

MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

LOCALIZAÇÃO DA OBRA

O projeto da nova travessia destina-se a fazer a ligação entre a interseção da Rua da Restauração com a Alameda Basílio Teles, no Porto, e o Cais do Cavaco, em V. N. de Gaia. O local escolhido permite desviar e reduzir o trânsito rodoviário da Ponte Luís I e também da Ponte da Arrábida, bem como proporcionar à população residente na zona ribeirinha ocidental do Porto e de V. N. de Gaia uma alternativa de ligação.

Com os novos e rápidos acessos às zonas de baixa cota das duas cidades, a criação de uma nova travessia criará novas dinâmicas nestes pontos e conduzirá a acessos rápidos às respetivas zonas ocidentais. Posto isto, a nova travessia irá aproveitar o traçado final da Via Panorâmica, pertencente à circular do centro histórico e ao facto de esta interseccionar com o Cais do Cavaco, tornando-se possível uma ligação ortogonal entre as duas margens.

CONDICIONANTES DO LOCAL

Os elementos topográficos indicam que as marginais do Porto e V. N. de Gaia apresentam cotas de 6.5 e 2.5m respetivamente à distância de 336m. Tendo em conta que o tabuleiro inferior da Ponte Luís I está posicionado à cota 11.8m, é necessário desnivelar o tabuleiro de modo a vencer 9.3m em altura.

A ponte a projetar deve alcançar a cota do tabuleiro inferior da Ponte Luís I e manter-se com um valor não inferior a este ao longo de uma distância considerável para permitir a passagem pelo local de embarcações de grande porte. Assim se mantém a largura de navegabilidade atual do rio Douro entre 30 e 60m, dependendo da natureza do leito, rochoso ou aluvionar, respetivamente.

A nível rodoviário as vias circundantes estão inseridas em meio urbano e como tal são condicionantes não só do fluxo de tráfego rodoviário a impor nas vias da ponte a projetar, mas também nas vias de acesso.

Em perfil longitudinal o traçado da ponte terá de se adaptar à rasante das estradas existentes cujas inclinações máximas dos trainéis devem atender à velocidade de projeto, respeitando as normas e boas práticas de dimensionamento de vias rodoviárias estabelecidas pelas Estradas de Portugal.

Relativamente à morfologia do rio, este não apresenta grandes heterogeneidades no relevo, apresentando uma profundidade média de 8m, exceto nas proximidades das margens.

É ainda importante ter em atenção a envolvente cultural e histórica na decisão do tipo de estrutura a adotar, tentando não extrapolar o impacto paisagístico negativo sobre o rio, assim como sobre as pontes já construídas.

IMPLANTAÇÃO DA PONTE

A correta implantação a adotar para a ponte necessita de especial atenção, quer em planta, quer em perfil, sendo importante na definição do projeto. Relativamente à implantação em planta, a primeira opção será tentar ligar a ponte de forma o mais ortogonal possível em relação às duas margens. A implantação proposta implica o atravessamento num local em que o rio apresenta uma largura de aproximadamente 290m. No entanto, essa opção necessita de ser ajustada com as vias já existentes de modo a não causar problemas na fluidez da circulação e na comodidade dos utilizadores no acesso à ponte.

Na atualidade, a intersecção da Rua da Restauração com a Alameda Basílio Teles, no Porto, está dotada de semáforos. Em V. N. de Gaia não existe qualquer intersecção até que a Via Panorâmica esteja concluída. Contudo, com a implantação da nova travessia foram ponderadas, para ambas as intersecções, duas alternativas convencionais. Analisados diversos parâmetros de tráfego urbano, concluiu-se que a solução de intersecções giratórias seria a solução mais adequada para um cenário com um elevado número de ramais e para um volume de tráfego equilibrado.

Após a escolha do traçado em planta foi necessário fazer a análise longitudinal das vias para averiguar múltiplos parâmetros a respeitar, como a correta circulação dos veículos e a continuidade da navegação das embarcações. Procurou-se então variar a inclinação dos trainéis, cumprindo a altura mínima exigida de 11.8m ao longo de uma largura mínima de navegabilidade, considerando além disso a necessidade de criar uma “folga” correspondente à altura do tabuleiro de 2m.

A solução com inclinação de 7% até atingir a altura de 14.561m, onde seriam ligadas por uma concordância menor, de raio de 400m, perfazendo uma distância de 78m acima de 13.8m, foi adotada por imposição da distância mínima de navegabilidade de 76m que até agora existia. Não obstante, será necessário desviar o canal de navegação aproximando-o de V. N. de Gaia de forma a manter esta mesma distância.

ESCOLHA E DEFINIÇÃO DA GEOMETRIA DA ESTRUTURA

A escolha dos materiais e a forma do tabuleiro impuseram que o sistema estrutural não fosse auto-equilibrável, como a maioria das pontes em arco intermédio, obrigando o arco a estar desligado do tabuleiro. No caso de um auto-equilíbrio, além de ser inviável pela curvatura do tabuleiro, este ficaria sujeito a esforços de tração obrigando à utilização de grandes quantidades de aço pré-esforçado. Em contrapartida, ocorre um agravamento considerável de esforços na fundação, que deverá estar previamente dimensionada para a correta transmissão de forças horizontais e momentos fletores provenientes do arco.

Com o intuito de atender à necessidade de contraventamento e às solicitações sobre a estrutura na direção normal ao arco, foram utilizados dois arcos simétricos com elementos de união. Numa ótica estética e funcional optou-se por inclinar os arcos de modo a que estes fiquem parcialmente fundidos e colocar travessas de ligação para conferir maior travamento às ações horizontais.

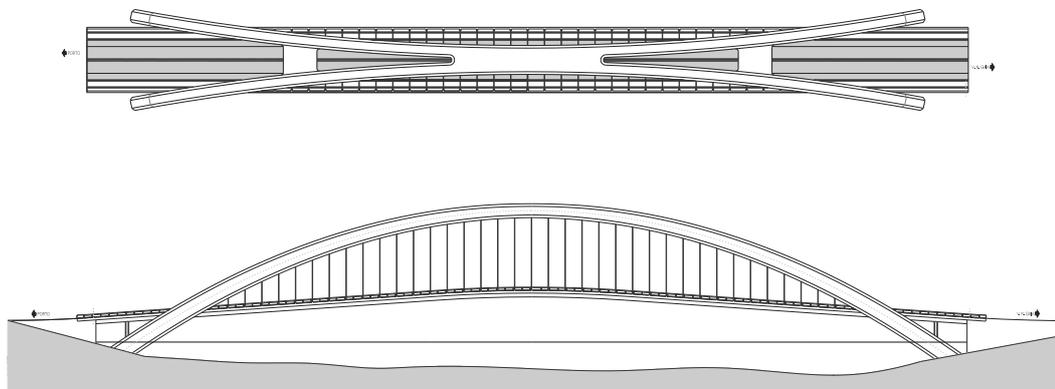


Fig. 1 – Planta e alçado da solução proposta

A solução proposta para a plataforma é constituída por um tabuleiro com 19.6m, constituindo duas faixas de rodagem, cada uma com uma via de 3.50m, uma berma central de 1.00m dotada de um separador físico, duas bermas exteriores de 2.00m com a possibilidade de criar uma ciclovia e dois passeios exteriores equipados com guarda de segurança, passadiço e um separador flexível garantindo a travessia confortável dos peões que o utilizam, prevendo o cruzamento dos mesmos. Para além disso existe uma largura de 0.80m para prevenir a passagem segura dos peões sem que haja a possibilidade de intersecção sobre os tirantes e assegurar a manutenção destes sem a necessidade de criar plataformas provisórias.

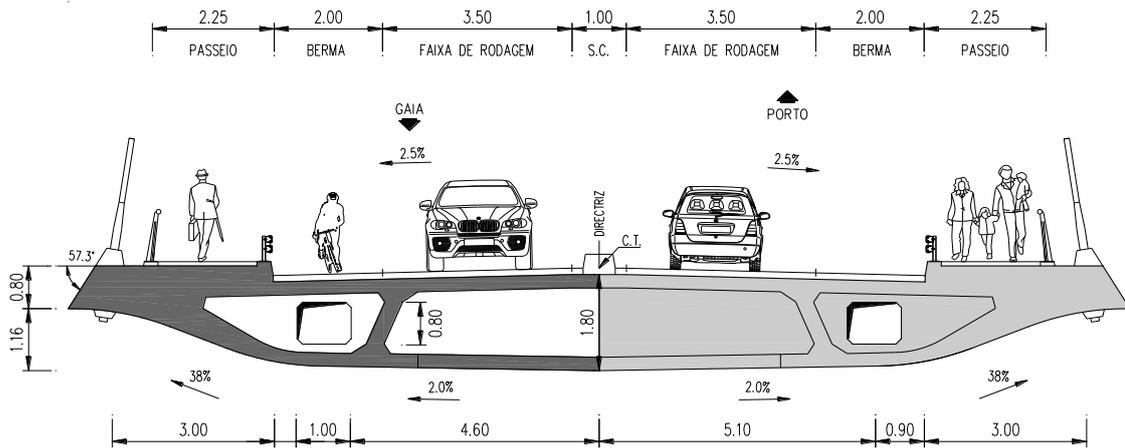


Fig. 2 – Secção transversal tipo proposta

O tabuleiro é constituído por uma plataforma de 1.8m de altura ao longo de 260m de extensão, correspondente a uma esbelteza de 140. Composto por betão armado e pré esforçado, é constituído por duas nervuras longitudinais tubulares de baixo cutelo que conferem à secção a rigidez necessária para resistir aos esforços de flexão e compressão a que o tabuleiro está sujeito. A altura do tabuleiro é outro aspeto crucial para garantir a altura mínima exigida em relação ao nível do rio, de maneira a não pôr em causa a navegabilidade dos barcos que atualmente lá circulam.

MATERIAIS

As opções relativas à escolha dos materiais têm que atender aos aspetos de durabilidade em confronto com os possíveis agentes agressivos, o que no caso do projeto em estudo foram condicionantes na escolha dos materiais. A opção estrutural em arco condiciona consideravelmente esta seleção de materiais. Por outro lado, a ordem de grandeza dos esforços atuantes pressupõe a utilização de materiais de maior resistência, e a própria inserção no contexto ambiental e paisagístico obriga a ter em conta a preponderância da estética global da obra.

Após uma breve pesquisa de possíveis materiais, foi feita uma análise que teve em conta os objetivos pretendidos. Assim, os seguintes materiais foram escolhidos para os principais componentes da obra de arte:

Betões:

- encontros e fundações C30/37;
- arco e tabuleiro..... C50/60.

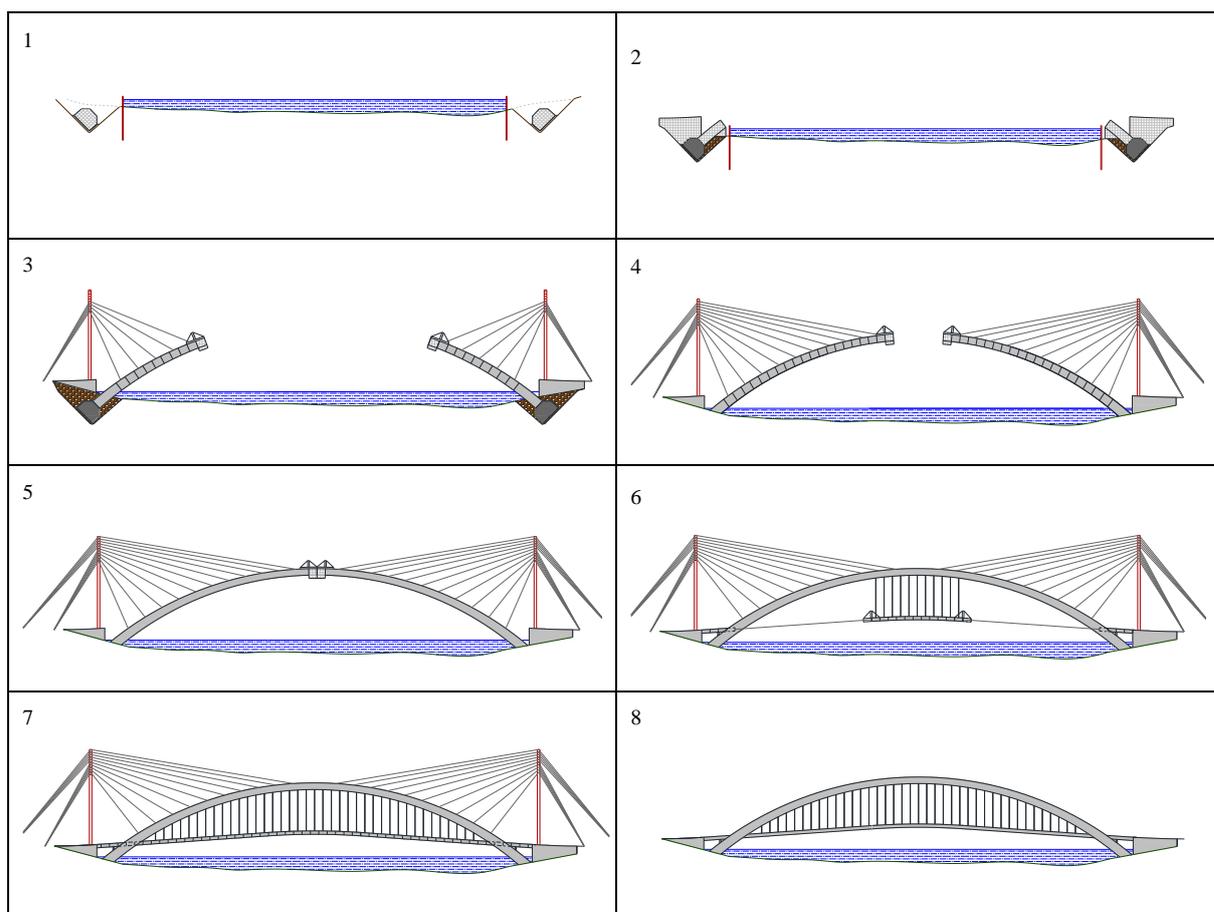
Aços:

- armaduras ordináriasS500 NR SD;
- armaduras de pré-esforço em cordão Y 1860 S7.

A adoção do cimento branco na produção de betão oferece uma solução polivalente e versátil permitindo enquadrar variadas formas, texturas e cores, conjugadas com efeitos luz/sombra. O betão branco arquitetónico torna-se assim uma solução possível e interessante para aplicar na obra em estudo, sendo esta de elevada importância e reconhecimento, destacada pelo seu valor estético e técnico.

PROCESSO CONSTRUTIVO

O processo construtivo da ponte foi especialmente condicionado pela necessidade de assegurar a navegabilidade do rio e pelo tempo de execução, recorrendo-se a elementos com maior dependência das condições do rio nos meses de melhores condições atmosféricas, evitando o inverno e as potenciais cheias no rio Douro. Assim, é essencial restringir ao mínimo possível os constrangimentos à navegação, pelo que se optou por uma construção em duas fases: primeiro a execução dos elementos de fundação e arranque do arco com o cimbra ao solo e posteriormente a construção do restante arco por meio de avanços sucessivos com o sistema de atirantamento provisório.



De acordo com as características e condicionantes do local e da estrutura, o processo construtivo sugerido para a construção dos arcos consiste nas seguintes fases (ver o esquema da página anterior):

- i. Desmatção e decapagem do local e implementao do estaleiro;
- ii. Instalao das ensecadeiras para as fundaoes dos arcos e encontros do tabuleiro;
- iii. Remoo dos sedimentos existentes no leito do rio e escavao do macio;
- iv. Montagem das cofragens e colocao das armaduras, seguidas da betonagem das fundaoes dos arcos e, em simultneo, dos encontros do tabuleiro;
- v. Colocao de material de aterro sobre as fundaoes para apoio a construo do cimbra ao solo e reposio do terreno;
- vi. Construo do cimbra para a betonagem dos arranques dos arcos;
- vii. Montagem das cofragens e colocao das armaduras, seguida da betonagem dos arranques dos arcos;
- viii. Retirada dos cimbramentos metlicos e colocao do restante material de aterro;
- ix. Retirada das ensecadeiras e reposio do escoamento natural do rio;
- x. Montagem de torres provisrias para aplicao do sistema de atirantamento seguida da colocao dos carrinhos de avanos;
- xi. Colocao dos cabos provisrios e respetiva ancoragem com recurso a fundaoes indiretas;
- xii. Montagem das cofragens e colocao das armaduras seguida da betonagem do troo do arco;
- xiii. Aplicao de pr-esforo nos cabos provisrios;
- xiv. Repetio do procedimento por avanos sucessivos at ao fecho do arco;
- xv. Remoo dos carrinhos de avanos.

O tabuleiro e executado com recurso a carrinhos de avanos suspensos. O ciclo de tarefas repetitivas perfeitamente normalizadas corresponde a execuo de 5m de tabuleiro com a sequencia que se passa a descrever:

- xvi. Montagem de armaduras e ajuste de cofragens;
- xvii. Betonagem da aduela;
- xviii. Aplicao de pr-esforo provisrio nos cabos do tabuleiro;
- xix. Betonagem da carlinga a frente da aduela anterior e respetivo pr-esforo;
- xx. Montagem dos tirantes;
- xxi. Avano dos carrinhos;
- xxii. Inicia-se novo ciclo com a betonagem da aduela seguinte.

No final da execuo do tabuleiro procede-se a aplicao do pr-esforo final de continuidade e do ajuste do pr-esforo nos tirantes, caso seja necessrio.

Para alm disso e feita a remoo das torres provisrias, verificao da qualidade da estrutura atravs da realizao de ensaios de carga na supra e infra-estrutura, execuo dos acabamentos gerais (colocao de pavimento, iluminao, guardas, etc.) e execuo dos acessos do Porto e V. N. de Gaia.

IMPACTO VISUAL

Uma obra de arte desta dimensão e importância obriga à elaboração de estudos relativos ao impacto visual.

O impacto visual da estrutura foi um fator determinante na ponderação das soluções adotadas ao longo do desenvolvimento do projeto, tendo sido sempre apreciada a inserção nas margens do rio e a avaliação da estética da estrutura em diversas perspetivas.

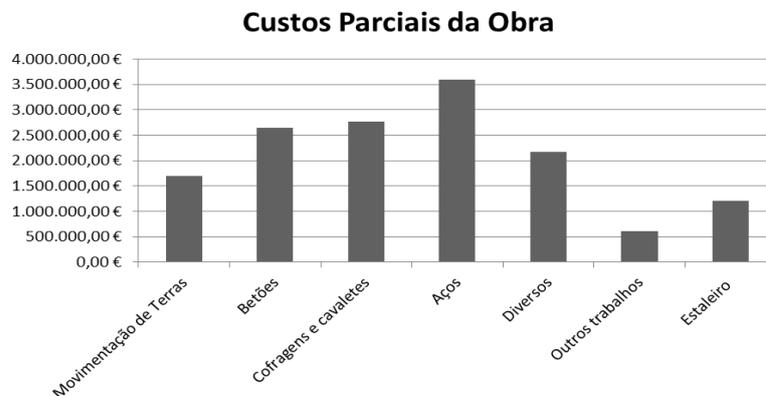
A escolha de uma solução em arco foi influenciada não só pela solução estrutural típica das pontes entre as cidades do Porto e de V. N. de Gaia, mas também pela melhor forma de integrar a nova travessia. A escolha da relação vão/flecha do arco e o facto de as suas fundações estarem submersas têm também a particularidade de proporcionar uma solução elegante e singular, e reduzir o seu impacto visual sobre a zona histórica, conferindo um melhor enquadramento com a Ponte da Arrábida.



ESTIMATIVA ORÇAMENTAL

O custo global da obra é estimado em 15.000.000 de euros. A estimativa de custos efetuada baseia-se nos principais planos de trabalhos, nas medições das peças desenhadas e no seu custo unitário.

Este valor corresponde à soma dos itens representados no seguinte gráfico.



Os custos unitários adotados foram obtidos com base em preços de referência utilizados no mercado português pelo que, face aos inevitáveis erros e omissões, acima de tudo se pretende estimar o valor global da obra.