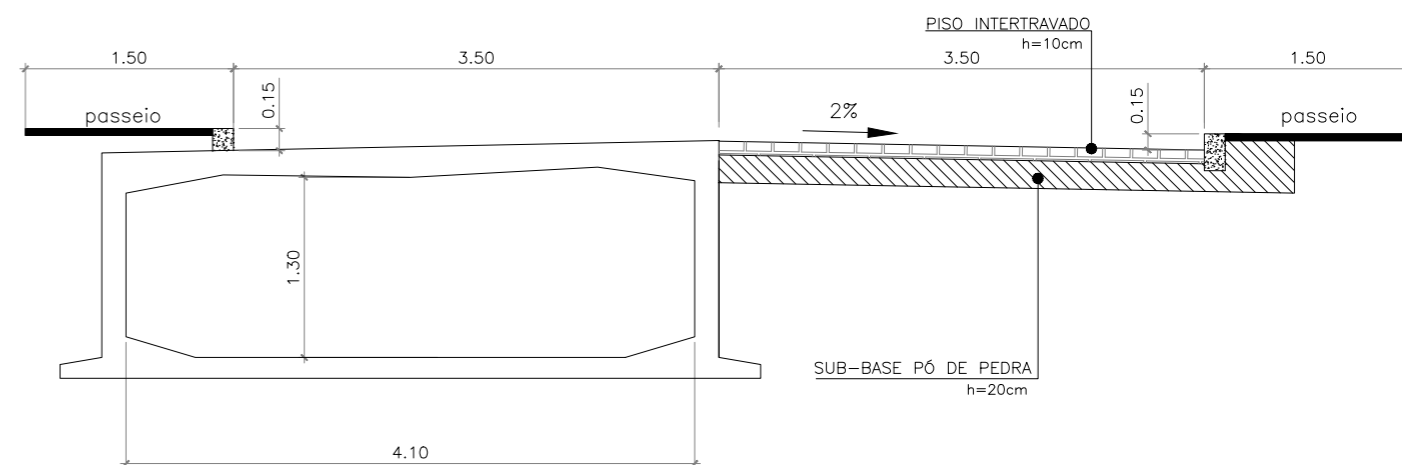




Por limitações topográficas locais, a canalização do córrego em região densamente habitada foi concebida em aduelas pré-moldadas em concreto armado de seção fechada. O projeto contemplou ainda o planejamento do pátio de produção de pré-moldados, inclusive pórtico de movimentação de aduelas e as formas metálicas dos elementos pré-moldados.



Pórtico de lançamento com aduela recém-posicionada.



# MOLDADOS *IN SITU*

O trabalho de um alfaiate está para a indústria da moda assim como o de soluções moldadas no local está para a construção de pontes e viadutos. Uma solução moldada no local se encaixa perfeitamente às condições locais. Assim como no caso de um alfaiate ou artesão, o tempo e os recursos utilizados são excessivos quando comparados à otimização normalmente gerada por soluções que envolvam pré-moldados.

Mas existem situações que realmente precisam ser feitas “à mão”: são projetos com uma geometria complexa, elaborada, com curvaturas tanto em planta quanto na vertical; grandes vãos que precisam ser vencidos; obras em que a estética é um fator chave, dado o seu entorno e/ou a sua importância; ou pontes em que se possa escorar a superestrutura.

Esse tipo de obra tem como fator de maior preocupação o fato de não serem completamente autoportantes durante a fase de consolidação sobre os escoramentos diretos. É como se houvesse duas obras - uma que é o escoramento e a outra que é a obra propriamente dita. A fase de maior atenção e exposição a riscos de acidentes é quando a estrutura ainda está sobre o escoramento, “indefesa”, ainda não completamente concluída, faltando, por exemplo, a cura completa do concreto ou uma etapa de protensão.

Pela sua complexidade e necessidade de um trabalho cuidadoso no local, são obras mais lentas. Cada etapa - fundações, escoramento e superestrutura - precisa ser feita de forma isolada, uma após a outra. Mas o resultado sempre compensa os sacrifícios.

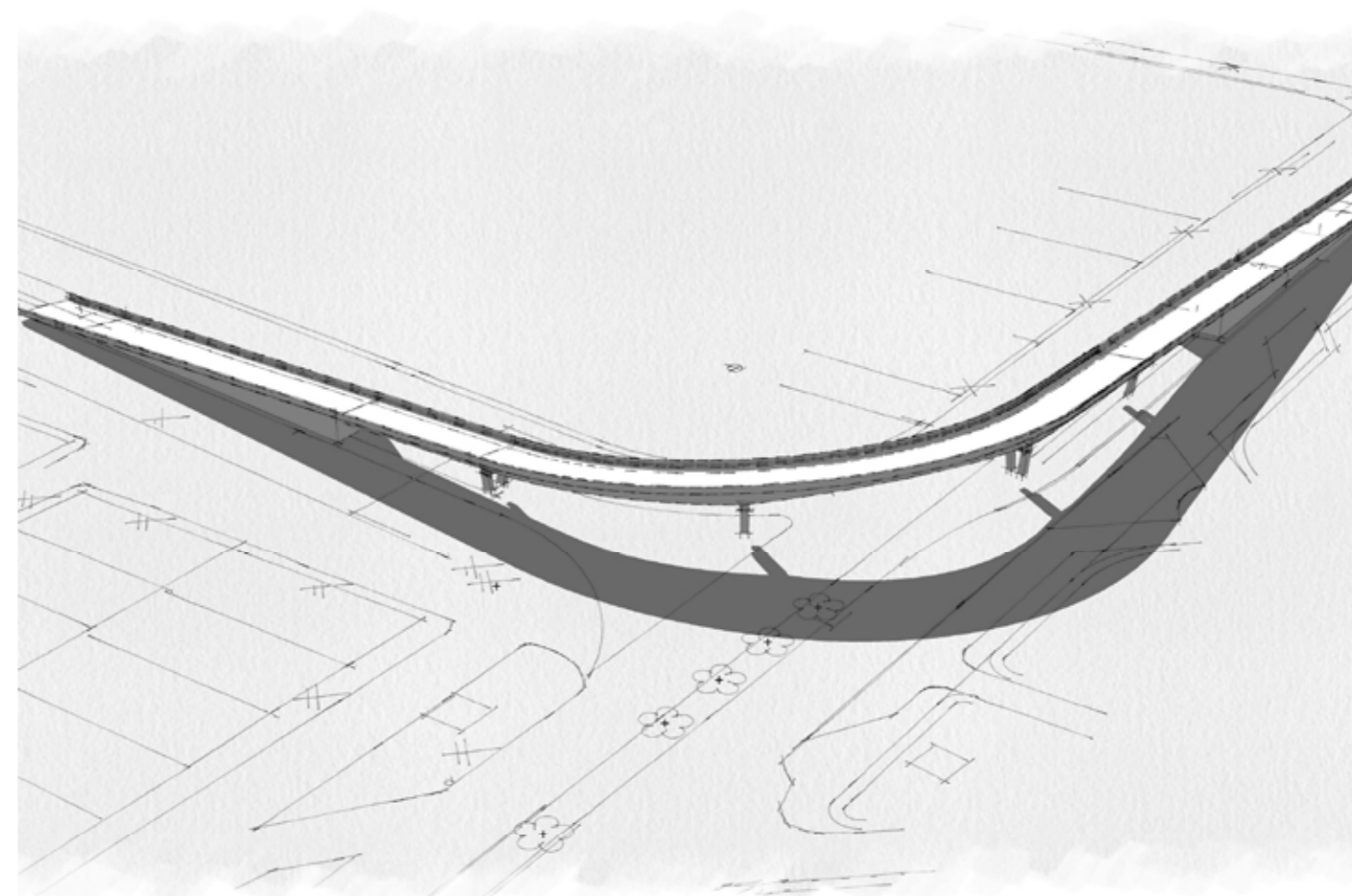


A concepção original em superestrutura em vigas pré-moldadas foi modificada face a forte curvatura em planta e a localização do viaduto em área urbana. O resultado estético era uma prioridade. Assim, o projeto foi desenvolvido em superestrutura em vigas curvas contínuas, seção celular com altura variável, moldadas in loco (itálico) em concreto protendido.

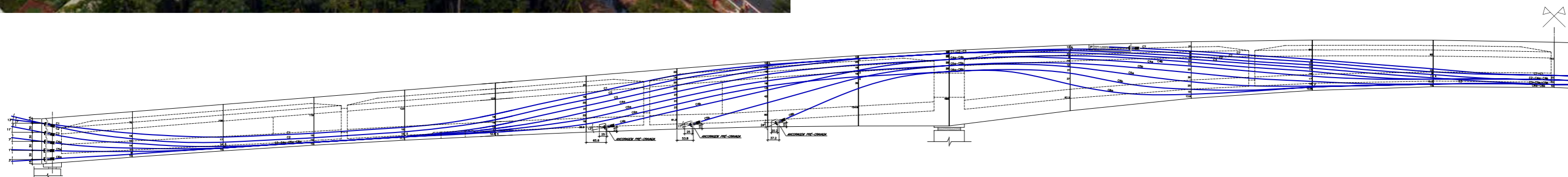
Por se tratar de viga hiperestática protendida com curvatura acentuada, a análise estrutural para pro-

jeto mostrou-se particularmente complexa, sendo necessária a utilização de diversos recursos avançados nos programas computacionais desenvolvidos pela empresa.

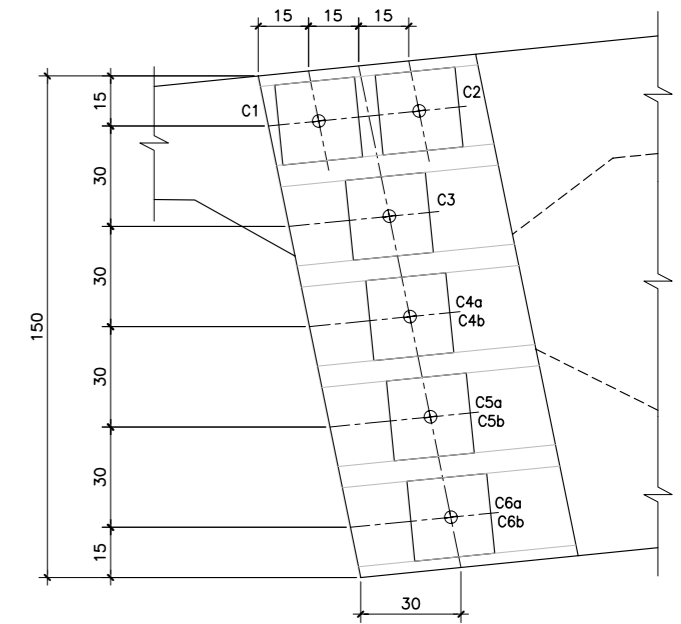
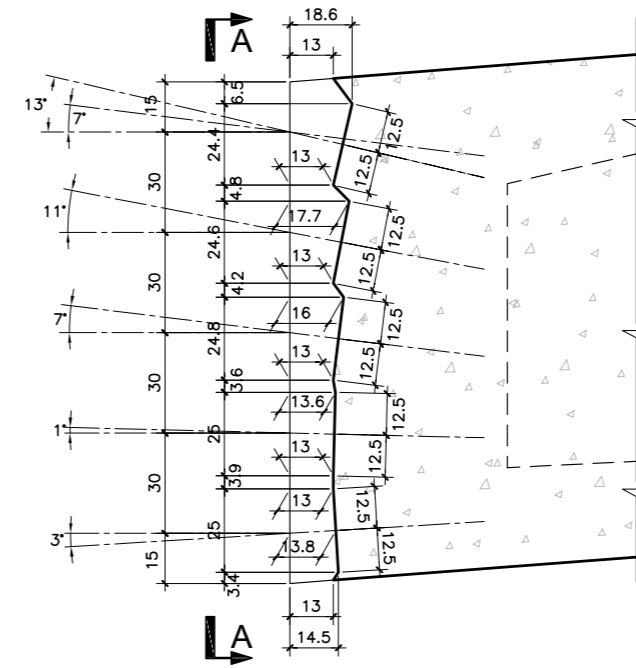
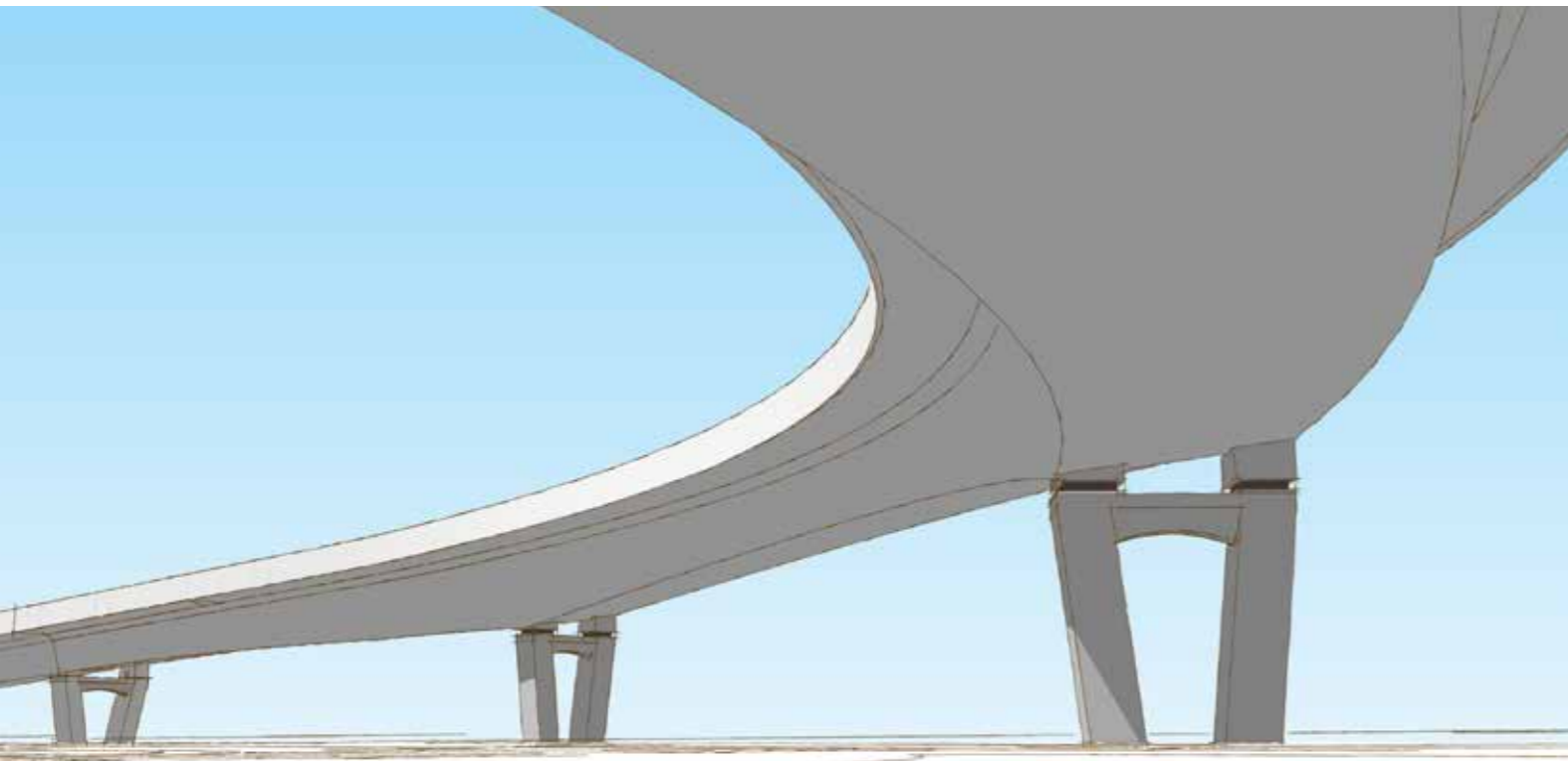
Ainda por conta das acentuadas curvatura e declividade transversal, foram necessários detalhamentos dos elementos de ajuste geométrico tais como cunhas para compensação da declividade longitudinal e berços sob os aparelhos de apoio.



*Estudos prévios feitos pela Engerod nos moldes do que se faz nos centros de referência mundo afora. A visualização prévia por toda a sociedade permite a sua aprovação com a certeza de um resultado final que valorize a região e não crie obstáculos à livre circulação com contenções muito elevadas. A Engerod utiliza programas que permitem a visualização da obra, tanto por imagens estáticas quanto por vídeos.*

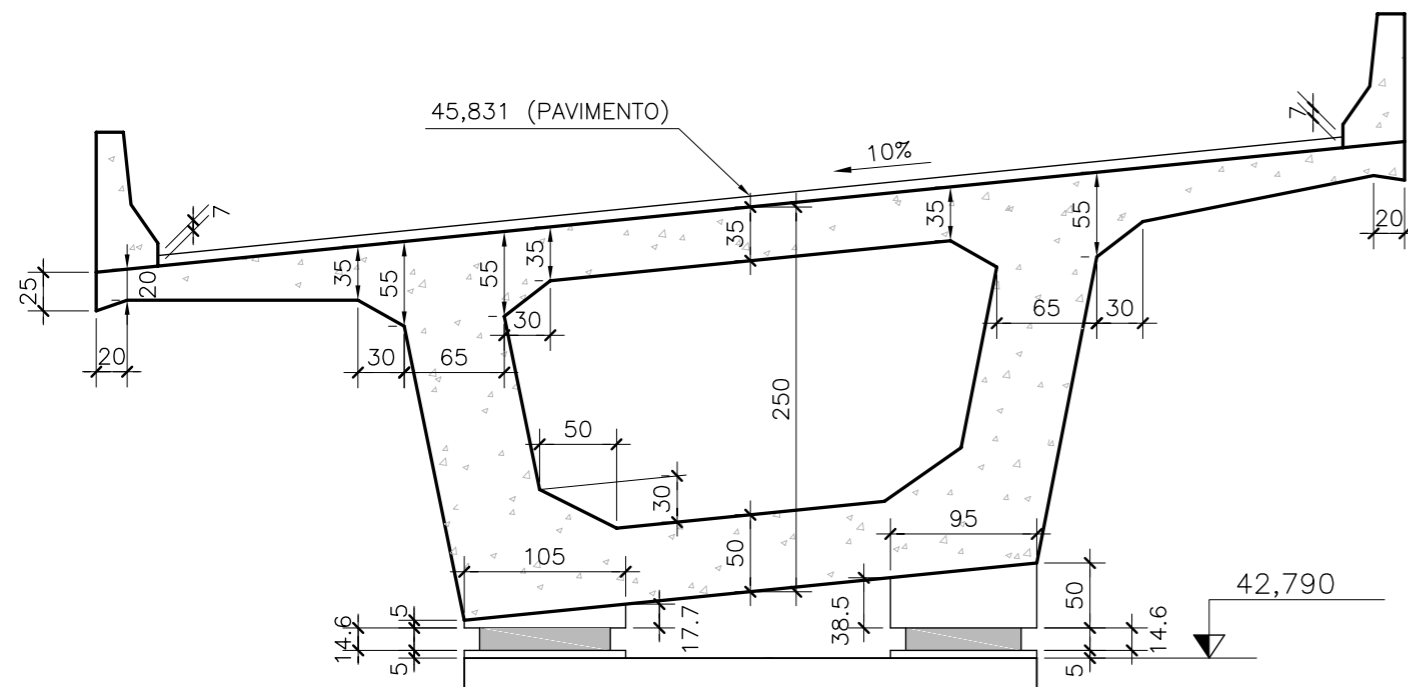




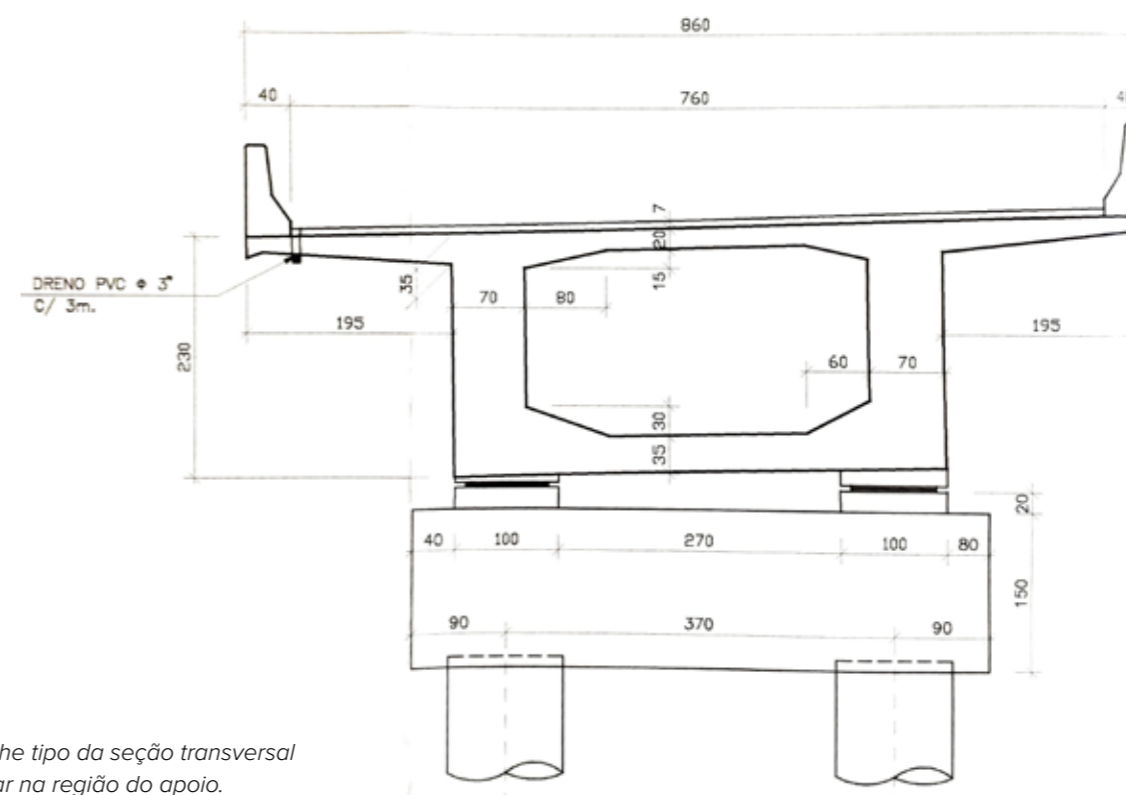


Detalhe das ancoragens da protensão na alma da viga celular

Imagem 3D gerada na fase de concepção do projeto. Ao lado, imagem praticamente idêntica, tirada no local na véspera da entrega da obra, mostrando a fidelidade da visualização prévia.



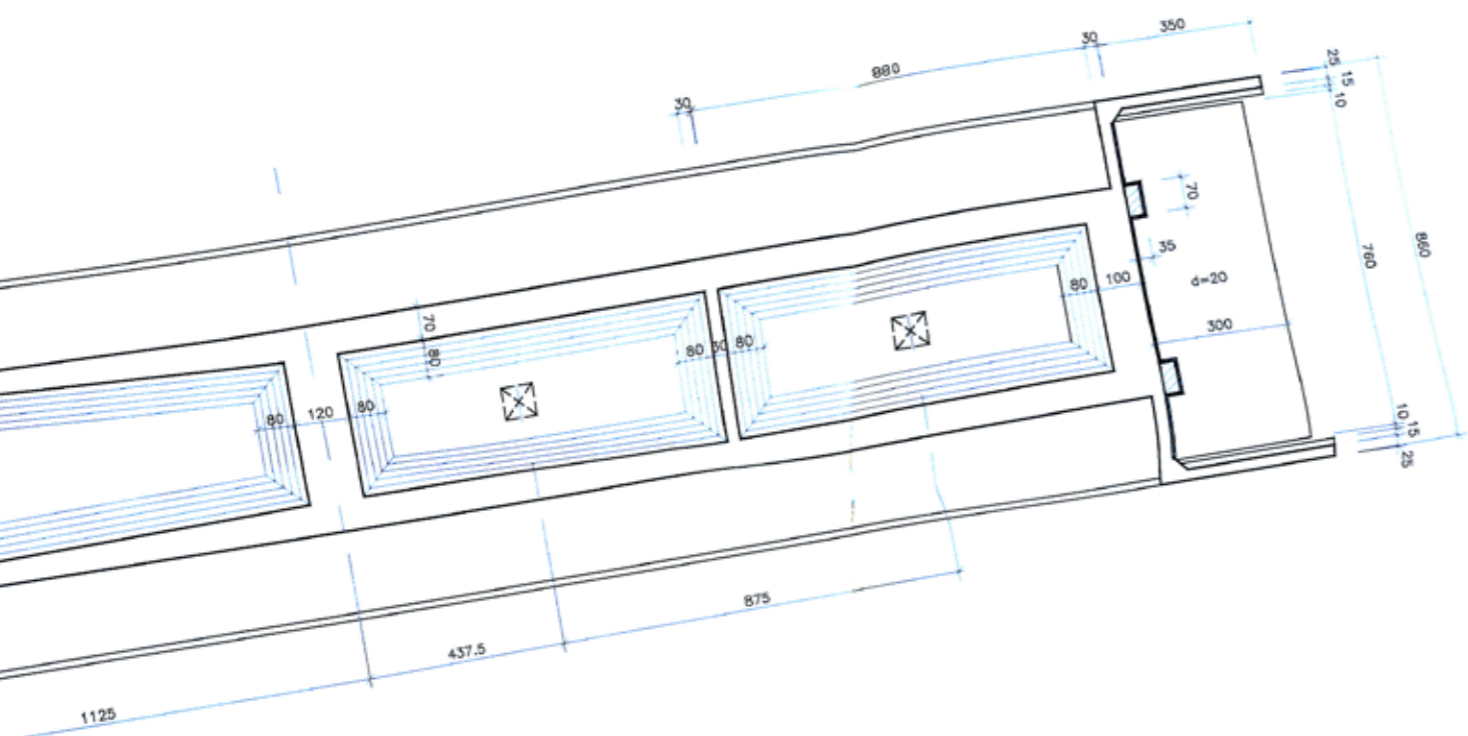




Detalhe tipo da seção transversal celular na região do apoio.

As quatro pontes sobre o Rio Grande, todas em concreto protendido em seção celular, compõem as alças de acesso e de retorno no trecho inicial da Linha Amarela, em Jacarepaguá.

Em função de restrições no gabarito hidráulico, utilizou-se a solução com as formas suspensas em cimbramento metálico superior.





Projeto editorial

Engerod Engenharia e Consultoria Ltda

Projeto gráfico e diagramação.

Afonso Vilas-Boas

Ohpá! Design e Comunicação

Redação e revisão de textos

Eduardo Stern Matta

RPM Comunicação

Fotografias e desenhos

Engerod Engenharia e Consultoria Ltda

Assistente de produção

Wellington Catein

Impressão

Gráfica ???????