

Recomendações práticas para projecto de viadutos a construir com cimbres auto-lançáveis



António Póvoas¹

RESUMO

Neste artigo serão analisadas algumas concepções e soluções estruturais vulgarmente utilizadas no projecto de pontes e viadutos e as consequências favoráveis ou desfavoráveis que tais opções podem ter no custo e prazo de construção, sendo feitas algumas recomendações práticas com o objectivo de diminuir o prazo e os custos de execução.

PALAVRAS-CHAVE

Recomendações para construir com cimbres autolanzáveis

¹ António Póvoas-Bridge Construction Systems-Portugal, Lda, Lisboa, antonio.povoas@sapo.pt

1. INTRODUÇÃO

Serão comparadas geometrias e tipologias de tabuleiros, pilares, capitéis e encontros, sendo apresentados alguns problemas encontrados em viadutos já realizados, as respectivas consequências e as soluções encontradas.

Serão sugeridos alguns cuidados a ter com a geometria exterior e interior dos tabuleiros, nomeadamente como reduzir os problemas resultantes dos reforços interiores e exteriores dos tabuleiros.

2. ENCONTROS

Um dos factores que pode condicionar muito o processo construtivo, o custo e o prazo de construção de um viaduto é a concepção e localização dos encontros.

Quer seja para a utilização de cimbres superiores quer para cimbres inferiores, deve existir sempre a preocupação de tentar executar todos os tramos de um viaduto com a mesma cofragem e o mesmo suporte, ou cimbra, sempre que tal for possível.

A utilização de diferentes processos pode trazer custos adicionais muito significativos, diferenças visíveis no acabamento do betão, dificuldades de empalme da cofragem do cimbra móvel no betão realizado com outro cimbra, ou vice-versa, e ainda perdas significativas de rendimento e de prazo de execução.

2.1 Comprimento do primeiro vão

Sendo viável a colocação da mesma cofragem, é também lógico e recomendável que se faça um acerto do comprimento do primeiro vão, para que a distância entre o muro saia do encontro e o primeiro pilar permita montar módulos de cofragem completos, evitando assim a utilização de uma cofragem de transição, que não só é dispendiosa como coloca problemas de compatibilização de deformadas.

Dessa forma, apenas será necessário uma pequena junta entre a cofragem móvel do cimbra aéreo e a cofragem fixa do encontro, como no caso do viaduto de duas vias da Fig.1, em que o comprimento dos vãos extremos foi acertado para 32.20 m, de forma a que a distância livre entre o muro do encontro e o eixo do pilar fosse de 31,60 m, que, neste caso, correspondia a sete módulos de cofragem de 4,5 m mais 0,10 m de folga.

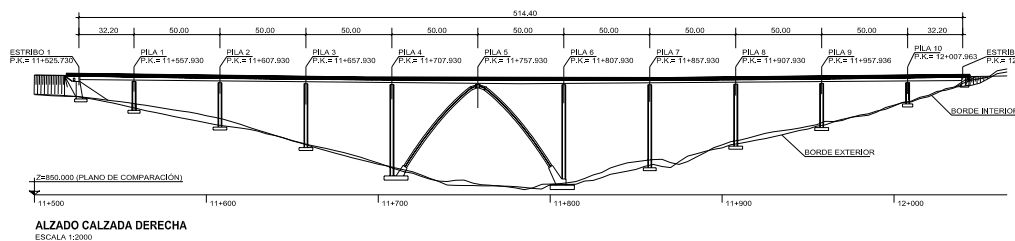


Fig. 1 – Alçado do Viaduto de Albentosa

2.2 Desalinhamento em planta de encontros de viadutos paralelos

Outro dos problemas que aparece com frequência, sobretudo quando os viadutos são oblíquos aos cursos de água, estradas ou infra-estruturas que atravessam, é o desalinhamento em planta dos encontros dos dois lados do viaduto.

Esta situação pode ser muitas vezes atenuada por um desfazamento da construção dos encontros ou dos seus muros laterais, o que nem sempre é economicamente vantajoso nem viável para os trabalhos de movimentação de terras.

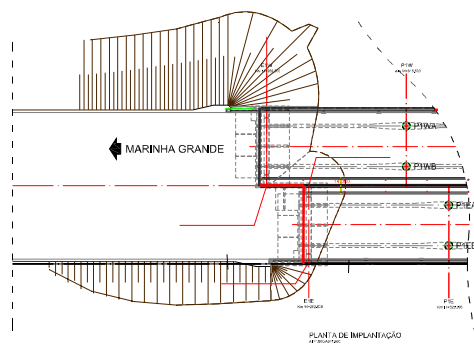


Fig. 2 – Encontros desalinados

A solução a que normalmente recorrem as construtoras é o recurso ao cembre ao solo, que por vezes é a solução mais simples. No entanto, existem muitas situações em que essa opção acaba por trazer maiores dificuldades, custos e perdas de tempo do que uma solução previamente estudada de faseamento da construção dos encontros, como no caso da figura 2 em que se executou primeiro o encontro que entra mais no terreno, deixando o segundo e a parede lateral que os une para segunda fase.

Outra solução é a construção de encontros-pilar, que também se utiliza para facilitar a utilização de cimbres inferiores no primeiro vão.

2.3 Construção de encontros-pilar

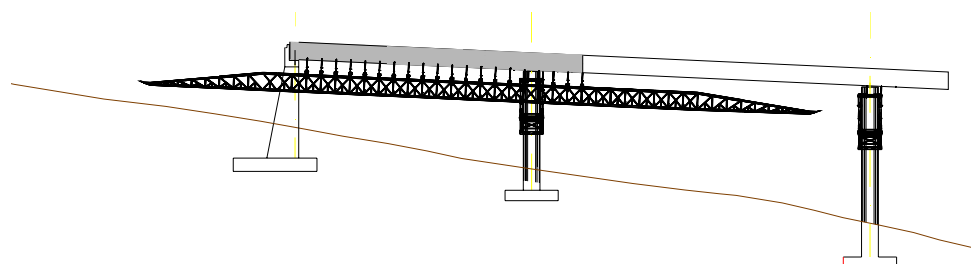


Fig. 3 – Exemplo de encontro-pilar

Normalmente não se utilizam cimbres inferiores nos primeiros e últimos vãos dado que a sua concepção estrutural pressupõe que o seu lançamento se faça sobre apoios colocados nos pilares de betão, utilizando um nariz dianteiro e outro traseiro, para possibilitar a chegada ao pilar seguinte, como se vê na figura 3.

O recurso a encontros-pilar é uma boa solução, e pode também ser utilizado nos encontros desalinados, pois permite tratar o primeiro e último vão como correntes, no respeitante à abertura e fecho de cofragens.

Esta situação é vulgar nos projectos feitos em Espanha dado existir aí maior tradição na utilização deste tipo de cimbres e as construtoras podem alterar o projecto.

3. PILARES

Existem vários factores que condicionam o projecto dos pilares, embora normalmente se dê maior relevância a que o pilar seja o mais económico possível e que o seu desenho contribua claramente para a estética de conjunto da ponte ou do viaduto.

Existe um outro factor muito importante que deve ser tomado em consideração pelos projectistas dos viadutos, que é a colocação dos apoios dos cimbres nos pilares, uma das operações de maior risco na utilização de cimbres móveis. Se não se pensar desde logo em criar condições de trabalho para essas operações corre-se o risco de ter custos elevadíssimos

com os meios de acesso e segurança dos trabalhadores que podem até ser superiores ao custo dos pilares.

Entre os diversos tipos de pilar que vimos encontrando nas diferentes obras de arte que realizámos, iremos analisar quatro tipos de pilares:

- Pilar simples ou duplo com capitel
- Pilares simples sem capitel
- Pilares-estaca ou pilares duplos sem capitel
- Pilar com capitel ou viga travessa para apoio de dois tabuleiros

A secção de tabuleiro mais utilizada em Portugal em viadutos rodoviários é a secção em Π que se caracteriza por necessitar de apoios afastados cerca de 7m em viadutos de duas faixas e afastados de 9m em viadutos de três faixas.

Desta forma, quando se utilizam pilares simples é normal utilizar um único pilar com capitel suficientemente largo para conter os dois apoios das duas vigas do Π .

3.1 Pilar simples ou duplo com capitel

Este tipo de pilares são os que criam menos dificuldades para a colocação dos apoios dos cimbres, quer para cimbres superiores quer para inferiores.

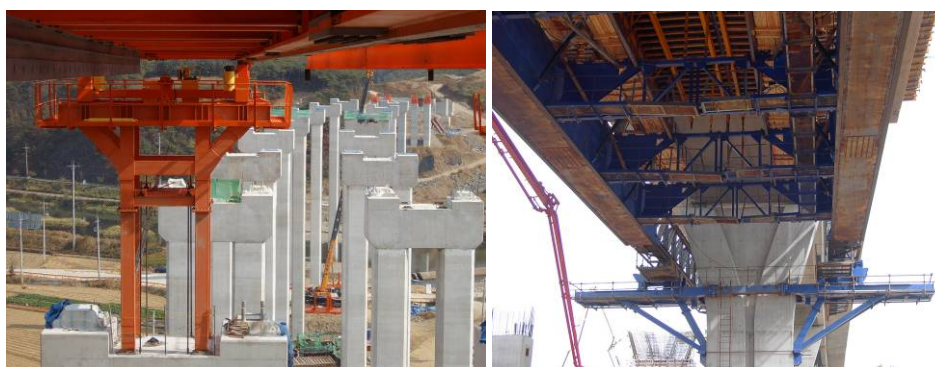


Fig. 4 e 5 – Apoio de cimbra superior(esq) e inferior(dir) em pilares com capitel

3.2 Pilares sem capitel

Este tipo de pilares aparece normalmente em viadutos em caixão, em que o pilar tem como dimensão transversal a largura inferior do caixão, ou em viadutos em Π muito altos, em que a necessidade do pilar ter maior inércia transversal leva a que a sua largura seja suficiente para conter os dois apoios do tabuleiro.

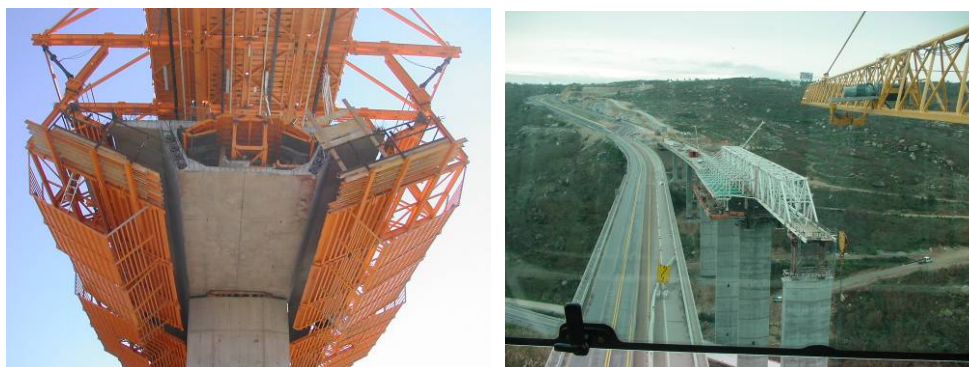


Fig. 6 e 7 – Pilar de viaduto em caixão(esq) e de 100m de altura - secção em Π (dir)

Este tipo de pilares acabam por ser idênticos aos pilares com capitel, pois criam uma plataforma de trabalho com dimensões suficientes para se poder montar em segurança os apoios dos cimbres superiores, e têm condições equivalentes aos pilares com capitel para os apoios dos cimbres inferiores. No caso dos viadutos altos os cimbres superiores oferecem melhores condições de trabalho para as montagens dos seus apoios dado que estes são colocados sobre o pilar, cujo topo pode estar protegido com guardas, facilitando essas operações.



Fig. 8 e 9 – Condições de trabalho nos pilares dos viadutos das figuras 6(esq) e 7(dir)

3.3 Pilares-estaca ou pilares duplos sem capitel

Com exceção de um único tipo de cembre inferior, o de viga central passando entre os pilares, este tipo de pilares são extremamente desfavoráveis à utilização de cimbres auto-lançáveis superiores ou inferiores.

Os cimbres inferiores modernos são constituídos por 2 vigas que passam pelo exterior dos pilares e se apoiam em consolas fixas aos pilares.

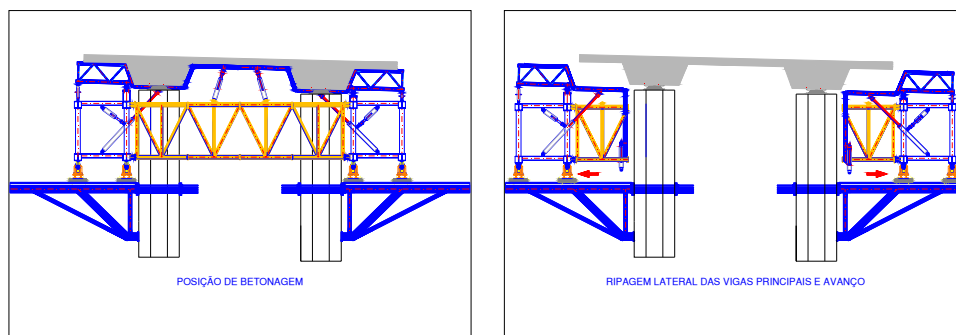


Fig. 8 e 9 – Cembre inferior em betonagem(esq) e em avanço(dir)

Como se pode facilmente compreender pelas figuras anteriores, este sistema de apoio por consolas abraçadas aos pilares introduz momentos significativos nos pilares isolados dado não existir equilíbrio entre o lado de dentro e o lado de fora do pilar.

Para impedir esse desequilíbrio podem utilizar-se travessas que se colocam entaladas entre os dois pilares, (Fig.10) mas cuja montagem é complicada devido à dificuldade de acesso e das tolerâncias de construção dos pilares, ou, como no caso da Travessia do Tejo no Carregado, construir uma carlinga entre pilares e transferir parte da carga para a carlinga (Fig.11). Em pilares altos estas soluções são normalmente inviáveis, sobretudo devido ao enorme custo de movimentação das peças e de criação de condições de acesso aos trabalhadores.

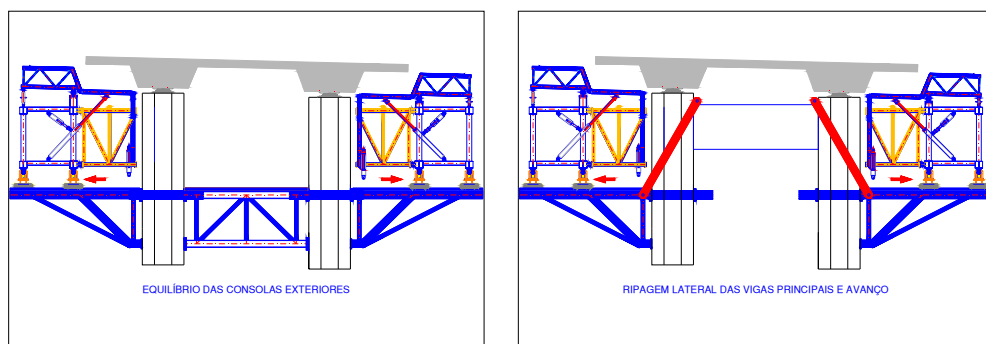


Fig. 10 e 11 – Travessa de compensação(esq) carlinga + tirantes(dir)

No caso dos cimbres superiores, que normalmente apoiam na zona entre pilares, existem também soluções que apesar de mais simples e económicas que as anteriores, continuam a ser dispendiosas, perigosas e de difícil montagem.

No caso mais simples, da Fig.12, foi possível colocar duas vigas travessa sobre os dois pilares e nelas montar o pórtico normal.

No caso da Fig.13, em que os pilares estacas tinham 1.5 m de diâmetro e 25 m de altura foi inclusivamente necessário contraventar os pilares no sentido transversal para poder resistir às acções do vento na fase construtiva.

Este tipo de soluções são extremamente caras, trazem quase sempre a sua montagem para o caminho crítico da obra e provocam significativas perdas de prazo e os custos directos e indirectos correspondentes, ultrapassando facilmente os custos com a eventual construção de capiteis ou carlingas de betão a unir os pilares.



Fig. 12 e 13 – Travessa-capitel (esq) + pórtico especial (dir)

3.4 Pilares com capitel ou viga travessa para apoio de dois tabuleiros



Fig. 14 e 15 – Ponte Vasco da Gama (esq) + Viaduto do Barranco da Vinha (dir)

Estes casos, em que os mais representativos são o Viaduto Sul da Ponte Vasco da Gama e o Viaduto do Barranco da Vinha têm normalmente boas condições de acesso e segurança dos trabalhadores, semelhantes às dos pilares com capitel.

Nestas obras o maior aliciante técnico foi descobrir a solução para as cofragens abertas passarem sobre a travessa ou capitel.

4. TABULEIROS

Os aspectos mais importantes para minimizar os custos de construção dos tabuleiros são a uniformização das geometrias das secções e a localização dos reforços de pré-esforço.

4.1 Tabuleiros em Π

Nos tabuleiros em Π utilizam-se basicamente duas concepções distintas:

- tabuleiros com alargamento para fora e para dentro sem carlingas sobre os pilares.
- tabuleiros com geometria constante por fora e alargamentos das secções para dentro, recorrendo a carlingas sobre os pilares

Os custos de adaptação dos painéis de cofragem em tabuleiros com alargamentos para fora e para dentro são de tal forma elevados que por vezes obrigam ao fabrico de cofragens novas para cada viaduto. Além desse factor, os alargamentos para fora obrigam a uma maior ripagem da cofragem para o exterior, criando dificuldades adicionais ao lançamento nos viadutos paralelos com pequena distância entre eles.

Os tabuleiros em Π com geometria constante por fora são mais económicos pois permitem poupanças significativas nas posteriores utilizações da cofragem, dado que possibilitam reutilizar facilmente os painéis das faces exteriores das vigas.

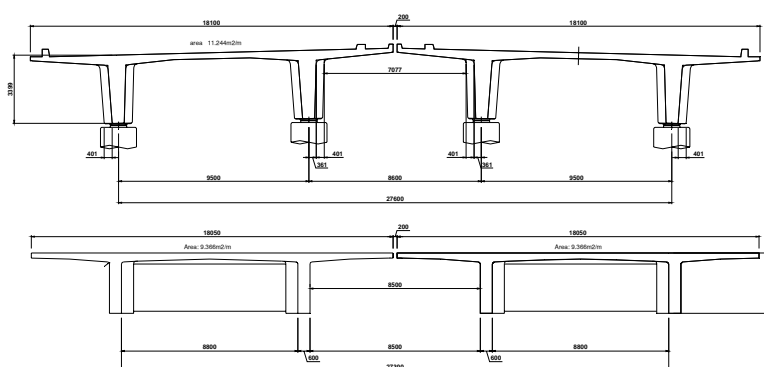


Fig. 16 – Comparação dos dois tipos de alargamentos para o perfil tipo de 3 faixas

4.2 Tabuleiros em caixão

Com o aumento dos vãos dos viadutos rodoviários para mais de 45m e com os primeiros viadutos de comboio de alta velocidade começaram a aparecer em Portugal os viadutos com secção transversal em caixão.

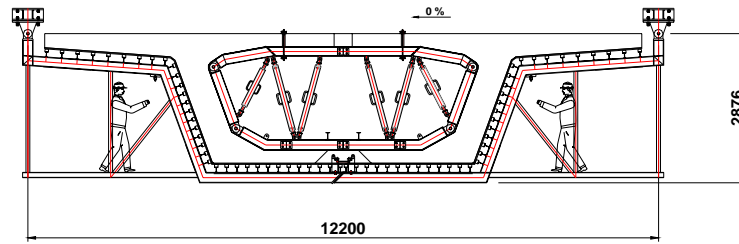


Fig. 17 – Cofragem interior e exterior de secção em caixa

Estes tabuleiros têm várias dificuldades acrescidas na sua execução comparativamente com os tabuleiros em Π , sendo bastante mais caros e difíceis de construir do que aqueles, pois necessitam de maior superfície de cofragem e as cofragens interior e exterior têm formas de abertura independentes e desfasadas.

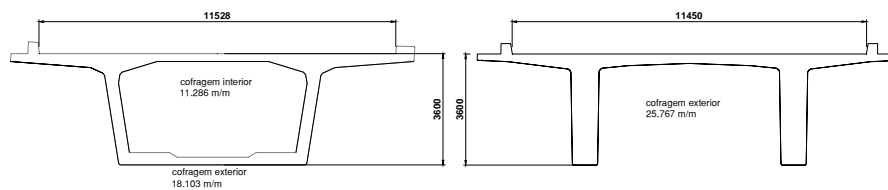


Fig. 18 – Comparação de áreas de cofragem entre Π e caixa

O fecho e a abertura de uma cofragem de um tabuleiro em Π faz-se numa única manobra, baixando-se de seguida as armaduras das vigas, que podem ser transportadas pelo próprio cimbra.

Num tabuleiro em caixa a cofragem interior é colocada posteriormente à colocação das armaduras da laje de fundo e das vigas, é aberta antes do pré-esforço e só é movimentada depois do lançamento do cimbra.

Por mais optimizadas que estejam a pré-fabricação de armaduras e as operações de movimentação da cofragem, um tabuleiro em caixa consome pelo menos mais 200 horas de trabalho que o mesmo tabuleiro com secção em Π .

Outro aspecto importante é normalizar todos os tramos de tabuleiro, na localização dos reforços de secção e das ancoragens do pré-esforço (bossages) para poder usar cofragens móveis de abertura hidráulica, tanto no exterior como no interior.

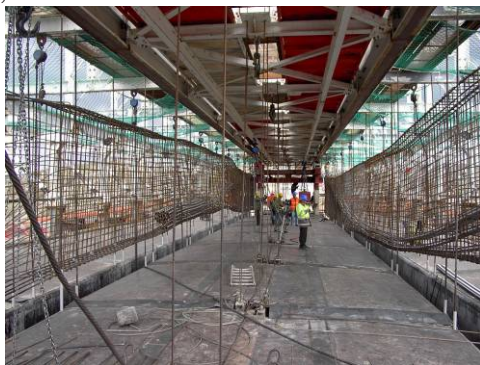


Fig. 19 e 20 – Cofragem interior de tabuleiro Π (esq) e de tabuleiro em caixa (dir)

5. CONCLUSÕES

Do atrás exposto podemos concluir o seguinte:

- O cuidado com alguns pormenores do projecto de execução tem influência determinante no custo e no prazo de construção dos viadutos, sendo fundamental a colaboração entre projectistas dos viadutos e dos cimbres de forma a conter os custos com os apoios e com as cofragens interiores e exteriores dentro de limites razoáveis para construção dos tabuleiros.
- O acerto da localização dos encontros ou o seu faseamento construtivo, pode não só viabilizar a opção por cimbres superiores ou inferiores, como ainda diminuir os custos com cofragens e cimbres suplementares.
- Os pilares de secção constante ou com capitel criam melhores condições de trabalho e segurança para os trabalhadores.
- Os pilares duplos ou pilares estacas obrigam a utilizar apoios extremamente caros, de difícil e perigosa montagem, para se poder utilizar os cimbres mais comuns no mercado nacional e internacional
- Os tabuleiros em Π com alargamentos para dentro e para fora são muito mais caros do que aparenta o facto de não terem carlingas.
- A conjugação pilar-estaca duplo com tabuleiros em Π com alargamentos para dentro e para fora é claramente a solução estrutural com maiores custos de cofragem e de cimbra, que podem ser da ordem dos 300-400 mil euros por obra, sendo sempre de analisar as restantes alternativas.
- Devem ser cuidadosamente estudados os reforços exteriores e interiores dos tabuleiros tentando uniformizar o mais possível os diferentes tramos para permitir a utilização de cofragens modulares e de abertura hidráulica, solução que permite controlar muito melhor os custos variáveis com mão de obra e meios auxiliares.