

AUMENTO DE VÃO DE UMA PASSAGEM SUPERIOR FERROVIÁRIA



A. Perry da Câmara
Engenheiro Civil
PC&A
Lisboa



Carlos Cintra Vieira
Engenheiro Civil
PC&A
Lisboa

SUMÁRIO

Apresenta-se neste artigo uma breve descrição de todo o processo de intervenção numa Passagem Superior Ferroviária existente na Auto-estrada do Norte que permitiu aumentar o seu vão central, sem interrupção de tráfego, com vista ao alargamento da plataforma rodoviária, desde a concepção da solução até à sua concretização em obra.

Palavras-chave: passagem superior, alargamento de auto-estrada.

1. INTRODUÇÃO

O alargamento e beneficiação para 2 x 3 vias do Sublanço Feira/Carvalhos da Auto-estrada A1 implicou no Trecho Nó da Feira / Nó com o IC24 a demolição da generalidade das Passagens Superiores rodoviárias e substituição por novas obras, projectadas por forma a permitir ainda um futuro alargamento para 2 x 4 vias. No entanto, este tipo de intervenção não era viável no caso da obra de arte ferroviária que permite o cruzamento da Linha Férrea do Vouga sobre a auto-estrada dado que implicaria a interrupção de tráfego por um período de tempo incomportável. Foi então desenvolvida uma solução que permitisse o alargamento da auto-estrada mantendo em serviço a via férrea através do aproveitamento do tabuleiro existente.

2. CONDICIONAMENTOS

2.1 Rodoviários

No local da Obra de Arte, a auto-estrada apresenta-se em trainel com inclinação de 3.4% e em planta desenvolve-se em curva esquerda de raio 898.0 m. O seu perfil transversal, que comportava duas faixas de rodagem com duas vias cada, seria alargado numa primeira fase para 2 x 3 vias, prevendo-se que, numa segunda fase, poderia vir a ser efectuado o alargamento para 2 x 4 vias. Assim, o anterior perfil, que possuía uma largura total entre limites de bermas direitas de 28.0 m, passaria numa primeira fase para 34.5 m, ficando previsto o alargamento para 36.6 m.

Na zona da obra de arte a plataforma da auto-estrada desenvolve-se em escavação com uma altura de cerca de 5.0 m.

O gabarit disponível sob a Obra de Arte deveria ser superior a 5.0 m. Durante a execução da obra a auto-estrada manteve-se sempre em serviço, garantindo-se a altura livre de 5.0 m relativamente ao limite das bermas.

2.2 Ferroviários

A Linha do Vouga desenvolve-se com direcção aproximadamente Poente - Nascente, intersectando a auto-estrada ao km 278+664, com um viés de 77 grados.

No local do cruzamento a Linha do Vouga possui via única estreita mantendo o traçado em recta e trainel com inclinação de, aproximadamente, 2.0%. O perfil transversal sobre o tabuleiro, que não teve qualquer intervenção, é constituído por caixa de contenção de balastro com largura de 4.14 m, caleiras técnicas em betão e passadiços com largura livre de 0.80 m.

A alteração estrutural a introduzir na obra de arte devia ter por objectivo poder ser executada com o mínimo de restrições à circulação ferroviária, aceitando-se apenas interrupções pontuais da circulação.

2.3 Geológico – geotécnicos

A campanha de prospecção efectuada em Maio de 2005 envolveu a realização de quatro sondagens na zona da obra, duas no tardo dos encontros e as outras duas no limite das bermas, próximo dos pilares.

As sondagens realizadas junto dos pilares, identificaram areias grosseiras, resultado da decomposição dos granitos, nos primeiros 5.0 m, com valores de NSPT compreendidos entre 16 e 33 pancadas. A partir desse nível as areias apresentavam-se muito compactas com NSPT

de 60 pancadas. Nas sondagens realizadas na plataforma rodoviária foi identificado o nível freático a profundidades de 2.0 m a 3.0 m.

Face aos resultados da prospeção (solos superficiais de baixa capacidade resistente e elevados níveis de água) o Relatório Geotécnico recomendava a fundação indirecta por estacas de toda a estrutura com a possibilidade de adopção de poços nos pilares centrais. No entanto, as particularidades da intervenção condicionavam fortemente qualquer destas soluções. Por um lado a presença do tabuleiro da passagem superior impedia a cravação de estacas porque a altura livre acima da base da fundação não permitia o posicionamento do equipamento de cravação e por outro a execução de poços na proximidade das fundações dos pilares e encontros, agravada pela presença de nível freático elevado, podia comprometer a sua estabilidade.

Face a estes condicionamentos a solução adoptada consistiu na fundação através de microestacas, processo mais dispendioso mas compatível com a altura livre disponível e que não provocaria grande alteração do solo, não colocando assim em risco a estabilidade das fundações existentes.

2.4 Estruturais

A obra de arte original foi projectada em 1978 pelo Eng. Pinho Morgado e construída no início dos anos oitenta. O tabuleiro em laje nervurada de secção constante, em betão armado pré-esforçado, era constituído por três vãos de 13.7+34.3+13.7 m, perfazendo um comprimento total de 61.7 m, largura de 7.20 m e altura da nervura de 1.50 m.

Os pilares eram cilíndricos com 0.90 m de diâmetro dotados de capitel no topo onde estavam instalados os aparelhos de apoio. Os encontros em cofre tinham alturas da ordem dos 8.0 m a 9.0 m. As fundações eram directas através de sapatas.

De acordo com o projecto original o tabuleiro era fixo através de ferrolhos apenas no encontro E1, apoiando-se nos pilares e Encontro E2 através de aparelhos de apoio em neoprene. No decorrer da obra verificou-se que também no Encontro E2 existiam ferrolhos na ligação.

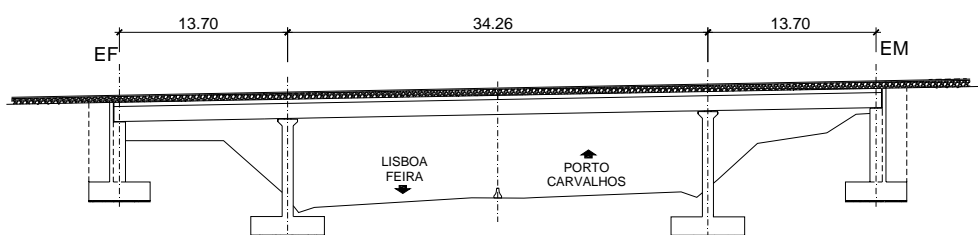


Figura 1: PS411 antes da intervenção

O alargamento da auto-estrada implicava a necessidade de aumentar o vão livre do tabuleiro para 39.0 m correspondendo à largura necessária para implantar as 2 x 4 vias. Sendo o vão livre recto entre faces de pilares de 31.20 m e atendendo aos condicionantes ferroviários já referidos, foi estudada uma solução de aproveitamento do tabuleiro existente com a demolição dos pilares da PS411.

3. SOLUÇÃO DESENVOLVIDA

Analisadas várias soluções com aproveitamento do tabuleiro e com substituição do mesmo acabou por se apresentar uma solução estrutural do tipo já utilizado numa passagem superior rodoviária inserida no troço Aveiras de Cima – Santarém. Em Abril de 2005 foi apresentado e aprovado pela Brisa um Estudo Preliminar da solução proposta. Efectuada a campanha de prospecção em Maio deu-se início ao Projecto de Execução que foi entregue em Setembro. A obra foi concluída em Junho de 2006.

A solução desenvolvida aproveita integralmente o tabuleiro e encontros da obra existente, alterando-a pela eliminação dos pilares existentes, substituídos por uma nova estrutura de apoio.

Esta nova estrutura é composta por uma carlinga pré-esforçada monolítica com o tabuleiro que transfere a reacção de apoio intermédio do tabuleiro para duas vigas longitudinais também em betão armado pré-esforçado. Estas vigas são implantadas nas extremidades das consolas do tabuleiro, sendo apoiadas em dois pares de fustes de secção elíptica, idêntica à das restantes Passagens Superiores projectadas para este trecho, e fixas no tardez dos encontros através de ancoragens definitivas no solo que contrabalançam a carga aplicada na consola. A estrutura passou assim a dispor de um vão central de 45,30 m segundo o viés, ficando disponível a largura de 39,00 m necessária para alargamento da plataforma da auto-estrada para 2 x 4 vias.

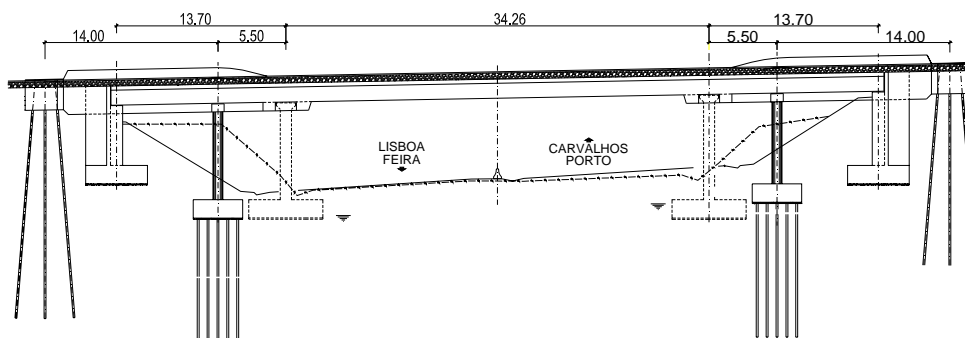


Figura 2: Corte longitudinal da estrutura projectada

A nova estrutura de suporte do tabuleiro é assim constituída por carlingas de apoio do tabuleiro, monolíticas com este, com uma largura de 3.70 m e altura de cerca de 2.0 m, pré-esforçadas com quatro cabos de 15 cordões de 150 mm². As carlingas são dotadas de uma abertura circular, com 1.70 m de diâmetro em torno dos capiteis dos actuais pilares que permitiram a posterior demolição completa dos fustes e capiteis e que permanecerão no futuro como testemunho da intervenção efectuada.

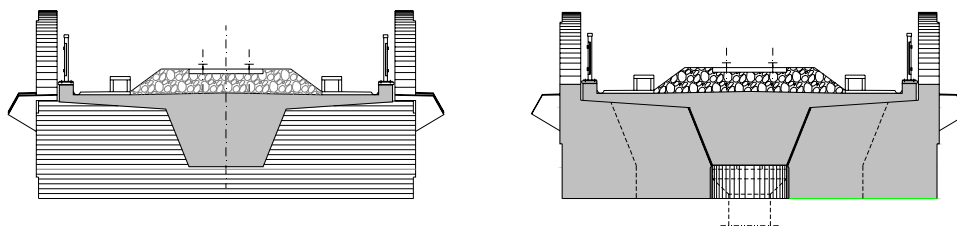


Figura 3: Cortes transversais do tabuleiro no vão e no alinhamento dos antigos pilares

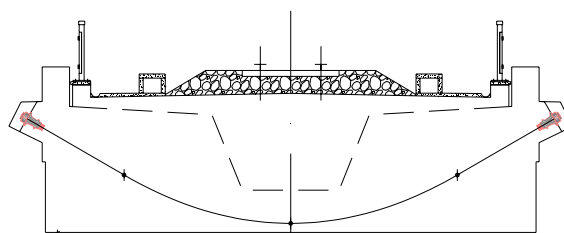


Figura 4: Traçado esquemático do pré-esforço instalado nas carlingas

As vigas principais, paralelas ao tabuleiro existente, têm um vão em consola de 7.35 m onde apoia a carlinga, e um vão de 14.0 m entre os novos pilares e os maciços de ancoragem, implantados cerca de 3.0 m atrás dos encontros existentes. Estas vigas têm uma secção variável com altura corrente de 3.60 m, diminuindo na direcção da extremidade da consola até cerca de 2.0 m. Cada uma das vigas é pré-esforçada com três cabos de 22 cordões.

Foi prevista a utilização de betão auto-compactável nas vigas e carlingas, atendendo à dificuldade de acesso para vibração desse betão.

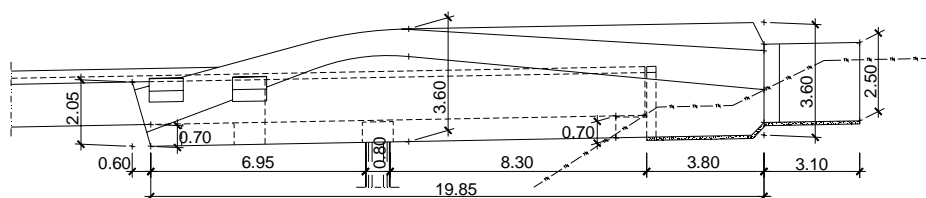


Figura 5: Alçado de uma das vigas principais

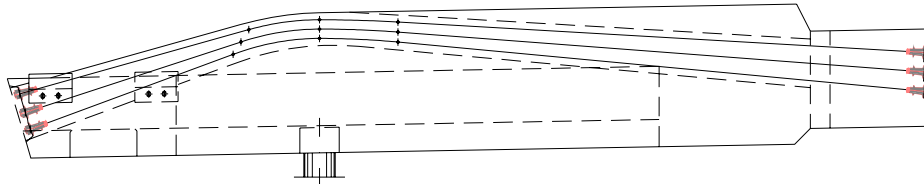


Figura 6: Traçado esquemático do pré-esforço instalado nas vigas principais

Os pilares têm uma secção aproximadamente elíptica, sendo limitada por arcos circulares com raio de 1.0 m e 0.25 m. A máxima dimensão da secção é assim de 1.40 m e a mínima de 0.80 m. As alturas livres são de 7.2 m no Pilar P1 e 6.7 m no P2. Os pilares são ligados transversalmente no topo por uma viga em betão armado com 1.0 m de largura por 0.65 m de altura.

As fundações dos pilares são constituídas por vinte microestacas com 11.0 m de comprimento por fuste, com carga de serviço de 500.0 kN por microestaca. As ancoragens das vigas principais no tardo dos encontros são igualmente constituídas por microestacas, seis por viga, com 17.0 m do lado poente (E1) e 14.0 m do lado nascente (E2) com uma carga máxima de serviço de 400.0 kN por ancoragem.

As intervenções previstas na antiga estrutura consistiram nas seguintes operações:

- preparação das superfícies do tabuleiro que ficariam em contacto com o novo betão das carlingas e a execução de ferrolhos de ligação;
- demolição dos pilares e de parte das asas dos encontros;
- prolongamento para baixo do muro de testa do Encontro E1 de um dos lados;
- corte dos ferrolhos de fixação do tabuleiro, ficando a resistência às acções horizontais garantida pelo monolitismo com os novos pilares;
- substituição dos aparelhos de apoio em neoprene nos dois encontros.

Não foi efectuada qualquer operação de reforço do tabuleiro ou encontros.

4. CONSTRUÇÃO

A execução da obra obedeceu ao seguinte planeamento pré-definido no projecto de execução com ligeiras adaptações no decorrer dos trabalhos.

- 1) – Execução de entivação no tardo dos encontros, dimensionada para manter em serviço a circulação ferroviária;
- 2) - Escavação nos taludes para alargamento da plataforma rodoviária;
- 3) - Prolongamento do muro de testa do Encontro E1 do lado sul;

- 4) - Escavação para execução de fundações;
- 5) - Execução de microestacas;
- 6) - Execução dos maciços de fundação dos pilares;

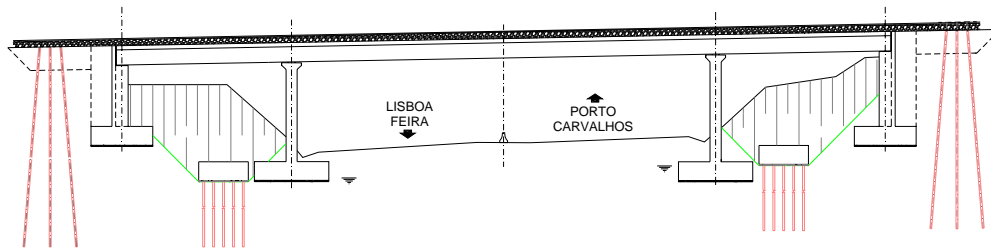


Figura 7: Fase de construção 6

- 7) - Execução de pilares;
- 8) - Montagem de cimbra;
- 9) - Execução de furos para selagem de varões no tabuleiro existente e preparação das superfícies que ficarão em contacto com o betão novo;
- 10) - Betonagem da nova estrutura (vigas e carlingas) com betão auto-compactável.

Antes da betonagem desta nova estrutura foi executado um protótipo à escala real de meia carlinga, com as armaduras previstas nos projectos de execução e de aplicação de pré-esforço e as bainhas de pré-esforço longitudinal e transversal, com o objectivo de ensaiar a compatibilização destes elementos, a betonagem com betão auto-compactável e auto-nivelante incluindo a aferição das dosagens, avaliar as dificuldades de execução associadas e a forma de as ultrapassar.

- 11) - Aplicação de pré-esforço longitudinal e transversal alternadamente e de forma faseada;
- 12) - Desmontagem dos cimbres;
- 13) – Demolição dos pilares;

A demolição dos pilares só deveria processar-se tendo a garantia de já não existir neles qualquer reacção de apoio. Assim, foi adoptado um procedimento para a operação de corte que consistiu na colocação em carga de macacos hidráulicos, apoiados em torres metálicas implantadas sobre as sapatas de fundação dos pilares. A medição dos deslocamentos relativos entre o tabuleiro e os fustes foi efectuada através de aparelhos electrónicos de precisão.

Assim, foi possível elevar o tabuleiro apenas o suficiente para anular a reacção nos pilares. Seguidamente os fustes dos pilares foram cortados através de fio diamantado. Após o corte foi gradualmente aliviada a força nos macacos fazendo-se assim a transferência lenta e gradual de carga para a nova estrutura. Refira-se que este trabalho de corte dos pilares foi efectuado sem interrupção da circulação ferroviária nem qualquer limitação de circulação na Auto-estrada, para lá das já existentes.



Figura 8: Vista geral da obra durante a operação de corte dos pilares



Figura 9: Equipamento de elevação do tabuleiro e dispositivo de corte com fio diamantado

14) - Revestimentos de taludes e execução de caleiras;

15) – Operação de corte dos ferrolhos de ligação ao tabuleiro nos encontros com recurso a fio diamantado e macaco plano de 40 ton, apoiado em cachorros metálicos ancorados nos muros de testa dos encontros, e a substituição dos aparelhos de apoio;

Tal como já se referiu só durante a operação de elevação do tabuleiro para substituição dos aparelhos de apoio no Encontro E2 se verificou que também este era dotado de ferrolhos, adoptando-se então o procedimento previsto para o Encontro E1.

16) - Acabamentos finais.



Figura 10: PS411 após a intervenção

5. AGRADECIMENTOS

Agradece-se a colaboração prestada durante o processo pelos Engenheiros da Brisa Engenharia e Gestão Paulo Barros, Cláudia Guerreiro e Nuno Silva.