



ISEL

**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**  
**Departamento de Engenharia Civil**



## **“Acompanhamento da Construção de Obras de Arte”**

**BRUNO MIGUEL TAVARES BARATA**  
Licenciado em Engenharia Civil (Pós-Bolonha)

Relatório de Estágio para obtenção do grau de Mestre  
em Engenharia Civil (Estruturas)

*Documento Definitivo*

Orientador (es):

Doutor Carlos Trancoso Vaz, Eq. Prof. Adjunto (ISEL)  
Licenciado Paulo Medeiros (Mota-Engil)

Júri:

Presidente: Mestre Cristina Machado, Prof. Coordenadora  
(ISEL)

Vogais:

Doutor António Baptista (LNEC)  
Doutor Carlos Trancoso Vaz, Eq. Prof. Adjunto (ISEL)  
Licenciado Paulo Medeiros (Mota-Engil)

**Dezembro de 2009**

## Resumo

O curso de Engenharia Civil em todas as instituições de ensino está maioritariamente vocacionado para a área de projecto. Para quem segue obra em vez de projecto, pouco conhecimento tem da área e apenas nos é ensinado noções de alguns métodos construtivos e algum tipo de planeamento e de gestão de recursos. Tudo é bastante mais linear quando nos é ensinado e não existe contacto directo com o assunto em causa. Assim sendo, quando nos deparamos com as situações, estas não são tão lineares como nos ensinam e tornam-se por vezes bastante mais complexas, ocorrendo também situações com as quais nunca pensamos como seria se acontecessem.

Sendo obra a área que mais interesse me desperta, o estágio desenvolveu-se, em todo o seu tempo, no acompanhamento da construção de Obras de Arte onde assisti directamente aos processos construtivos envolvidos e, com eles, os problemas que ocorriam e as soluções adoptadas para os solucionar. Através deste acompanhamento, apercebi-me que muitas das vezes acontecem imprevistos e daí problemas que requerem alguma experiência e trabalho de equipa para os solucionar.

## **Abstract**

In all teaching institutions, the Civil Engineering graduation is majorly related to the project area. For the ones who follow construction instead of project, they have little knowledge of the area and it is only taught to us some notions about the construction methods and some kind of planning and resources management. Everything is much linear when is taught and it don't exist direct contact with the subject in cause. So, when we are facing the situations, they are not as linear as they were taught and they get, sometimes, a lot more complex current situations that we had never been taught.

Since the construction area is the one that I most like, I have had an interesting training where I directly saw the construction methods involved and, with them, the problems that could occur and the solutions to solve them. Through this monitoring (training), I have realized that often occur unplanned problems that require some experience and teamwork to solve them.

## Palavras-chave

- Obras de Arte;
- Passagem Superior e Inferior;
- Pré-Fabricação;
- Cimbres ao Solo;
- Pré-esforço.

## **Keywords**

- Bridges and Viaducts;
- Under and Overpasses;
- Precast Construction;
- Scaffolding;
- Prestress.

## Agradecimentos

Para a realização deste estágio curricular houve pessoas sem as quais não seria possível a sua realização.

Entre elas, algumas não posso deixar de agradecer em especial:

- À minha família que desde sempre acreditou em mim e que sempre me apoiou em todo o percurso académico, nunca deixando que me faltasse algo;
- À minha namorada, Tânia Virgílio, por todo o carinho e ajuda que me deu sempre que era necessário;
- Ao Engenheiro Carlos Trancoso Vaz que aceitou orientar o meu estágio como Co-Orientador do ISEL quando estamos numa fase de adaptação ao Processo de Bolonha e ainda todos estão a aprender como se desenrola o final do percurso académico com os novos Mestrados;
- Ao Engenheiro Paulo Medeiros que me acolheu em obra como estagiário e como Co-Orientador da empresa Mota-Engil Engenharia e Construção, S.A.;
- Aos Engenheiros Bruno Lencastre, Joaquim Ferreira, Jorge Costa, José Gomes e Nuno Grossinho que me transmitiram conhecimentos importantes e me facultaram toda a informação necessária à realização do estágio;
- À Mota-Engil Engenharia e Construção, S.A. que me possibilitou o estágio para finalizar o meu percurso académico sendo sempre bastante receptivos, compreensivos e pacientes durante a troca de informações e documentação necessária à aprovação do estágio.

A todos um muito obrigado!

## Índice

<b>Resumo</b> .....	i
<b>Abstract</b> .....	ii
<b>Palavras-chave</b> .....	iii
<b>Keywords</b> .....	iv
<b>Agradecimentos</b> .....	v
<b>Índice</b> .....	vi
<b>Índice de Figuras</b> .....	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. DESCRIÇÃO GERAL DA OBRA.....	2
2.1 Lote 5 (Lourel / Ranholas).....	4
2.2 Lote 3 (Ranholas / Linhó).....	5
2.3 Lote 4 (Linhó / Alcabideche).....	6
3. OBRAS DE ARTE.....	7
3.1 Obras de Arte Correntes.....	7
3.1.1 Passagens Inferiores.....	8
3.1.2 Passagens Superiores.....	9
3.1.3 Obras de Arte de Três Vãos Alargadas.....	10
3.1.3.1 PI4A.....	10
3.1.3.2 PI8A.....	11
3.1.4 Obras de Arte com Tabuleiro Duplo Pré-Fabricado.....	11
3.1.4.1 PI5.....	11
3.1.4.2 PONTÃO.....	12
3.1.4.3 PI12A.....	13
3.1.5 Obras de Arte com Estrutura em Quadro.....	14
3.1.5.1 PA2.....	14
3.1.6 Passagens Superiores com Dois Vãos Betonados In Situ.....	14
3.1.6.1 PS6.....	14
3.1.6.2 PS7.....	15
3.1.6.3 PS7A.....	16
3.1.6.4 PS7B.....	17
3.1.6.5 PS12B.....	18
3.1.7 Passagens Inferiores em Pórtico.....	19

3.1.7.1	PI8B.....	19
3.1.7.2	PI9 .....	19
3.1.7.3	PI10 .....	20
3.1.7.4	PI11 .....	21
3.1.8	Obras de Arte em Estrutura Metálica.....	22
3.1.8.1	PS12C .....	22
3.1.8.2	PS12D .....	23
3.1.8.3	PS12E .....	24
3.2	Obras de Arte Especiais .....	25
3.2.1	Viaduto do Molhapão.....	25
3.2.2	Viaduto do Telhal.....	26
4.	MÉTODOS E PROCESSOS CONSTRUTIVOS .....	28
4.1	Pré-Fabricação .....	28
4.1.1	Descrição Geral.....	28
4.1.2	Principais vantagens .....	29
4.1.3	Principais Desvantagens.....	31
4.1.4	Tipo de Ligações .....	32
4.1.5	Colocação dos Pré-fabricados .....	34
4.1.6	Conclusão.....	35
4.2	Cimbre ao Solo e Cofragem .....	35
4.3	Betonagem.....	39
4.4	Verificação das Características de Desempenho do Betão .....	40
4.4.1	Descrição Geral.....	40
4.4.2	Ensaio de Abaixamento .....	41
4.4.3	Ensaio de Avaliação da Resistência à Compressão .....	42
4.5	Armaduras Ordinárias.....	42
4.6	Pré-esforço.....	43
4.6.1	Descrição Geral.....	43
4.6.2	Pré-esforço por Pré-tensão .....	44
4.6.3	Pré-esforço por Pós-tensão .....	45
4.6.4	Aplicação/Execução do Pré-esforço em Pós-tensão .....	45
4.7	Estruturas Mistas .....	48
4.8	Aparelhos de Apoio.....	50
4.8.1	Descrição Geral.....	50
4.8.2	Montagem dos Aparelhos de Apoio.....	51

4.9	Juntas de Dilatação .....	52
4.9.1	Descrição Geral.....	52
4.9.2	Execução/Tipo de Junta de Dilatação Aplicada .....	54
5.	MÉTODOS CONSTRUTIVOS ALTERNATIVOS .....	55
5.1	Construção por Lançamento Incremental .....	55
5.1.1	Descrição Geral.....	55
5.1.2	Principais Vantagens do Método .....	56
5.1.3	Principais Desvantagens do Método .....	57
5.2	Construção por Vigas de Lançamento.....	57
5.2.1	Descrição Geral.....	57
5.2.2	Vigas de Lançamento Superior.....	58
5.2.3	Vigas de Lançamento Inferior .....	59
5.2.4	Principais Vantagens do Uso de Vigas de Lançamento.....	60
5.2.5	Principais Desvantagens do Uso de Vigas de Lançamento.....	61
5.2.6	Conclusão.....	61
5.3	Construção por Avanços Sucessivos.....	61
5.3.1	Principais Vantagens do Método .....	62
5.3.2	Principais Desvantagens do Método .....	63
5.4	Conclusão .....	63
6.	PROBLEMAS CONSTRUTIVOS OCORRIDOS .....	65
6.1	Problemas Construtivos Gerais das Obras de Arte.....	65
6.2	Problemas Construtivos Específicos.....	67
7.	TRABALHO DESENVOLVIDO .....	70
8.	CRÍTICA .....	71
9.	CONCLUSÃO.....	72
10.	BIBLIOGRAFIA.....	73
11.	WEBLIOGRAFIA .....	74
12.	ANEXOS.....	75
12.1	ANEXO 1.....	76
12.1.1	Fotos de Faseamento Construtivo da Passagem Superior PS12B.....	76
12.1.2	Fotos de Faseamento Construtivo do Viaduto do Molhapão.....	78
12.2	ANEXO 2.....	80
12.2.1	Corte Transversal e Longitudinal do Tabuleiro das Passagens Inferiores PI10 e PI11.....	81
12.2.2	Parte de um Projecto de Pré-fabricados.....	84
12.2.3	Parte de um Projecto de Aparelhos de Apoio.....	86

12.2.4	Parte de um Projecto de Cimbres e Cofragem.....	88
12.2.5	Parte do Projecto de Pré-esforço do Viaduto do Molhapão.....	91
12.2.6	Parte de um Projecto de Juntas de Dilatação .....	93

## Índice de Figuras

Figura 1: Rede viária envolvente ao IC30 e IC16.....	2
Figura 2: Localização geográfica da obra.....	3
Figura 3: Lote 3, 4 e 5 .....	4
Figura 4: Nomenclatura das Passagens Inferiores em Pórtico .....	8
Figura 5: Passagem Inferior em pórtico betonada in situ .....	8
Figura 6: Passagem Inferior com tabuleiro pré-fabricado .....	9
Figura 7: Passagem Superior mista sobre a A5.....	9
Figura 8 e 9: Passagem Inferior PI4A.....	10
Figura 10 e 11: Passagem Inferior PI8A.....	11
Figura 12 e 13: Passagem Inferior PI5 .....	12
Figura 14 e 15: Passagem Inferior Pontão .....	13
Figura 16 e 17: Passagem Inferior PI12A.....	14
Figura 18 e 19: Passagem Superior PS6 .....	15
Figura 20 e 21: Passagem Superior PS7 .....	16
Figura 22 e 23: Passagem Superior PS7A.....	17
Figura 24 e 25: Passagem Superior PS7B.....	18
Figura 26 e 27: Passagem Superior PS12B.....	18
Figura 28: Passagem Inferior PI8B.....	19
Figura 29: Passagem Inferior PI9 .....	20
Figura 30 e 31: Passagem Inferior PI10 .....	21
Figura 32 e 33: Passagem Inferior PI11 .....	21
Figura 34 e 35: Passagem Superior PS12C.....	22
Figura 36 e 37: Passagem Superior PS12D.....	23
Figura 38 e 39: Passagem Superior PS12E.....	24
Figura 40, 41 e 42: Viaduto do Molhapão.....	26
Figura 43, 44 e 45: Viaduto do Telhal.....	27
Figura 46 e 47: Vigas pré-fabricadas em U do Viaduto do Telhal .....	28
Figura 48 e 49: Vigas em T do tabuleiro da Passagem Inferior PI5 .....	29
Figura 50 e 51: Lajes pré-fabricadas da Passagem Superior PS12E e pré-lajes do Viaduto do Telhal.....	29
Figura 52 e 53: Lajes pré-fabricadas e ligação à estrutura metálica e entre si .....	32
Figura 54 e 55: Pré-lajes com treliças do Viaduto do Telhal e da Passagem Inferior Pontão.....	33

Figura 56 e 57: Diafragma a betonar com pré-esforço em barra.....	33
Figura 58, 59, 60 e 61: Colocação de vigas pré-fabricadas.....	34
Figura 62 e 63: Cimbres ao solo e cofragem .....	35
Figura 64, 65 e 66: Lintel em betão armado e sulipas .....	36
Figura 67 e 68: Estrutura porticada para passagem de obra na PS7 e para vencer taludes no Viaduto do Molhapão.....	37
Figura 69 e 70: Painéis de cofragem pré-montados e fecho de painéis.....	37
Figura 71 e 72: Testemunhos .....	38
Figura 73 e 74: Varões de aço roscados .....	38
Figura 75 e 76: Descofragem com recurso a grua .....	38
Figura 77, 78, 79 e 80: Betonagem com recurso a balde e auto-bomba.....	39
Figura 81 e 82: Betonagem e vibração do betão.....	40
Figura 83: Execução do Ensaio de Abaixamento ou Slump .....	41
Figura 84 e 85: Provetes para Ensaio de Resistência à Compressão.....	42
Figura 86 e 87: Armadura de um tabuleiro com vazamento a meio vão e espaçadores pré-fabricados.....	43
Figura 88 e 89: Cabos de pré-esforço e cunhas .....	44
Figura 90: Cabos de pré-esforço por pré-tensão em vigas pré-fabricadas .....	44
Figura 91 e 92: Bainhas de pré-esforço junto aos encontros e pilares.....	45
Figura 93 e 94: Máquina e cabos de pré-esforço .....	45
Figura 95 e 96: Aplicação de pré-esforço .....	46
Figura 97 e 98: Cabeça de ancoragem selada do pré-esforço de continuidade e acopladores .....	47
Figura 99, 100 e 101: Conectores metálicos nas longarinas e lajes pré-fabricadas ....	48
Figura 102 e 103: Perfil transversal e longitudinal da Passagem Superior PS12E.....	50
Figura 104, 105 e 106: Aparelhos de apoio e pernos de ligação ao tabuleiro .....	51
Figura 107 e 108: Carotadora .....	52
Figura 109, 110 e 111: Juntas de dilatação de neoprene armado.....	53
Figura 112 e 113: Chumbadouros e junta de dilatação.....	54
Figura 114: Construção por lançamento incremental.....	56
Figura 115: Construção por vigas de lançamento superior.....	59
Figura 116: Construção por vigas de lançamento inferior.....	60
Figura 117, 118 e 119: Esquema de aplicação de cofragem e respectivos pontos de apoio e sistema de aplicação de pré-esforço .....	62
Figura 120 e 121: Juntas de betonagem entre tramos (à esquerda) e juntas criadas pela betonagem faseada (à direita) .....	66
Figura 122 e 123: Armadura na viga carlinga dos encontros.....	66

Figura 124 e 125: Rebentamento do betão durante a aplicação do pré-esforço .....	68
Figura 126 e 127: Microbetão aplicado na zona danificada.....	68
Figura 128 e 129: Cofragem sobreposta sobre o tabuleiro esquerdo do Viaduto do Molhapão .....	69

## **1. INTRODUÇÃO**

Desde o início que o estágio foi a principal opção, das três apresentadas (dissertação, projecto ou estágio), para finalizar o meu percurso académico. O facto de poder começar já a aplicar conhecimentos e adquirir novos através da prática diária foi a principal razão para a escolha do estágio, como também o de poder acompanhar de perto a obra, os seus diversos métodos construtivos envolvidos e os problemas diários que são enfrentados na arte de construir.

O estágio desenvolveu-se na Mota-Engil Engenharia e Construção, S.A. e teve a duração de 4 meses, tendo convivido com uma vasta equipa de profissionais com experiência na área que me transmitiram alguns dos seus conhecimentos.

O presente relatório de estágio refere-se portanto ao acompanhamento da construção de vinte Obras de Arte em estrutura de betão armado e pré-esforçado e estrutura metálica de uma via de comunicação, mais propriamente da A16/IC30 uma das obras da Concessão da Grande Lisboa.

Serão descritos ao longo do relatório os métodos construtivos aplicados como também outros métodos que poderiam ter sido utilizados (descrição do método, vantagens e desvantagens), bem como a análise de alguns dos problemas que podem surgir durante o processo de construção e respectivas soluções adoptadas.

## 2. DESCRIÇÃO GERAL DA OBRA

A Concessão da Grande Lisboa é composta por um conjunto de rodovias em que duas delas, o IC30 e o IC16, irão desempenhar um papel de extrema importância na rede viária na parte norte da Área Metropolitana de Lisboa. Com efeito estas duas vias irão interligar a A5 e o IC19 e permitirão aos respectivos utentes aceder à CREL na zona de Queluz / Monte Abraão sem passar pelo Nó da CREL com a IC19 junto a Queluz, onde presentemente se verificam grandes congestionamentos.

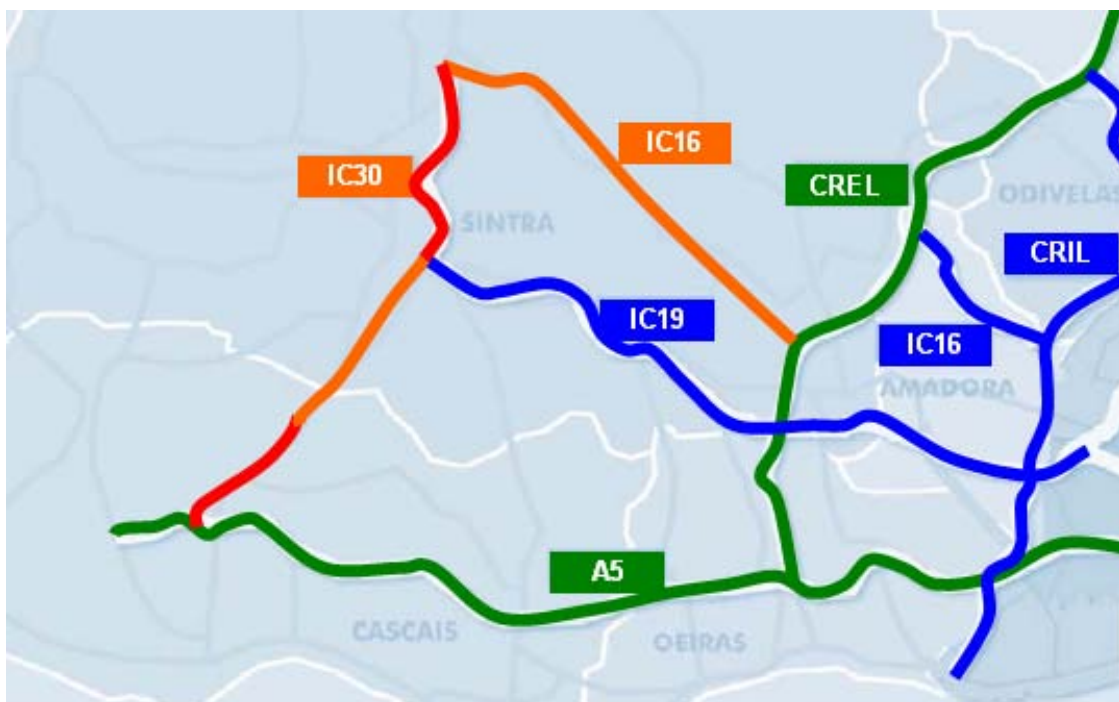


Figura 1: Rede viária envolvente ao IC30 e IC16

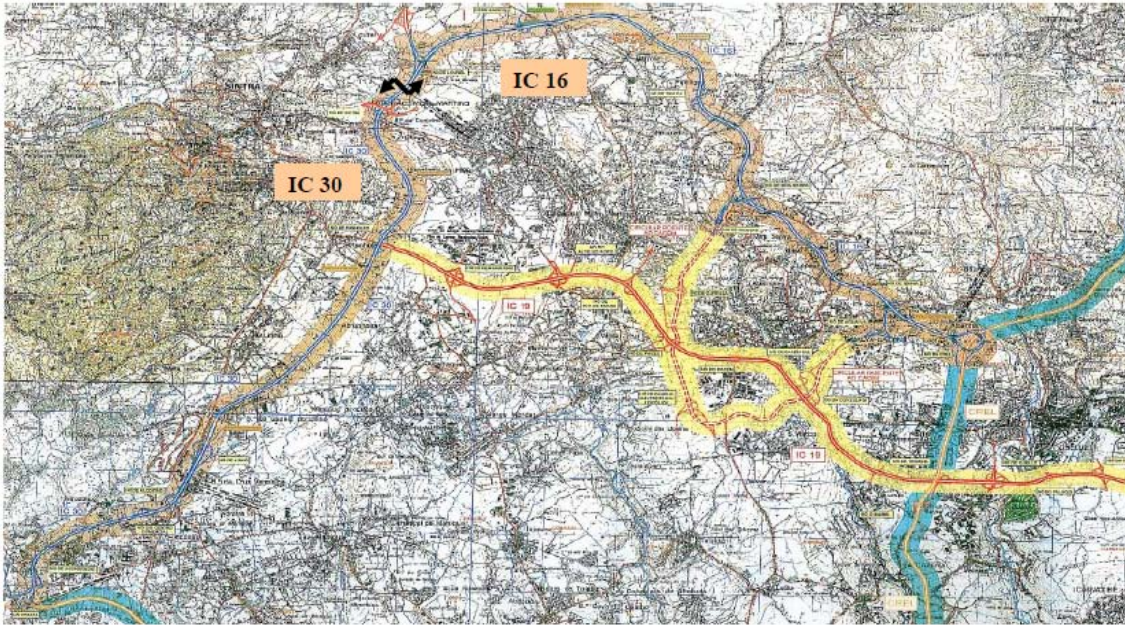


Figura 2: Localização geográfica da obra

A Concessão da Grande Lisboa abrange um conjunto de dez lanços de autoestrada. Seis dos quais já se encontram abertos ao tráfego e integram o objecto da concessão somente para efeitos de exploração e conservação, não sendo cobradas portagens aos utentes.

Num outro lanço, que já se encontra em exploração, competirá à futura Concessionária realizar os trabalhos de construção inerentes ao aumento do número de vias em função do tráfego e das condições impostas pelo Caderno de Encargos do Concurso.

Em resumo, caberá então à Mota-Engil Engenharia e Construção, S.A. a responsabilidade pela execução do IC30, designadamente:

- Lote 3 – Ranholas (IC19) / Linhó (EN9);
- Lote 4 – Linhó (EN9) / Alcabideche (IC15);
- Lote 5 – Lourel (IC16) / Ranholas (IC19).

### IC 30 (Lotes 3,4 e 5)

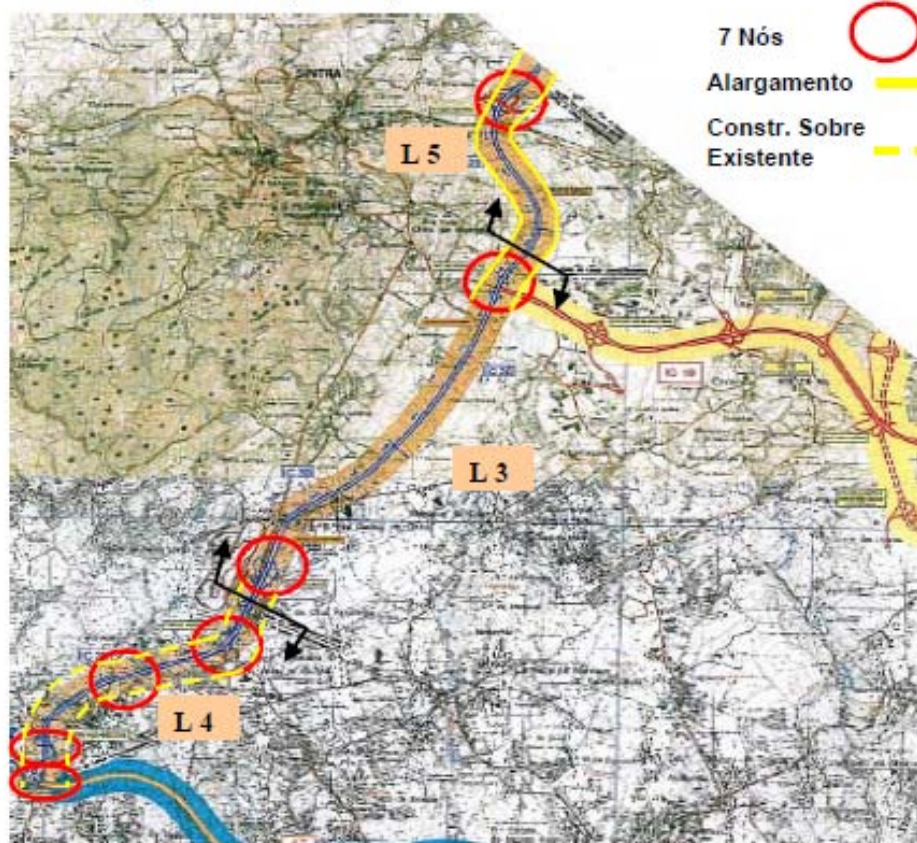


Figura 3: Lote 3, 4 e 5

assim como, pelos seguintes trabalhos no IC16:

- Obras de Arte Especiais dos Lotes 1 e 2 do IC16 – Viadutos do Molhapão e do Telhal;
- Sinalização e Segurança (excepto fundações de sinalização vertical, fundações de guarda rígidas e sinalização temporária dos lotes 1 e 2 entre o Nó da CREL e Lourel no IC16).

## 2.1 Lote 5 (Lourel / Ranholas)

Este lote apresenta uma extensão total de 2.750 km, um perfil transversal tipo com três vias em cada sentido, um nó com geometria de trevo completo (nó de Sintra) e é constituído pelas seguintes Obras de Arte:

- Três Passagens Superiores – uma pertence ao nó de Sintra, outra a um restabelecimento e outra ao prolongamento de uma existente que passa sobre o Caminho-de-ferro (Linha de Sintra);
- Duas Passagens Inferiores – correspondem ambas a restabelecimentos;
- Uma Passagem Agrícola – visa também o prolongamento de uma existente.

Este lote será executado através de uma subempreitada a um consórcio constituído pela MonteAdriano Engenharia e Construção, S.A., a Rosas Construtoras, S.A e a Amândio de Carvalho, S.A. ficando a cargo da Mota-Engil Engenharia e Construção, S.A., além da supervisão e controlo da construção do lote, a sinalização e as barreiras acústicas. Como tal não é acompanhada a construção deste Lote para efeitos de relatório.

## **2.2 Lote 3 (Ranholas / Linhó)**

Este lote apresenta uma extensão total de 5.250 km, um perfil transversal tipo com três vias em cada sentido, um nó com geometria de trevo completo onde apenas se alteram os encaixes dos seus ramos devido ao alargamento da plataforma e é constituído pelas seguintes Obras de Arte:

- Quatro Passagens Superiores (PS6, PS7, PS7A e PS7B) – duas pertencem ao nó do Linhó e as outras duas a restabelecimentos;
- Duas Passagens Inferiores (PI4A e PI5) – a primeira refere-se ao prolongamento de uma Passagem Inferior existente e a segunda a um restabelecimento;
- Uma Passagem Inferior de gabarit reduzido (PA2) – esta passagem destina-se apenas a uso do Estabelecimento Prisional de Sintra;
- Um Pontão – visa restabelecer uma estrada existente no Empreendimento da Beloura.

Em relação a estruturas de contenção, este lote apresenta:

- Dois muros de Gabiões;
- Dois muros de Betão;
- Três contenções através de Pregagens + Rede electrossoldada + Gunitagem.

Neste lote a Mota-Engil Engenharia e Construção, S.A. executará apenas a sinalização, barreiras acústicas e as Obras de Arte Correntes sendo os restantes trabalhos executados através de uma subempreitada ao mesmo consórcio do Lote 5, constituído pela MonteAdriano Engenharia e Construção, S.A., a Rosas Construtoras, S.A. e a Amândio de Carvalho, S.A.

### **2.3 Lote 4 (Linhó / Alcabideche)**

Este lote apresenta uma extensão total de 3.364 km, um perfil transversal tipo com três vias em cada sentido, quatro nós de ligação e é constituído pelas seguintes Obras de Arte:

- Quatro Passagens Superiores (PS12B, PS12C, PS12D e PS12E) – a primeira localiza-se no nó de Alcabideche e as restantes no nó com a A5;
- Seis Passagens Inferiores (PI8A, PI8B, PI9, PI10, PI11 e PI12A) – As duas primeiras referem-se a prolongamentos de duas Passagens Inferiores, a última refere-se ao nó de Alcabideche e as restantes a restabelecimentos.

Em relação a estruturas de contenção, este lote apresenta nove muros de contenção.

### **3. OBRAS DE ARTE**

Como descrito atrás, a obra é constituída por vinte e quatro Obras de Arte Correntes existentes nos Lotes 3, 4 e 5 e por outras duas Obras de Arte Especiais existentes nos Lotes 1 e 2.

#### **3.1 Obras de Arte Correntes**

Obras de Arte Correntes são Passagens Superiores e Inferiores de pequeno porte e destinadas a desnivelar cruzamentos de duas vias.

Os cruzamentos de nível devem ser evitados e, em especial, quando se cruzam Auto-Estradas, Caminhos de Ferro, IP's ou IC's. Também em vias urbanas de grande tráfego se devem desnivelar os cruzamentos. Nestes casos, torna-se necessário restabelecer todas as vias intersectadas. A via intersectada designa-se por restabelecimento. Na Passagem Inferior, o restabelecimento passa sob a via principal e na Passagem Superior o restabelecimento passa sobre a via principal. A hierarquia das vias é, por ordem decrescente, Caminhos de Ferro, Auto-Estradas, Itinerários Principais, Itinerários Complementares, Estradas Nacionais, Estradas Municipais, Caminhos Rurais.

Nesta obra, as vinte e quatro Obras de Arte Correntes perfazem um total aproximado de 25.403 m<sup>2</sup> em que onze são betonadas in situ e treze pré-fabricadas. Em termos de tipologia duas são Passagens Agrícolas, dez são Passagens Superiores e outras dez Passagens Inferiores, uma Passagem Superior sobre Caminho-de-Ferro e um Pontão. Como foi dito anteriormente, das vinte e quatro Obras de Arte Correntes, apenas dezoito serão acompanhadas uma vez que as outras se situam no Lote 5 no qual não executei qualquer tipo de acompanhamento para efeitos de relatório.

### 3.1.1 Passagens Inferiores

Estas obras apresentam, normalmente, um vão pequeno. As soluções adoptadas, em geral, são simples e a mais corrente tem correspondido a um pórtico constituído por um tabuleiro monoliticamente ligado a dois montantes que, conforme as condições de apoio e o vão da obra, assentam sobre sapatas ou laje de ensoleiramento geral no caso da PA2.

Lateralmente é necessário sustentar as terras do aterro, pelo que é necessário conceber quatro muros, designados por muros de ala. Se os muros forem colineares com a via principal recebem o nome de muros de avenida, em vez de muros de ala. Na figura que se segue indica-se a nomenclatura habitual das Passagens Inferiores com estrutura em pórtico:

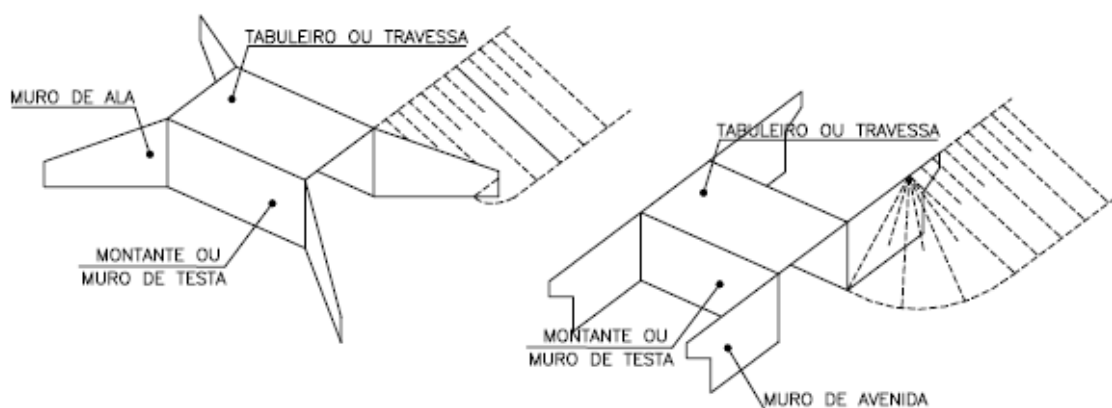


Figura 4: Nomenclatura das Passagens Inferiores em Pórtico



Figura 5: Passagem Inferior em pórtico betonada in situ

Outras soluções correspondem a utilizar tabuleiros apoiados em montantes. Quer os tabuleiros quer os muros podem ser betonados in situ, integralmente pré-fabricados ou ser uma combinação dos dois.



*Figura 6: Passagem Inferior com tabuleiro pré-fabricado*

### **3.1.2 Passagens Superiores**

As Passagens Superiores tratam-se de obras com um desenvolvimento modesto e cujo tabuleiro costuma ser construído numa única fase. É de referir o nó da A5 que é constituído por três Passagens Superiores com um vão considerável e em curva bastante acentuada sobre a Auto-Estrada A5, em que a sua solução construtiva passa por um tabuleiro em estrutura metálica e lajes pré-fabricadas de betão armado de modo a minimizar as interferências com a via de circulação existente e devido a ter raios de curvatura pequenos onde a solução de vigas pré-fabricados não era viável. Este nó tem como função fazer a ligação da Auto-Estrada A5 com a nova Auto-Estrada A16 (IC30).



*Figura 7: Passagem Superior mista sobre a A5*

### 3.1.3 Obras de Arte de Três Vãos Alargadas

#### 3.1.3.1 PI4A

Características principais:

- Passagem Inferior inserida no Nó de Ranholas que pretende restabelecer o final do IC19 com a A16 (IC30);
- A obra a efectuar trata-se de um alargamento do tabuleiro existente;
- Fundações directas;
- Alargamento dos encontros com quatro novos gigantes por encontro;
- Quatro novos pilares monoliticamente ligados ao tabuleiro como os existentes;
- Tabuleiro:
  - O tabuleiro existente era duplo com 35 m de largura, passando agora a ser um único tabuleiro com uma largura total de 35 m + 10,50 m;
  - Comprimento de 54 m;
  - Três vãos (35,50 m de vão máximo);
  - Secção composta por duas Vigas pré-fabricadas em U e pré-lajes superiores.



Figura 8 e 9: Passagem Inferior PI4A

### 3.1.3.2 PI8A

Características principais:

- Passagem Inferior inserida no Nó de Alcoitão;
- A obra a efectuar trata-se de um alargamento do tabuleiro existente;
- Fundações directas;
- Alargamento dos encontros com quatro novos gigantes por encontro;
- Quatro novos pilares monoliticamente ligados ao tabuleiro como os existentes;
- Tabuleiro:
  - Alargamento do tabuleiro em 11,75 m;
  - Três vãos (19,20 m de vão máximo);
  - Secção composta por duas nervuras trapezoidais sem vazamento nos vãos;
  - Betonado in situ e pré-esforçado.



Figura 10 e 11: Passagem Inferior PI8A

### 3.1.4 Obras de Arte com Tabuleiro Duplo Pré-Fabricado

#### 3.1.4.1 PI5

Características principais:

- Passagem Inferior inteiramente nova;

- Fundações directas;
- Encontros com montantes, gigantes e muros ala;
- Tabuleiro:
  - Tabuleiro duplo com 33,50 m de largura (2 x 16,75 m);
  - Um vão com um comprimento de 22 m;
  - Vigas pré-fabricadas em T;
  - Oito vigas por cada tabuleiro.



Figura 12 e 13: Passagem Inferior PI5

### 3.1.4.2 PONTÃO

Características principais:

- Passagem Inferior inteiramente nova;
- Fundações directas;
- Encontros com montantes, gigantes e muros avenida;
- Tabuleiro:
  - Tabuleiro duplo com 33,50 m de largura (2 x 16,75 m);
  - Um vão com um comprimento de 25 m;
  - Vigas pré-fabricadas em U e pré-lajes;
  - Três vigas por tabuleiro.



Figura 14 e 15: Passagem Inferior Pontão

### 3.1.4.3 PI12A

Características principais:

- Passagem Inferior inserida no Nó de Alcabideche;
- Obra inteiramente nova a ser construída ao lado da Passagem Inferior existente, sendo esta demolida;
- Fundações directas;
- Um encontro com gigantes e o outro com gigantes e um muro avenida;
- Apoio central constituídos por dois pórticos com três pilares cada um, ligados monoliticamente às travessas. A ligação das vigas do tabuleiro às travessas dos pórticos é feita através de aparelhos de apoio;
- Tabuleiro:
  - Tabuleiro duplo com 36,20 m de largura total;
  - Dois vãos com 21 m (total de 42 m de comprimento);
  - Vigas pré-fabricadas em T e pré-lajes;
  - Nove vigas no tabuleiro esquerdo e oito no tabuleiro direito.



Figura 16 e 17: Passagem Inferior PI12A

### 3.1.5 Obras de Arte com Estrutura em Quadro

#### 3.1.5.1 PA2

Características principais:

- Passagem Agrícola nova com secção em quadro betonado in situ, a ser usada apenas pelo Estabelecimento Prisional de Sintra;
- Fundações em ensoleiramento geral;
- Travessa superior:
  - 33,50 m de largura;
  - Comprimento de 4 m.

### 3.1.6 Passagens Superiores com Dois Vãos Betonados In Situ

#### 3.1.6.1 PS6

Características principais:

- Passagem Superior inteiramente nova;
- Fundações directas;
- Encontros com quatro gigantes cada;

- Dois pilares centrais monoliticamente ligados ao tabuleiro;
- Tabuleiro:
  - Largura de 11,90 m;
  - Dois vãos com 26 m (52 m de comprimento total);
  - Betonado in situ e pré-esforçado;
  - Secção composta por duas nervuras de secção trapezoidal variável, vazadas nos vãos com diâmetro de 0,60 m.



Figura 18 e 19: Passagem Superior PS6

### 3.1.6.2 PS7

Características principais:

- Passagem Superior inteiramente nova;
- Fundações directas;
- Encontros com montantes, gigantes e muros ala;
- Quatro pilares centrais monoliticamente ligados ao tabuleiro;
- Tabuleiro:
  - Largura de 19,90 m;
  - Dois vãos com 32 m (total de 64 m);
  - Betonado in situ e pré-esforçado;
  - Secção composta por quatro nervuras de secção trapezoidal variável, vazadas nos vãos com diâmetro de 0,70 m.



Figura 20 e 21: Passagem Superior PS7

### 3.1.6.3 PS7A

Características principais:

- Passagem Superior inteiramente nova inserida no Nó do Linhó.
- Parte constituinte de uma rotunda que pretende restabelecer o trânsito entre a nova A16 (IC30) e a EN9.
- Fundações directas;
- Encontros com um montante;
- Dois pilares centrais monoliticamente ligados ao tabuleiro;
- Tabuleiro:
  - Tabuleiro em curva;
  - Largura de 15,10 m;
  - Dois vãos com 25 m (total de 50 m de comprimento);
  - Betonado in situ e pré-esforçado;
  - Secção composta por duas nervuras de secção trapezoidal variável, vazadas nos vãos com diâmetro de 0,80 m.



Figura 22 e 23: Passagem Superior PS7A

#### 3.1.6.4 PS7B

Características principais:

- Passagem Superior inteiramente nova inserida no Nó do Linhó.
- Parte constituinte de uma rotunda que pretende restabelecer o trânsito entre a nova A16 (IC30) e a EN9.
- Fundações directas;
- Um encontro com um montante e o outro com gigantes;
- Dois pilares centrais monoliticamente ligados ao tabuleiro;
- Tabuleiro:
  - Tabuleiro em curva;
  - Largura de 15,10 m;
  - Dois vãos com 25 m (total de 50 m de comprimento);
  - Betonado in situ e pré-esforçado;
  - Secção composta por duas nervuras de secção trapezoidal variável, vazadas nos vãos com diâmetro de 0,80 m.



Figura 24 e 25: Passagem Superior PS7B

### 3.1.6.5 PS12B

Características principais:

- Passagem Superior inteiramente nova junto ao nó da A5;
- Fundações directas;
- Encontros com montantes, gigantes e muros ala;
- Quatro pilares centrais monoliticamente ligados ao tabuleiro;
- Tabuleiro:
  - Tabuleiro com 30,72 m de largura;
  - Comprimento de 50,77 m;
  - Dois vãos em que o vão máximo apresenta 27,94 m;
  - Secção composta por quatro nervuras de secção trapezoidal sem vazamento nos vãos;
  - Betonado in situ e pré-esforçado.



Figura 26 e 27: Passagem Superior PS12B

### 3.1.7 Passagens Inferiores em Pórtico

#### 3.1.7.1 PI8B

Características principais:

- Passagem Inferior inserida no Nó do Centro Comercial que pretende restabelecer o Cascais Shopping com a A16 (IC30);
- A obra a efectuar trata-se de um alargamento do pórtico existente;
- Fundações directas;
- Alargamento dos encontros com novos montantes e muros ala;
- Travessa:
  - Alargamento da travessa em 18 m;
  - Comprimento de 17 m;
  - Betonada in situ.



Figura 28: Passagem Inferior PI8B

#### 3.1.7.2 PI9

Características principais:

- Passagem Inferior totalmente nova construída em duas fases, com total demolição da existente;
- Fundações directas;
- Encontros com montantes e muros ala com gigantes;
- Travessa:

- Travessa 36,50 m de largura;
- Comprimento de 14,40 m;
- Betonada in situ.



*Figura 29: Passagem Inferior PI9*

### **3.1.7.3 PI10**

O projecto inicial contemplava a execução de uma Passagem Inferior totalmente nova e a demolição da existente. Após uma análise cuidada verificou-se a possibilidade de aproveitar parte da estrutura existente, solução que foi executada com ganhos ao nível dos prazos de execução e economia de projecto. Foi necessário fazer um reforço da estrutura existente ao nível do tabuleiro devido as novas cargas provenientes do alargamento das vias.

Em anexo apresentam-se imagens do novo corte transversal do tabuleiro.

Características principais:

- A obra a efectuar trata-se de um alargamento do pórtico existente;
- Fundações directas;
- Alargamento dos encontros com montantes e muros ala;
- Travessa:
  - Largura de 33,50 m;
  - Comprimento de 12,20 m;
  - Betonada in situ.



Figura 30 e 31: Passagem Inferior PI10

#### 3.1.7.4 PI11

Tal como a PI10 a estrutura existente foi mantida. No entanto a rasante de projecto estava elevada cerca de 2 m relativamente ao tabuleiro existente. Desta forma foi proposta uma solução com enchimento/aterro de agregados leves e areia leve com suporte deste através de um muro de gabiões.

Em anexo apresentam-se imagens do novo corte transversal do tabuleiro.

Características principais:

- A obra a efectuar trata-se de um alargamento do pórtico existente;
- Fundações directas;
- Alargamento dos encontros com montantes e muros ala;
- Travessa:
  - Alargamento em 42 m;
  - Comprimento de 12,80 m;
  - Betonada in situ.



Figura 32 e 33: Passagem Inferior PI11

### 3.1.8 Obras de Arte em Estrutura Metálica

#### 3.1.8.1 PS12C

Características principais:

- Passagem Superior com tabuleiro misto (aço/betão) inserida no Nó da A5;
- Pretende ligar a A5 com a nova A16 (IC30);
- Obra inteiramente nova;
- Fundações directas em dois apoios (E2,P2) e indirectas nos restantes (E1/P1) com estacas de diâmetro 1m e comprimento máximo de 15 m;
- Encontros com montantes e gigantes;
- Dois alinhamentos de dois pilares com viga travessa no topo onde apoia o tabuleiro através de aparelhos de apoio;
- Tabuleiro:
  - Largura de 9,90 m;
  - Comprimento de 108 m;
  - Três vãos (44,50 m de vão máximo);
  - Duas longarinas de perfil em I com lajes pré-fabricadas em betão ligadas através de conectores.



Figura 34 e 35: Passagem Superior PS12C

### 3.1.8.2 PS12D

Características principais:

- Passagem Superior com tabuleiro misto (aço/betão) inserida no Nó da A5;
- Pretende ligar a A5 com a nova A16 (IC30);
- Obra inteiramente nova;
- Fundações directas em três apoios (E1,E2,P1) e indirectas no outro (P2) com estacas de diâmetro 1m e comprimento máximo de 15 m;
- Encontros com montantes e gigantes;
- Dois alinhamentos de dois pilares com viga travessa no topo onde apoia o tabuleiro através de aparelhos de apoio;
- Tabuleiro:
  - Largura de 9,90 m;
  - Comprimento de 95 m;
  - Três vãos (33 m de vão máximo);
  - Duas longarinas de perfil em I com lajes pré-fabricadas em betão ligadas através de conectores.



Figura 36 e 37: Passagem Superior PS12D

### 3.1.8.3 PS12E

Características principais:

- Passagem Superior com tabuleiro misto (aço/betão) inserida no Nó da A5;
- Pretende ligar a A5 com a nova A16 (IC30);
- Obra inteiramente nova;
- Fundações directas em quatro apoios (E2,P2,P3,P4) e indirectas nos restantes (E1,P1) com estacas de diâmetro 1m e comprimento máximo de 15 m;
- Um encontro com três gigantes e montante e outro encontro com 3 gigantes apenas;
- Quatro alinhamentos de dois pilares com viga travessa no topo onde apoia o tabuleiro através de aparelhos de apoio;
- Tabuleiro:
  - Largura de 9,90 m;
  - Comprimento de 182,40 m;
  - Cinco vãos (46,40 m de vão máximo);
  - Duas longarinas de perfil em I com lajes pré-fabricadas em betão ligadas através de conectores.



Figura 38 e 39: Passagem Superior PS12E

## **3.2 Obras de Arte Especiais**

Entende-se por Obras de Arte Especiais viadutos ou pontes. Os viadutos, tal como as pontes, são estruturas que visam não interromper o fluxo rodoviário ou ferroviário, mantendo a continuidade da via de comunicação quando esta se depara e tem que transpor um obstáculo natural constituído por uma depressão acentuada do terreno.

Existem duas Obras de Arte Especiais, uma em cada Lote, sendo a do Lote 1 (Viaduto do Molhapão) com o tabuleiro betonado in situ e a do Lote 2 (Viaduto do Telhal) com o tabuleiro construído recorrendo a elementos pré-fabricados.

### **3.2.1 Viaduto do Molhapão**

Este viaduto está localizado num vale onde passa um pequeno curso de água, a Ribeira da Tala.

O tabuleiro, betonado in situ através de cimbra ao solo, tem uma largura total de 42 m e, devido à grande largura da plataforma, está dividido em dois com um afastamento entre tabuleiros de 0,20 m, tendo o tabuleiro esquerdo 22,40 m e o tabuleiro direito 19,40 m. Está dividido em quatro vãos, dois centrais com 35 m e dois extremos com 26 m, perfazendo uma extensão total de 122 m. O tabuleiro apresenta uma geometria curva em planta e com laje nervurada, estando este situado a uma altura de entre 10 a 15 m. Cada tabuleiro é constituído por três nervuras trapezoidais em betão armado pré-esforçado com 1,60 m de altura, nervuras estas vazadas nas zonas dos vãos com tubos de 1 m de diâmetro.

As ligações são monolíticas nos pilares e com aparelhos de apoio unidireccionais nos encontros.

Os pilares com dimensões de 1,90 x 1,00 m, são constituídos por fustes de secção rectangular com uma meia circunferência em cada topo e possuem fundações directas de 5,50 x 4,50 m com 1,50 m de altura.

Os encontros são do tipo perdido constituídos por dez gigantes com 0,50 m de espessura encimadas por vigas de estribo com 2,50 m de base e 1 m de altura.



Figura 40, 41 e 42: Viaduto do Molhapão

### 3.2.2 Viaduto do Telhal

O Viaduto do Telhal está localizado num vale sobre um pequeno curso de água, a Ribeira da Jarda, e sobre a Estrada Municipal 544.

De modo a minimizar as pressões hidrodinâmicas, a geometria da secção transversal dos pilares é circular. O fuste dos pilares é de secção constante de 1,50 m de diâmetro encimados por um capitel. As fundações são directas através de sapatas com 5,00 x 18,50 m e 1,50 m de altura.

A obra é relativamente baixa, entre 12 a 20 m de altura, e apresenta uma curvatura pouco pronunciada. Assim sendo, o tabuleiro, pré-fabricado com geometria e dimensões usuais, é constituído por três vigas em U pré-fabricadas com 1,40 m de altura, constituída por pré-lajes colaborantes com 0,07 m de espessura e 0,30 m de espessura de betão complementar, perfazendo uma

altura total de 1,77 m de tabuleiro. Apresenta uma extensão total de 195 m repartidos por sete vãos, cinco de 30 m, um de 25 m e outro de 20 m, e uma largura de 39 m repartidos por dois tabuleiros com 19,40 m cada e com um afastamento entre eles de 0,20 m devido à grande largura da plataforma.

As vigas pré-fabricadas apoiam monoliticamente nos pilares e através de aparelhos de apoio unidireccionais nos encontros. A sua continuidade é feita através de cabos pós-tensionados situados na laje e através de barras de alta resistência junto ao banzo inferior da viga.

O encontro E1 é do tipo perdido com cerca de 14,20 m de altura média constituída por nove gigantes com 0,50 m de espessura encimados por uma viga estribo com 2,50 m de base e altura mínima de 1 m. As fundações são do tipo directas por sapatas e a contenção do aterro lateral feita por tímpanos encastrados ao espelho e à viga de estribo.

O encontro E2 é do tipo aparente com 12,80 m de altura média constituída por onze gigantes com 0,50 m de espessura, encimados por uma viga de estribo com 2,50 m de base e altura mínima de 1 m. As fundações do encontro são do tipo directas por sapatas com a contenção lateral do aterro feita através do prolongamento em muro avenida.



Figura 43, 44 e 45: Viaduto do Telhal

## 4. MÉTODOS E PROCESSOS CONSTRUTIVOS

Uma obra de grandes dimensões é sempre muito rica tanto em métodos como em processos construtivos.

### 4.1 Pré-Fabricação

#### 4.1.1 Descrição Geral

O ritmo e as exigências cada vez maiores da indústria da construção obrigam ao desenvolvimento e implementação de novas soluções construtivas, que permitam uma maior rapidez de execução e conduzam a uma maior economia, melhorando simultaneamente as condições de segurança dos seus executantes e utilizadores e minimizando os impactos ambientais. A pré-fabricação de estruturas de betão é uma solução que responde, cada vez mais, a estes desafios.



*Figura 46 e 47: Vigas pré-fabricadas em U do Viaduto do Telhal*

Nas fotos pode ser visto que existe uma cantoneira metálica longitudinal a meio vão e um perfil metálico transversal à viga pré-fabricada. As cantoneiras têm

como função a de suportar uma das pré-lajes que, ao ficar mais baixa em relação às outras, permite o acesso ao interior das vigas e acesso às barras de pré-esforço existentes na zona maciça do tabuleiro no topo dos pilares. O perfil metálico transversal tem a função de manter a geometria da secção das zonas previstas para amarração dos cabos necessários para a movimentação da viga do camião para a sua posição final através da grua.



Figura 48 e 49: Vigas em T do tabuleiro da Passagem Inferior PI5



Figura 50 e 51: Lajes pré-fabricadas da Passagem Superior PS12E e pré-lajes do Viaduto do Telhal

#### 4.1.2 Principais vantagens

São inúmeras as vantagens da pré-fabricação em relação à construção in situ, nomeadamente:

- Produção em unidades industriais vocacionadas especificamente para esse fim, com rotinas de produção e pessoal especializado que possibilitam e facilitam um controle de qualidade eficiente ao longo de todo o ciclo produtivo, desde as matérias-primas aos ensaios do produto final;
- Rapidez de execução das estruturas em obra, fruto da capacidade de armazenamento dos produtos em fábrica e dos elevados ritmos de montagem conseguidos com o planeamento e sistematização das operações a realizar em obra. O ritmo de execução de estruturas torna-se ainda menos dependente das condições atmosféricas, sendo por isso mais fácil cumprir prazos e controlar os programas estabelecidos;
- Possibilidade de vencer grandes vãos com elementos autoportantes que melhoram a funcionalidade dos espaços, eliminando pilares e fundações, sem perturbar outras actividades devido à ausência de escoramentos;
- Redução da necessidade de cimbres e andaimes que, pelas grandes dimensões que muitas vezes as estruturas alcançam, implicam um custo muito elevado;
- Potencialização das condições de segurança segundo duas vertentes: segurança estrutural e a segurança de acidentes de trabalho. A segurança estrutural pode traduzir-se na possibilidade de usar ensaios não destrutivos de uma peça. A pré-fabricação permite ensaiar as peças antes da sua aplicação o que permitirá corrigir eventuais defeitos. Redução da probabilidade de acidentes que está directamente relacionada com o número de horas de trabalho em estaleiro, que no caso da pré-fabricação é muito inferior, com o nível de profissionalismo e com a eficácia do equipamento. O uso de equipamento de transporte, elevação e montagem estritamente adequado a par de um menor recurso a equipamento e materiais auxiliares como por exemplo escoramentos e cofragens, são factores determinantes, assim como a mão-de-obra de montagem utilizada geralmente mais qualificada, mais eficiente e com outro tipo de comportamento;

- Reaproveitamento, em fábrica das cofragens, pela grande quantidade de elementos iguais que se fabricam;
- Significativa redução da área de estaleiro;
- Redução da produção de resíduos e ruído em obra e diminuição dos gastos em energia;
- Menor condicionalismo de tráfego;
- Redução dos custos de fiscalização;
- Redução dos custos de manutenção;
- Oferece a oportunidade duma crescente qualidade e eficiência, no processo construtivo, uma vez que a experiência que se vai adquirindo permite aperfeiçoar a segurança das operações, mesmo sendo estas levadas a cabo por pessoas eventualmente menos preparadas e qualificadas;
- Alternativa segura à crescente escassez de mão-de-obra habilitada e experiente em obra.

Pelo exposto anteriormente, conclui-se que a pré-fabricação é competitiva, fornece maior qualidade, maior durabilidade, maior fiabilidade, maior segurança e possibilita uma gestão mais fácil e eficiente tendo como as principais vantagens o prazo de execução das estruturas e o registo de menores condicionantes de tráfego como por exemplo o nó da A5, em que se evitou o uso de cimbres e conseqüente estrangulamento do tráfego da Auto-Estrada.

#### **4.1.3 Principais Desvantagens**

Contudo, a pré-fabricação quando comparada com a produção em obra ainda enfrenta algumas dificuldades que têm vindo a ser consideradas por alguns agentes do sector como grandes entraves mas que devem sobretudo ser encaradas como desafios a ultrapassar. Destacam-se as seguintes:

- Necessidade, na maioria dos casos, de recorrer a elementos de ligação adicionais (p. ex. parafusos, cantoneiras, pré-esforço, conectores);
- Necessidade de grande rigor e controlo nas ligações;
- Maior exactidão no estudo do projecto e pormenorização;

- Maior necessidade de controlo de fabricação;
- Muito rigor nas formas, pormenores e armaduras;
- Necessidade de recorrer quase exclusivamente a mão-de-obra especializada;
- Meios de montagem pesados devido ao peso dos elementos;
- Requer transporte especial devido às dimensões dos elementos a transportar.

#### 4.1.4 Tipo de Ligações

Para as Obras de Arte em causa, a pré-fabricação é usada em vigas T com a laje betonada in situ e em vigas U com a laje do tabuleiro a ser executada com recurso a pré-lajes colaborantes. No caso do Nó da A5, são usadas lajes pré-fabricadas colocadas em cima das longarinas metálicas de perfil I sendo apenas as lajes de fecho (lajes nos encontros) betonadas in situ.

A ligação das lajes pré-fabricadas às longarinas é assegurada através da betonagem in situ de negativos deixados nas lajes com os conectores metálicos existentes que se encontram soldados às longarinas. Nas lajes também são deixados uns dentes com armadura de espera fazendo com que, quando estas se encontram colocadas na sua posição final, sejam armadas e de seguida betonados esses dentes fazendo das lajes pré-fabricadas um único tabuleiro.



*Figura 52 e 53: Lajes pré-fabricadas e ligação à estrutura metálica e entre si*

No caso em que são consideradas pré-lajes colaborantes é fundamental assegurar a ligação eficiente ao corte entre o betão da pré-laje e o colocado in situ. Para esse efeito usou-se o esquema tradicional em treliça que assegura essa ligação.



Figura 54 e 55: Pré-lajes com treliças do Viaduto do Telhal e da Passagem Inferior Pontão

Nos encontros a carlinga é executada in situ perfazendo a ligação entre o tabuleiro e os aparelhos de apoio. Nos pilares a ligação é feita também através da betonagem in situ da carlinga (ligando o tabuleiro aos aparelhos de apoio), quando existe, ou da betonagem de um diafragma que faz uma ligação monolítica entre o tabuleiro e os pilares com recurso a pré-esforço em cabos e em barra.

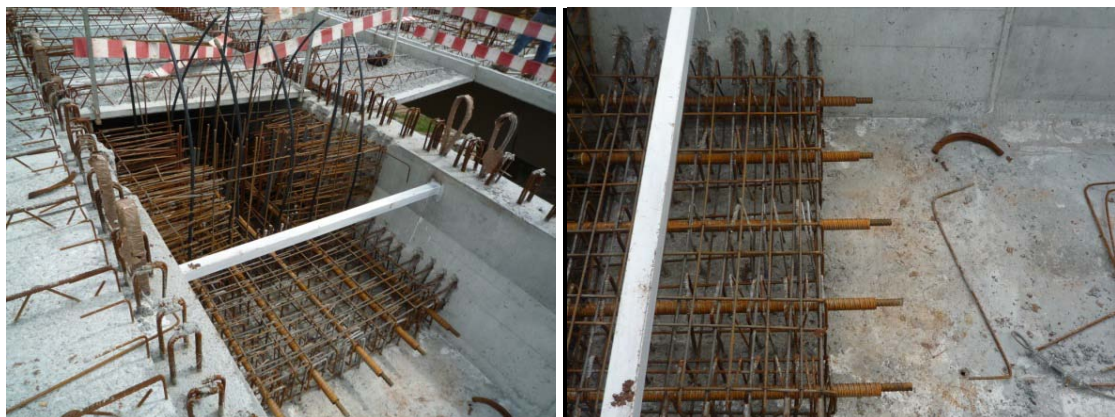


Figura 56 e 57: Diafragma a betonar com pré-esforço em barra

Em anexo apresentam-se algumas imagens do projecto de elementos pré-fabricados.

#### 4.1.5 Colocação dos Pré-fabricados

As especificações de montagem definem as disposições dos apoios, os escoramentos necessários e, onde relevante, as disposições de estabilidade provisórias.

São também aplicadas medidas de execução que assegurem a eficácia e estabilidade dos apoios provisórios. Estas medidas devem minimizar o risco de possíveis danos e de comportamento inadequado.

A montagem dos produtos pré-fabricados deve estar de acordo com os planos e os pormenores dos desenhos de montagem e a sequência de operações do programa de trabalhos.

Durante a instalação são verificadas as posições correctas dos elementos pré-fabricados, a dimensão exacta dos apoios, as condições das juntas e a disposição global da estrutura, devendo ser feito todos os ajustamentos necessários.



Figura 58, 59, 60 e 61: Colocação de vigas pré-fabricadas

#### 4.1.6 Conclusão

A produção numa fábrica possibilita processos de produção mais eficientes e racionais, trabalhadores especializados, repetição de tarefas, controle de qualidade, entre outros. Assim sendo a pré-fabricação pode constituir uma oportunidade para lidar com problemas que vão desde a necessidade de implementar processos de construção mais eficientes e alternativos aos padrões tradicionais da construção até a escassez acentuada de mão-de-obra qualificada e capaz para trabalhar em obra.

#### 4.2 Cimbra ao Solo e Cofragem

O tipo de construção habitual para Passagens Superiores e viadutos rodoviários com vãos até cerca de 35 m e com alturas entre os 10 e os 15 m, executam-se com cimbres apoiados no solo e cofragem tradicional. São estes os elementos que constituem as peças básicas da moldagem dos elementos de betão enquanto o mesmo se encontra fresco em processo de endurecimento. Serve o cimbra para apoiar as cofragens, em termos de fixação e suporte, e as cofragens para receberem o betão e as armaduras, dando-lhe forma e estrutura.



Figura 62 e 63: Cimbra ao solo e cofragem

A montagem desta estrutura é realizada através da leitura de projectos de cofragem, elaborados por uma empresa com experiência na área, que indicam o material a usar, a localização do cimbra e o esquema de montagem dos painéis de cofragem. Toda a estrutura é montada em cima de sulipas (bases de assentamento em madeiras) para aumento da superfície de apoio do cimbra e para garantir uma melhor transmissão de cargas ao terreno que, por sua vez, assentam sobre uma camada de tout-venant compactada e colocada sobre o solo compactado, que serve de regularização do terreno. Nos casos onde existem taludes entre as torres de cimbra, faz-se um pórtico com perfis metálicos que servem de apoio aos pés do cimbra. Os perfis são apoiados por cimbra ao solo numa das extremidades para os elevar à mesma cota em ambas as extremidades e na outra são apoiados num lintel em betão armado.

Estas estruturas porticadas servem também para realizar passagens de obra.

Em anexo são apresentados desenhos típicos de projectos de cofragem de tabuleiros apenas com cimbra ao solo e de tabuleiros com estruturas porticadas para passagens de obra e para vencer taludes.



*Figura 64, 65 e 66: Lintel em betão armado e sulipas*



*Figura 67 e 68: Estrutura porticada para passagem de obra na PS7 e para vencer taludes no Viaduto do Molhapão*

Os painéis de cofragem são pré-montados no solo, junto ao tabuleiro, e em seguida colocados no cimbrio por grua móvel fazendo-se depois os fechos dos painéis.



*Figura 69 e 70: Painéis de cofragem pré-montados e fecho de painéis*

À cofragem são presos fios-de-prumo com um varão de pequeno comprimento preso na ponta. Estes varões são chamados de testemunhos e têm como finalidade um controlo da deformação da cofragem durante a fase de betonagem de modo a verificar a segurança de toda a operação e da montagem do cimbrio e da cofragem.



Figura 71 e 72: Testemunhos

A descofragem e o descimbramento são actividades efectuadas apenas depois da aplicação de pré-esforço. Para o descimbramento, a cofragem é fixa ao tabuleiro com varões de aço roscados que o atravessam através de negativos podendo então fazer-se a remoção do cimbra sem risco de queda da cofragem. Para se efectuar a descofragem, aos varões são amarrados cabos fixos a uma grua que faz descer a cofragem.



Figura 73 e 74: Varões de aço roscados



Figura 75 e 76: Descofragem com recurso a grua

### 4.3 Betonagem

A betonagem parece ser, à primeira vista, uma operação bastante simples mas, na verdade, pode vir a tornar-se bastante complexa.

Os betões aplicados apresentam as características especificadas no projecto e é usado betão pronto produzido no exterior, por uma central devidamente certificada, e transportado para a obra por camiões betoneira.

Ao betão são efectuados ensaios para garantir a sua qualidade e cumprimento das especificações definidas em projecto.

A colocação do betão é feita directamente quando existe essa possibilidade ou com o auxílio da grua e balde. Quando o elemento a betonar tem condições de acesso difíceis ou grandes quantidades que impliquem ritmos de betonagem elevados, recorre-se a utilização da auto-bomba.



Figura 77, 78, 79 e 80: Betonagem com recurso a balde e auto-bomba

As equipas encarregues das betonagens são constituídas por pessoal devidamente habilitado para o efeito, nomeadamente nas operações de vibração do betão. Especialmente nas zonas onde existe grande densidade de armaduras, junto aos encontros e aos pilares, o betão tem de ser bem vibrado para não serem deixados vazios.



Figura 81 e 82: Betonagem e vibração do betão

## 4.4 Verificação das Características de Desempenho do Betão

### 4.4.1 Descrição Geral

O betão, como material estrutural resistente à compressão, tem de respeitar certos parâmetros para ser aceite em obra e posteriormente aplicado e, aquando da entrada em funcionamento, tem de ter a capacidade resistente pretendida para suportar os esforços a que a estrutura estará sujeita.

Como tal, para a verificação da conformidade do betão e da sua capacidade resistente são executados dois ensaios, o Ensaio de Abaixamento e o ensaio de Avaliação da Resistência à Compressão.

Para esta obra foi usado betão do tipo C30/37 em praticamente todos os elementos estruturais das Obras de Arte e C40/50 nos tabuleiros do Molhapão e do Telhal.

#### 4.4.2 Ensaio de Abaixamento

Este ensaio, também conhecido com Ensaio de Abaixamento no Cone de Abrams, possui a grande virtude de ser realizável praticamente em qualquer sítio, uma vez que não necessita de grandes meios físicos. É realizado em todas as amostras de betão retiradas de todos os camiões de betão.

O betão ainda fresco é colocado em três camadas apiloadas com 25 pancadas e com regularização superficial da 3ª camada no interior de um molde com a forma tronco cónica e quando o cone é removido, subindo-o, o abaixamento do betão estabelece a medida da sua consistência.



Figura 83: Execução do Ensaio de Abaixamento ou Slump

O ensaio só é válido no caso de se verificar um abaixamento no qual o betão permaneça substancialmente intacto e simétrico. Se o provete se deformar deve colher-se outra amostra e repetir o procedimento. Se em dois ensaios consecutivos se verificar deformação de uma porção de betão da massa do provete, o betão não apresenta a plasticidade e coesão adequadas a este ensaio.

De acordo como valor do abaixamento, medido em cm, assim se pode classificar o betão quanto à sua trabalhabilidade:

- Plástico 6-10 cm;
- Muito Plástico 10-18 cm;
- Fluído > 18 cm.

Betões que apresentem um abaixamento inferior a 8 cm (betões pouco plásticos) não são bons para transporte por bombagem, enquanto que betões

com abaixamento superior a 18 cm (demasiado fluidos) apresentam risco de segregação.

#### 4.4.3 Ensaio de Avaliação da Resistência à Compressão

O ensaio de compressão permite a quantificação da tensão de rotura em compressão de provetes de betão endurecido.

São retiradas amostras dos carros de betão que chegam à obra de onde se fazem séries de três provetes cúbicos (dimensões 20 x 20 cm), ou quatro no caso de vir a existir aplicação de pré-esforço. Os provetes são depois testados numa prensa onde lhes é aplicada uma força axial de compressão até à sua rotura, testes estes realizados, normalmente, aos 7 e aos 28 dias e no caso da existência de pré-esforço também aos 5 dias. Apenas é aplicado o pré-esforço quando a média da tensão de rotura dos provetes for superior à resistência exigida ao betão para aplicação do pré-esforço.



Figura 84 e 85: Provetes para Ensaio de Resistência à Compressão

#### 4.5 Armaduras Ordinárias

As armaduras usadas são do tipo A500 NR (N - laminado a quente; R – superfície rugosa) de várias dimensões. Estas são moldadas no estaleiro com meios mecânicos de moldagem e posteriormente transportadas e colocadas

nos locais de aplicação com o auxílio dos meios de elevação existentes na obra.

De modo a garantir a correcta geometria das armaduras são elaboradas folhas de preparação que permitem garantir um racional aproveitamento dos varões com a consequente diminuição dos desperdícios.

As espessuras de recobrimento prevista no projecto serão garantidas através da colocação de espaçadores pré-fabricados.



*Figura 86 e 87: Armadura de um tabuleiro com vazamento a meio vão e espaçadores pré-fabricados*

## 4.6 Pré-esforço

### 4.6.1 Descrição Geral

O pré-esforço consiste na aplicação de uma força de compressão a uma peça de betão armado, com os objectivos principais de controlar deformações e fendilhações criadas pelas acções a que a peça está sujeita, diminuindo as tensões de tracção instaladas quando esta se encontra em funcionamento.

Este efeito de compressão das secções transversais da peça é obtido à custa da utilização de cabos de aço de alta resistência ancorado a uma das extremidades da peça e tensionado na outra.

Pode-se dividir o pré-esforço em duas categorias, em função do tipo de tecnologia empregue, nomeadamente:

- Pré-Esforço por pré-tensão;
- Pré-Esforço por pós-tensão.



Figura 88 e 89: Cabos de pré-esforço e cunhas

#### 4.6.2 Pré-esforço por Pré-tensão

Neste tipo de pré-esforço, o cabo ou armadura de pré-esforço é tensionada antes da betonagem da peça. Após o endurecimento do betão, o cabo ou armadura é solto sendo a força de compressão transmitida ao betão de forma contínua ao longo de todo o comprimento da peça. Este tipo de pré-esforço é normalmente utilizado em pré-fabricação como foi o caso das vigas do Viaduto do Telhal.



Figura 90: Cabos de pré-esforço por pré-tensão em vigas pré-fabricadas

### 4.6.3 Pré-esforço por Pós-tensão

Neste tipo de pré-esforço, o cabo de pré-esforço é tensionado após o endurecimento do betão. O cabo é colocado dentro de uma bainha metálica, destinada a protegê-lo da corrosão, evitar o seu deslocamento na aplicação da tensão e a posicioná-lo na peça.

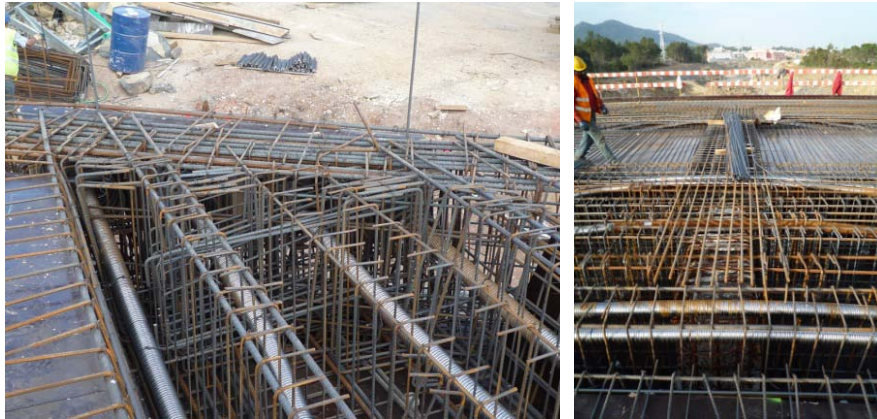


Figura 91 e 92: Bainhas de pré-esforço junto aos encontros e pilares

### 4.6.4 Aplicação/Execução do Pré-esforço em Pós-tensão

Os cabos do pré-esforço são colocados dentro de uma bainha metálica, destinada a protegê-lo da corrosão, que é betonada em conjunto com a armadura ordinária da viga. Os cabos são colocados um a um com a ajuda de uma máquina que os empurra para dentro da bainha até chegarem à outra extremidade.



Figura 93 e 94: Máquina e cabos de pré-esforço

Em seguida procede-se à colocação da ancoragem passiva na extremidade da peça a pré-esforçar e por fim, após a montagem do macaco hidráulico, dá-se início ao processo de esticamento. Como em alguns casos estamos a lidar com grandes distâncias entre pontos de aplicação de pré-esforço e tabuleiros em curva, ambas as ancoragens são activas para aplicação do pré-esforço em ambos os lados do tabuleiro.



*Figura 95 e 96: Aplicação de pré-esforço*

Durante o processo de esticamento é necessário medir o alongamento do cabo, de modo a conferir se este está de acordo com o alongamento teórico calculado em projecto referente às perdas instantâneas (reentrada das cunhas, atrito cabo-bainha e deformação elástica do betão). Após o esticamento, a bainha é preenchida com calda de cimento de forma a tornar o cabo aderente a esta.

A aplicação do pré-esforço a uma estrutura é efectuada progressivamente (por conjunto de cabos) e só é feita quando a resistência do betão for superior ou igual à resistência mínima exigida pelo projecto de aplicação de pré-esforço. É portanto de especial importância dispor-se de adequada resistência do betão nas zonas de ancoragem.

As operações de aplicação do pré-esforço são efectuadas de acordo com um programa acordado e aprovado previamente e específica:

- O sistema de pré-esforço a ser utilizado;
- O tipo e classe do aço de pré-esforço;

- O número de varões, fios ou cordões em cada cabo;
- A resistência exigida ao betão para a aplicação do pré-esforço;
- A ordem segundo a qual as sucessivas armaduras têm de ser tensionadas e quaisquer requisitos para a aplicação do pré-esforço por fases;
- Os valores calculados da força no macaco e alongamento das armaduras.

É também de referir que no caso dos viadutos, onde estamos a lidar com comprimentos de tabuleiro consideráveis, existe o pré-esforço de ligação entre tramos (apresenta o comprimento de uma junta de betonagem à outra) e o pré-esforço de continuidade que liga todo o tabuleiro. Este pré-esforço de continuidade é feito através da colocação de acopladores nas juntas de betonagem onde é feita a ligação entre os cabos de pré-esforço do tramo anterior e o do novo tramo, que assegurarão a continuidade do pré-esforço de um encontro ao outro.



*Figura 97 e 98: Cabeça de ancoragem selada do pré-esforço de continuidade e acopladores*

Em anexo apresentam-se imagens de um projecto de pré-esforço.

## 4.7 Estruturas Mistas

Designa-se por estrutura mista uma estrutura onde os elementos estruturais (lajes, vigas, pilares e ligações) são constituídos por secções de diferentes materiais.

Nesta obra existem estruturas mistas aço-betão. O comportamento global dos elementos estruturais mistos depende fundamentalmente do comportamento da interface aço-betão aos fluxos de corte instalados. A resistência ao corte, ao longo das superfícies de contacto aço-betão, é normalmente obtida por atrito ou por processos mecânicos, dos quais se destaca a utilização de conectores metálicos, como foi dito anteriormente no capítulo da pré-fabricação.



*Figura 99, 100 e 101: Conectores metálicos nas longarinas e lajes pré-fabricadas*

Comparativamente às estruturas de betão, a simples comparação dos dois sistemas construtivos não é justa, pois dependendo do tipo de construção (Obras de Arte ou Edificações), a sua dimensão e método construtivo, podem

existir maiores vantagens no uso de um sistema construtivo em relação ao outro. É importante tirar proveito do melhor de cada um dos sistemas, sendo por vezes as soluções mistas as mais proveitosas, uma vez que cada material é adequadamente utilizado num trabalho conjunto.

A tendência na área de construção é de aumentar a utilização das estruturas metálicas.

Com o aparecimento de maiores fábricas e de projectos mais sofisticados, aliados a uma maior experiência de construção, a quantidade de estruturas metálicas para grandes obras tem aumentado.

As estruturas mistas apresentam, em relação às estruturas de betão, vantagens como:

- Leveza estrutural;
- Menor transmissão de cargas às fundações;
- Melhores relações custo/tempo;
- Execução em fábrica, apenas montagem em obra;
- Não existe necessidade de cofragem;
- Diminuição de patologias ao longo do tempo;
- Maiores vãos;

A principal e grande desvantagem é o custo que estas podem apresentar e a mão-de-obra especializada necessária para satisfazer as exigências de ligação entre os perfis metálicos.

Como já foi referido anteriormente no capítulo das Passagens Superiores, neste caso, em particular, as estruturas metálicas foram adoptadas de maneira a minimizar as interferências com uma via de circulação importante, Auto-Estrada A5, assim como corresponder às exigências de projecto com raios de curvatura acentuados e inclinações transversais significativas.



Figura 102 e 103: Perfil transversal e longitudinal da Passagem Superior PS12E

## 4.8 Aparelhos de Apoio

### 4.8.1 Descrição Geral

Existem empresas especializadas no fabrico de aparelhos de apoio e que os fabricam com boa qualidade. As gamas de fabrico cobrem a maioria das necessidades dos projectos, de modo que o projectista não tem necessidade de os projectar como fazia antigamente. No projecto apenas são especificadas as exigências a satisfazer para estes equipamentos, ficando a cargo das referidas empresas, o respectivo projecto e fabrico.

Os aparelhos de apoio devem ser concebidos e instalados de forma a que seja possível a sua substituição. São portanto colocados nos encontros e no topo dos pilares ou da viga travessa destes quando a sua ligação ao tabuleiro não é monolítica. O objectivo principal dos aparelhos de apoio é o de permitir movimentos a fim de libertar ou reduzir esforços.



Figura 104, 105 e 106: Aparelhos de apoio e pernos de ligação ao tabuleiro

#### 4.8.2 Montagem dos Aparelhos de Apoio

Os aparelhos de apoio aplicados nas Obras de Arte são aparelhos do tipo Pot-bearing e de blocos de neoprene cintado. Estes são chumbados aos encontros, pilares e tabuleiro através de pernos metálicos.

São colocados na viga estribo dos encontros e na viga travessa dos pilares e posteriormente selados nos pernos de ancoragem em furos previamente executados com recurso a uma carotadora. Aquando da betonagem do tabuleiro, os pernos superiores ficam naturalmente embutidos no betão garantindo a ligação final ao tabuleiro.



Figura 107 e 108: Carotadora

## 4.9 Juntas de Dilatação

### 4.9.1 Descrição Geral

Conforme o nome indica, as juntas de dilatação destinam-se a acomodar os movimentos provenientes das variações de temperatura, efeitos diferidos e outros deslocamentos a que estrutura está sujeita, servindo como elemento de transição entre tabuleiro e encontros ou entre dois tabuleiros contíguos.

Estão sujeitas a um conjunto de acções severas, como é o caso da passagem dos rodados dos veículos e são sempre pontos bastante vulneráveis. Por isso, deve reduzir-se o número de juntas ao mínimo necessário.

Os principais requisitos a satisfazer pelas juntas de dilatação são:

- Capacidade de absorção dos movimentos previstos;
- Capacidade de suporte das cargas rolantes;
- Conforto e segurança do automobilista;
- Facilidade de substituição;
- Estanquicidade;
- Baixo ruído (especialmente em obras urbanas).

A estanquicidade é importante já que as infiltrações não controladas de água são uma das principais causas de deterioração das estruturas. Quando a junta não é estanque, como é por exemplo o caso das juntas de dentes metálicos ou

nas juntas entre os módulos de neoprene cintado, devem existir elementos que garantam a recolha e encaminhamento das águas pluviais.

À semelhança dos aparelhos de apoio, existem empresas que se especializaram no fabrico destes equipamentos, pelo que o projectista apenas indica no seu projecto os requisitos a satisfazer, nomeadamente deslocamentos a comportar.

As juntas na zona dos passeios, embora tenham de absorver os mesmos deslocamentos que a junta na faixa de rodagem, não necessitam de ter a mesma constituição, já que estão sujeitas a acções de menor intensidade. Podem ser constituídas por perfis de neoprene ou por chapas em aço galvanizado justapostas e devidamente pormenorizadas

As juntas de dilatação podem ser metálicas ou de neoprene armado, sendo as de neoprene as usadas em toda a obra.



Figura 109, 110 e 111: Juntas de dilatação de neoprene armado

#### 4.9.2 Execução/Tipo de Junta de Dilatação Aplicada

Um elastómetro não é mais do que borracha sintética em que a sua principal característica é a sua grande deformabilidade e elasticidade. Alguns elastómeros podem atingir deformações de 1000% sem rotura e recuperar a forma original.

Dos vários elastómetros existentes no mercado, o usual para a utilização em juntas de dilatação e aparelhos de apoio é o neoprene.

A colocação no pavimento do neoprene faz-se através da fixação de chumbadouros no pavimento, onde são montados os módulos de neoprene, e posteriormente selados. Os chumbadouros são colocados no pavimento do encontro e outros no pavimento do tabuleiro.



*Figura 112 e 113: Chumbadouros e junta de dilatação*

Em anexo apresentam-se desenhos de pormenor do neoprene armado.

## **5. MÉTODOS CONSTRUTIVOS ALTERNATIVOS**

O processo construtivo influencia de uma forma crucial a concepção de uma ponte ou viaduto e o seu estudo deve ser efectuado logo nas primeiras fases de projecto. A escolha do método decorre de um processo de análise, que é condicionado pelas condições locais, pelo custo das diversas soluções possíveis, pela segurança durante a construção da obra, pelos prazos de execução e pela capacidade técnica do empreiteiro.

Uma vez que a obra em causa é constituída essencialmente por Passagens Superiores e Inferiores, existindo apenas dois viadutos, apenas nestes se poderia optar por métodos construtivos alternativos aos usados, cimbres ao solo e pré-fabricação, visto que não se justificaria a aplicação de outros métodos nas Passagens Superiores e Inferiores.

São descritos neste capítulo três métodos alternativos aos usados nos viadutos, cimbres ao solo e pré-fabricação, que melhor ou pior se poderiam aplicar à construção destes.

### **5.1 Construção por Lançamento Incremental**

#### **5.1.1 Descrição Geral**

Embora pouco utilizado em Portugal, já tem sido adoptado com alguma frequência noutros países. O método consiste na construção do tabuleiro por troços sucessivos numa área de um dos encontros, orientada segundo o eixo da obra, sendo depois colocado na sua posição definitiva através de uma translação longitudinal.

O tabuleiro é betonado em cofragens fixas situadas atrás dos encontros, sendo cada elemento betonado contra o anterior e com comprimentos de modo que as juntas se localizem em pontos onde, na posição final do tabuleiro, os

momentos sejam pequenos ou nulos. Após a solidarização dos elementos, o tabuleiro é deslocado por deslizamento sobre os pilares e encontros através de macacos hidráulicos fixos a um dos apoios. Quando o tabuleiro se encontra na posição final, é aplicado o pré-esforço final.

Este é um método apenas possível de ser usado em obras com altura de tabuleiro constante e de perfil longitudinal recto ou de curvatura horizontal e vertical constante. Podem também ser efectuadas em obras com fraca curvatura no plano, aplicando deslocamentos laterais aquando do deslocamento segundo o eixo do tabuleiro.

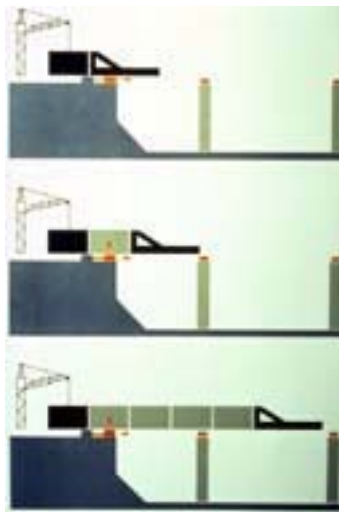


Figura 114: Construção por lançamento incremental

### 5.1.2 Principais Vantagens do Método

- Toda a área sob o tabuleiro fica livre devido à ausência de cimbrês e cofragens, não havendo o risco de quedas de peças ou materiais;
- Quase toda a actividade de construção do tabuleiro está concentrada numa área de fácil acesso que pode ser coberta protegendo os trabalhadores das condições climáticas desfavoráveis e garantindo qualidade de fabrico;
- Rapidez de construção;
- Eliminação dos custos de transporte associados aos sistemas de pré-fabricação;

- Possibilidade de diminuição do prazo de execução no utilizando duas frentes de fabrico.

### **5.1.3 Principais Desvantagens do Método**

- O perfil longitudinal e a geometria do traçado são condicionantes ao processo construtivo;
- Secção da superstrutura tem de ser constante, logo é pouco económico para grandes vãos;
- Necessidade de dispor de uma área atrás de um dos encontros, ou até de ambos, igual ou superior ao vão de um tramo;
- Requer bastante capacidade técnica para a operação de deslocamento do tabuleiro;
- Necessidade de tratamento do terreno de apoio da cofragem para evitar imperfeições geométricas;

## **5.2 Construção por Vigas de Lançamento**

### **5.2.1 Descrição Geral**

Este método é dos mais utilizados em Portugal. Para a construção de pontes e viadutos por este método, utiliza-se uma viga de lançamento metálica autoportante apoiada sobre os apoios definitivos da obra e sobre uma parte do tabuleiro já construído deslocando-se de um tramo para o tramo seguinte de forma autónoma. Normalmente utilizado para comprimentos de vão entre os 30 e os 50 m.

Este procedimento permite vencer vales extensos, rios e desnivelamentos urbanos, sem a necessidade de utilizar escoramento ao solo, sendo assim independente das condicionantes impostas pela zona de atravessamento e mantendo livre, em parte ou na totalidade, a área inferior ao tabuleiro.

As vigas de lançamento são constituídas por uma viga longitudinal e por uma plataforma auxiliar que suporta as cofragens ou os elementos pré-fabricados. As vigas de lançamento podem ser classificadas como vigas de lançamento superior ou inferior, conforme a viga portante se situe por cima ou por baixo da plataforma auxiliar, ou mistas utilizando ao mesmo tempo vigas portantes superiores e inferiores. As vigas portantes podem ser de alma cheia ou treliçadas, sendo em qualquer dos casos construídas de modo a serem facilmente montadas e desmontadas para possíveis reutilizações. Existem ainda vigas de lançamento cuja função é apenas de suspender e posicionar peças pré-fabricadas sendo neste caso designadas por vigas de montagem.

A aplicação deste processo demonstra-se vantajosa em obras de eixo rectilíneo ou com pequena curvatura, de grande comprimento e, normalmente, de secção constante. É utilizado com frequência em pontes com vãos entre os 30 e 55 m, estando o vão óptimo entre os 40 e 50 m. Sendo todo o equipamento independente do solo, o tempo de execução e o custo do tabuleiro não depende da altura da obra, pois o acesso à frente de trabalho é efectuado pelo tabuleiro já construído, tanto para pessoas como materiais.

### **5.2.2 Vigas de Lançamento Superior**

Neste tipo de viga de lançamento a viga encontra-se completamente acima do tabuleiro. Geralmente a viga apoia-se sobre a parte do tabuleiro já construída e sobre os pilares na parte da frente. Na fase de betonagem, a cofragem é suspensa da viga portante utilizando tirantes.

A viga de lançamento é, normalmente, efectuada numa plataforma atrás do encontro de partida de onde é lançada para a construção do primeiro tramo. Se não existir esse espaço atrás do encontro, as operações de montagem tornam-se muito mais complexas, sendo necessário recorrer a escoramentos ao solo para a montagem da viga sobre o primeiro vão. As vantagens deste tipo de vigas de lançamento são diversas, destacando-se a maior independência da forma do tabuleiro e dos pilares em relação ao processo construtivo, a possibilidade de executar a viga com a altura óptima e de usar um dispositivo

de abastecimento, por exemplo de betão, suspenso da viga, e sendo a plataforma de montagem à cota do fundo do tabuleiro, não há necessidade de efectuar escavações ou aterros. As desvantagens são basicamente duas, a obstrução do plano de trabalho por elementos de suspensão e a necessidade de estes elementos atravessarem o tabuleiro, obrigando à sua desmontagem aquando do lançamento da viga.

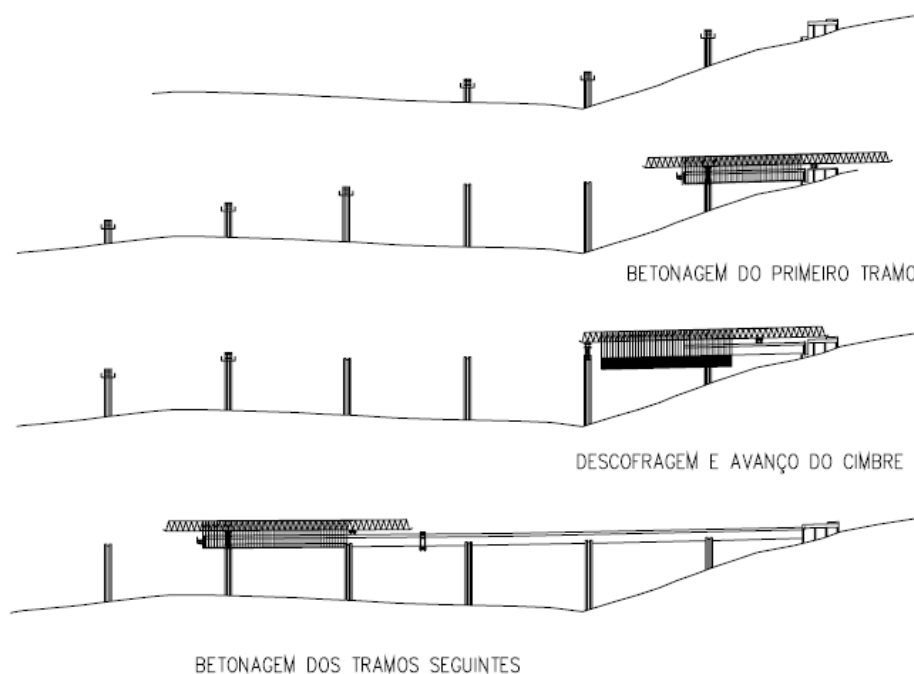


Figura 115: Construção por vigas de lançamento superior

### 5.2.3 Vigas de Lançamento Inferior

Neste tipo de vigas o equipamento encontra-se sob o tabuleiro e a viga suporta directamente a cofragem. Por vezes, existem várias vigas, por exemplo uma central e duas laterais sendo o comprimento das laterais sensivelmente iguais ao do tramo em construção e o da central aproximadamente o dobro. A função das vigas laterais é o suporte da cofragem enquanto a função da viga central é o lançamento do conjunto de um tramo para o outro.

As vantagens deste tipo de vigas são a facilidade de acesso ao plano de trabalho e a inexistência de elementos de suspensão. As desvantagens devem-se às dificuldades no avanço das vigas de lançamento, à necessidade de

utilização de dispositivos especiais fixos aos pilares para suporte das vigas, às dificuldades associadas à construção das vigas carlingas e de realizar obras curvas.

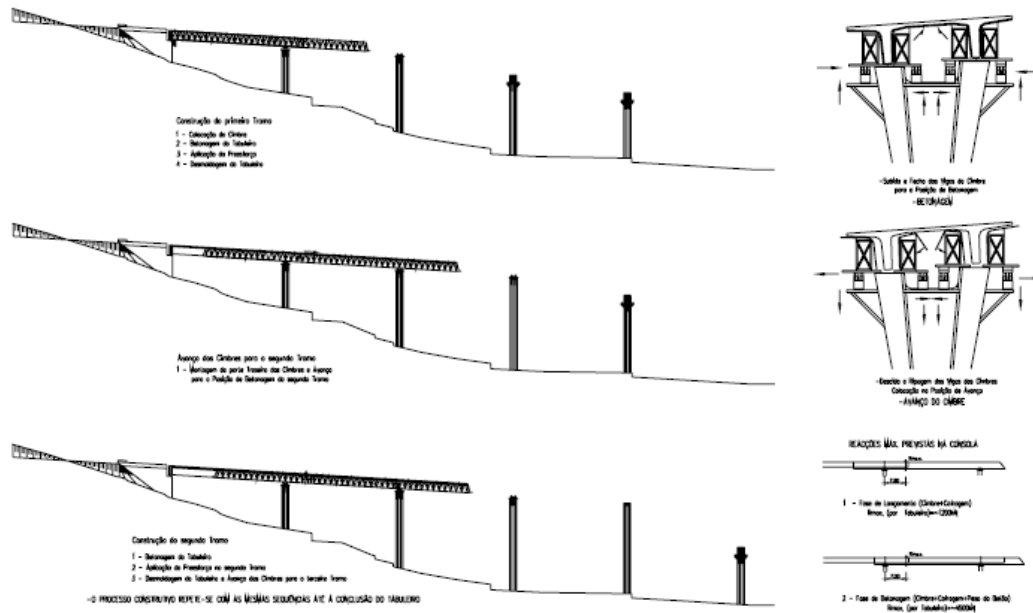


Figura 116: Construção por vigas de lançamento inferior

#### 5.2.4 Principais Vantagens do Uso de Vigas de Lançamento

- Rapidez de construção: a construção de um vão demora cerca de uma semana, podendo mesmo ser possível a construção de cada vão em cerca de 5 dias, se forem utilizados elementos pré-fabricados;
- Facilidade de construção do tabuleiro, devido à facilidade de acesso à frente de trabalho, sobretudo no caso de vigas de lançamento inferior;
- Facilidade na sistematização das operações;
- Independência do trabalho em relação ao solo, que proporciona a não interrupção dos trabalhos devido a cheias, tráfego, etc.;
- Segurança dos operários, pois estes possuem uma superfície relativamente grande para trabalhar.

### **5.2.5 Principais Desvantagens do Uso de Vigas de Lançamento**

- Avultado investimento necessário para a aquisição, transporte e operações de montagem/desmontagem da viga de lançamento;
- Estruturas bastante pesadas uma vez que têm de vencer vãos consideráveis suportando o seu peso e o peso do betão de um tramo da obra;
- A amortização destes equipamentos só é possível em viadutos de grande comprimento ou através da reutilização em diversas obras.

### **5.2.6 Conclusão**

Pode-se concluir que este método é bastante vantajoso na construção de Obras de Arte de grandes vãos, extensão e de grandes alturas sendo a principal aposta na grande redução de tempo necessário à construção de um tramo e da obra em geral. Peca no entanto pelo avultado investimento necessário sendo assim necessário que se tenha outras obras em vista à utilização das vigas e que sejam obras de que longitudinalmente apresentem grandes extensões.

## **5.3 Construção por Avanços Sucessivos**

Neste método a construção do tabuleiro é efectuada a partir dos seus apoios, através de aduelas construídas em consola. Cada aduela é ligada à antecedente, devendo a consola de comprimento crescente assim formada possuir a resistência suficiente para ser autoportante e servir de apoio às aduelas seguintes. Sendo assim, tem de suportar o peso próprio das aduelas a construir, das cofragens e do equipamento necessário à construção de cada uma delas. A união das diversas consolas é realizada pela aduela de fecho, após cuja construção é aplicado o pré-esforço denominado de continuidade. A utilização do pré-esforço é essencial na utilização deste método construtivo,

tanto na fase construtiva como em serviço melhorando o comportamento a longo prazo.

Normalmente, a construção é efectuada utilizando aduelas, pré-fabricadas ou betonadas in situ, de um modo simétrico, a partir dos pilares da obra, de modo a evitar a introdução de esforços de flexão nos pilares e fundações.

Este processo de construção é normalmente utilizado para vãos entre os 50 e os 150 m, estando os vãos mais utilizados compreendidos entre os 70 e os 90 m. Para vãos inferiores a 50 m, este método começa a perder interesse face aos dois anteriores e para vãos superiores a 60 m é, normalmente, a solução mais viável.

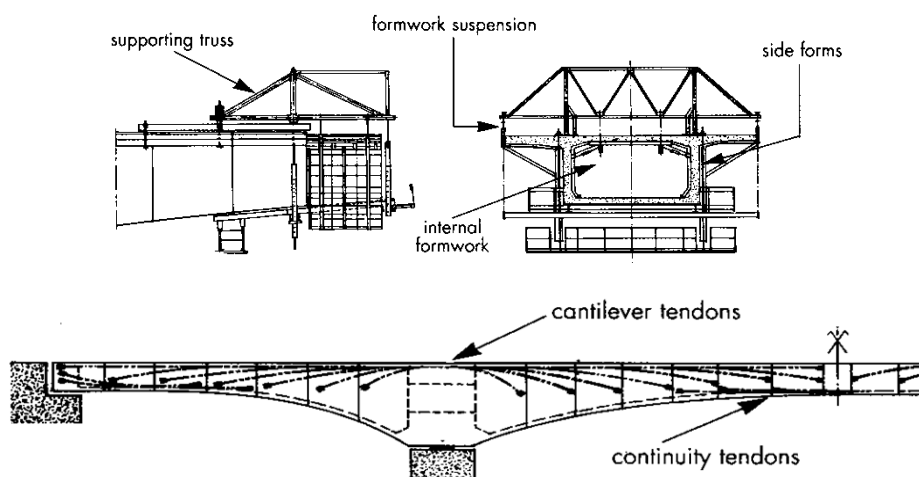


Figura 117, 118 e 119: Esquema de aplicação de cofragem e respectivos pontos de apoio e sistema de aplicação de pré-esforço

### 5.3.1 Principais Vantagens do Método

- Ausência de cimbrês e escoramento libertando todo o espaço debaixo da ponte;
- Método bastante útil em obras com pilares altos e atravessando vales largos e profundos e sobre rios com correntes fortes e variáveis onde o escoramento pode ser perigoso;
- Utilização de poucas cofragens e o seu aproveitamento ao longo de toda a obra;

- Bom rendimento de mão-de-obra devido à mecanização do processo e possibilidade de acelerar o processo utilizando diversas frentes de trabalho.

### **5.3.2 Principais Desvantagens do Método**

- Grande capacidade técnica exigida ao empreiteiro responsável pela obra;
- A meticulosidade da operação de avanço da cofragem e o rigor exigido no controlo geométrico da obra são dois bons exemplos da necessidade de um elevado nível de preparação.

## **5.4 Conclusão**

Como se pode constatar, para além das características do solo, a altura e a extensão do viaduto são os dois factores que mais justificam a razão pela qual se opta por um método construtivo.

O método de Construção por Avanços Sucessivos é um método mais aplicado à construção de Pontes com grandes vãos e alturas e que obviamente não se enquadra na construção dos Viadutos em questão.

Pode ser então concluído que no caso do Viaduto do Molhapão, em que a construção se efectua por cimbres ao solo, é usado o método construtivo mais adequado em termos de tempo, preço, extensão e altura.

Para o Viaduto do Telhal, este já apresenta uma altura em que a utilização de cimbres ao solo começa já a não ser o método mais adequado. Embora dos métodos construtivos aqui descritos o que mais se adequaria seria o das vigas de lançamento inferior, devido às características do tabuleiro, ao facto de não existirem vigas travessa nos pilares nem carlingas no tabuleiro e também para permitir uma libertação do tabuleiro de materiais, também este seria um

método bastante dispendioso e, estando a falar de um viaduto com sete tramos, ainda não se justificaria a sua utilização. Assim sendo, a utilização de pré-fabricados é de facto a solução mais económica e, em termos de tempo, é também bastante rentável.

Em suma, os métodos construtivos utilizados na concepção das estruturas são os mais adequados, tendo em conta as características das estruturas, em termos monetários, tempo, recursos e rendimentos.

## **6. PROBLEMAS CONSTRUTIVOS OCORRIDOS**

Uma Obra de grandes dimensões como uma via de comunicação requer uma grande articulação das especializações que abrange a Engenharia Civil. Não é portanto de admirar que o projecto inicial sofra alterações mesmo antes de se iniciar a obra e que ainda assim, durante a sua fase construtiva, ocorram erros de interpretação que, e também por meras simplificações construtivas, levem a novas alterações ao projecto.

Uma vez que o Estágio se foca na construção de Obras de Arte, será descrito neste capítulo alguns dos problemas ocorridos durante a fase construtiva destas que não levaram a modificação do projecto mas que constituíram um atraso, embora não significativo, na concepção das estruturas.

### **6.1 Problemas Construtivos Gerais das Obras de Arte**

Um dos problemas que ocorrem frequentemente, não só nesta como em todas as obras, diz respeito às juntas de betonagem. Estas são previstas quando estamos a lidar com viadutos extensos que não podem ser betonados numa única fase e portanto, de modo a minimizar a sua influência, estas são tratadas para que, aquando da betonagem do tramo seguinte, se possa fazer a melhor ligação possível entre os tramos. Por outro lado, existem pequenas juntas que se formam devido ao tempo de betonagem e quantidades de betão necessários para tabuleiros betonados numa única fase. As juntas são formadas quando existe paragem imprevista da colocação de betão. Estas paragens devem-se principalmente ao atraso da chegada de betão à obra, provocadas por avaria da central ou das auto-bombas quando não existem meios de reserva.



Figura 120 e 121: Juntas de betonagem entre tramos (à esquerda) e juntas criadas pela betonagem faseada (à direita)

Para evitar este tipo de juntas devem ser programadas e comunicadas à central, com cerca de uma semana de antecedência, as quantidades de betão previstas, de modo a que os meios sejam programados com antecedência, em função também da cadência de betonagem prevista e se possam alocar meios de reserva, nomeadamente a central de betão e as auto-bombas.

Um outro problema bastante frequente nas Obras de Arte é a grande complexidade das armaduras dos tabuleiros junto às cabeças de pré-esforço e a leitura dos projectos de armaduras que provocam uma ineficiência nos rendimentos da preparação e colocação das armaduras. Estes problemas advêm da falta de uma preparação inicial das armaduras em fase de projecto por quem melhor o conhece (o que já é feito em outros países) e por uma falta de compatibilização de projecto final por quem faz o projecto de pré-esforço e por quem faz o projecto estrutural.



Figura 122 e 123: Armadura na viga carlinga dos encontros

Um outro problema que ocorre por vezes nas Obras de Arte e que leva a atrasos na aplicação do pré-esforço é o facto dos provetes feitos do betão aplicado não darem os resultados esperados. A resistência do betão para aplicação do pré-esforço é definida em projecto e por vezes devido a várias razões que passam em especial pelo processo de fabrico, este não apresenta a resistência definida não sendo assim possível aplicar o pré-esforço na altura prevista.

## **6.2 Problemas Construtivos Específicos**

Um problema que não é muito frequente acontecer, é aquando a aplicação do pré-esforço, o betão entrar em rotura e a cabeça de ancoragem entrar para dentro deste.

Esta situação ocorreu no Viaduto do Molhapão, mais precisamente na viga do extradorso do seu tabuleiro esquerdo. Neste caso não aconteceu devido à deficiente resistência do betão mas sim porque durante a sua betonagem esta zona foi mal vibrada com a agravante de existir uma grande densidade de armadura que dificulta a correcta vibração do betão. A cabeça de ancoragem em questão é a dos cabos que fazem a ligação entre os tramos e que reduzem os momentos flectores negativos na zona dos pilares não tendo sido afectada a zona dos cabos que fazem a continuidade do tabuleiro.

A correcção passou portanto por uma retirada dos cabos de pré-esforço, saneamento e limpeza de toda a área afectada e posterior substituição da cabeça de ancoragem danificada, colocação dos novos cabos de pré-esforço e rectificação das armaduras de aço. A área saneada foi então preenchida por um microbetão composto por uma argamassa não retráctil com agregados de dimensão entre 3 e 10mm. Para se verificar a resistência à compressão da argamassa foram retirados provetes desta e depois de analisada a sua resistência foi aplicado o pré-esforço nestes novos cabos.



Figura 124 e 125: Rebentamento do betão durante a aplicação do pré-esforço



Figura 126 e 127: Microbetão aplicado na zona danificada

Em anexo é apresentada parte dos desenhos de projecto onde ocorreu o problema.

Ainda no Viaduto do Molhapão, devido aos atrasos no desvio de trânsito da estrada municipal existente que passava na área de construção do E1, foi decidido começar a execução deste viaduto pelo encontro E2 e pelo tabuleiro esquerdo de modo a não gerar atrasos. Existindo um desnivelamento entre os tabuleiros, a cofragem do tabuleiro direito sobrepõe-se à do tabuleiro esquerdo provocando um conflito aquando a sua descofragem criando assim um pequeno problema construtivo.



*Figura 128 e 129: Cofragem sobreposta sobre o tabuleiro esquerdo do Viaduto do Molhapão*

Para a resolução desta situação, optou-se por colocar uma grua móvel de pequeno porte em cima do tabuleiro esquerdo. Esta segura o lado esquerdo da cofragem estando o lado direito seguro por uma outra grua. A grua situada em cima do tabuleiro fez descer o lado da cofragem que a ela está segura. Ao fazê-lo, esta desce inclinada até passar para baixo da cota do tabuleiro esquerdo o que permitiu fazer descer toda a descofragem.

Um outro pequeno problema encontrado que levou a alguns atrasos na construção do Viaduto do Telhal foi a descoberta de material arqueológico que levou a uma paragem da construção de parte da Obra de Arte para se efectuarem os estudos arqueológicos durante cerca de dois meses.

Este dois últimos problemas descritos, não são problemas que exijam uma grande capacidade do uso de engenharia mas são exemplos de pequenos pormenores que inicialmente não podem ser previstos e que causam alguma perturbação no bom andamento dos trabalhos.

## **7. TRABALHO DESENVOLVIDO**

Uma vez que esta é uma obra com características próprias, curto prazo de execução e uma grande extensão, existem trabalhos necessários a fazer tanto em Obras de Arte como em Obra Geral. Aqui apenas descrevo alguns dos trabalhos realizados que, de uma forma ou de outra, me fizeram ganhar alguma experiência e conhecimento do que é o mundo da obra, mais concretamente a área da produção.

Para um melhor conhecimento das Obras de Arte, durante o tempo de estágio fui incumbido da tarefa de identificar o local e o elemento betonado ao qual correspondiam as guias de betão provenientes da central. Este trabalho foi bastante gratificante uma vez que através dele consegui ter uma melhor percepção de toda a obra e dos nomes técnicos usados nas Obras de Arte e controlo e consumos de materiais.

Além desta tarefa realizei também trabalhos de preparação que eram necessários para a construção e conclusão das Obras de Arte. Um destes trabalhos foi o de preparação e elaboração de mapas quantidades de trabalhos. Para esta medição/quantificação foi necessário um cruzamento de dados entre os projectos de execução das Obras de Arte e os projectos de Iluminação e Telemática de Obra Geral que, durante o decorrer da obra, sofreram bastantes alterações relativamente à quantidade de tubos para passagem de cabos necessários a deixar nas Passagens Superiores. Este trabalho fez-me aperceber da necessidade de articulação que tem de existir com as várias áreas que compõem a construção de uma via de comunicação.

Fiz também trabalhos de medição que mais tarde serviram para confrontar custos apresentados pelos subempreiteiros. Embora estejamos a falar de pequenas quantidades orçamentais, através desta tarefa constatei a necessidade de controlo e rigor que tem de existir no controlo de custos de modo a que a obra possa ter um resultado económico positivo.

## **8. CRÍTICA**

Não fazendo diferenciação em termos de maior ou menor importância, uma obra de vias de comunicação pode ser mais complexa que uma obra de um edifício. É portanto natural que, quando se chega a uma obra ainda em fase de arranque e mais pequena, haja uma maior necessidade de definir tarefas e que, naturalmente, o acompanhamento/adaptação e processo de aprendizagem decorram de forma mais fácil. Por outro lado não podem ser dadas grandes responsabilidades quando ainda se está a iniciar a vida profissional e a ter-se os primeiros contactos com a obra. Para quem nunca teve contacto com obra e não tem qualquer tipo de experiência na área da produção, tudo são informações novas que recebemos e que, no sistema de ensino actual, são extremamente difíceis de transmitir e assimilar na faculdade. Existe alguma diferença entre os conceitos académicos e a realidade mas, apesar de tudo, penso que me saí bastante bem no trabalho desenvolvido.

A modalidade de estágio curricular é nova no mundo da Engenharia Civil e que apenas é permitido em apenas algumas instituições e com o novo Processo de Bolonha. É assim natural que tanto as empresas como a própria instituição de ensino aprendam com os primeiros alunos a optar por estágio para finalizar o curso.

Posto isto, é fundamental que haja uma interligação e troca de informações por parte da empresa e da instituição de ensino, de modo a que todos compreendam o seu papel na formação do aluno.

## 9. CONCLUSÃO

Em obra não se trata apenas de mandar e ser mandado, é necessário saber gerir recursos, tanto materiais como humanos, custos e, mais importante, saber resolver os problemas quando eles aparecem sabendo ouvir todos os que nos rodeiam e trabalhando em conjunto como equipa.

Pude constatar e aprender que tudo o que se faz tem um propósito, desde o trabalho mais pequeno e insignificante para nós, até ao trabalho que exige mais responsabilidade. São estes pequenos trabalhos que nos fazem crescer e que mais tarde servirão de experiência para não se cometerem erros desnecessários.

De uma maneira geral tentei acompanhar todas as obras o mais possível e os problemas que surgem na sua fase construtiva de modo a que não surjam numa obra futura ou, se o voltar a acontecer, saber como lidar com a situação e como resolvê-la.

Um outro ponto importante que pude retirar do acompanhamento da obra é o ter noção dos rendimentos no acto de construir. É importante ter uma ideia do tempo que se demora a executar um tabuleiro pré-fabricado e um tabuleiro betonado in situ, tendo consciência dos atrasos que podem ocorrer devido aos vários factores envolventes à obra.

Todos os intervenientes em obra com os quais tive contacto, de uma forma ou de outra me transmitiram algum do conhecimento que têm. Quando apareceram problemas, tentaram ensinar-me a melhor forma de os resolver. Fui também alertado para outros possíveis problemas, tendo-me sido ensinada a melhor forma de os prevenir e resolver.

Foi sem dúvida uma experiência bastante enriquecedora em todos os níveis em que foram atingidos os objectivos pessoais e profissionais a que este estágio se destinava.

## **10. BIBLIOGRAFIA**

- Sebenta da cadeira de Pontes e Viadutos, ISEL;
- Caderno de Apresentação da Obra;
- Projectos Estruturais;
- Projectos de Cofragem;
- Projectos de Pré-esforço;

## 11. WEBLIOGRAFIA

- <http://www.civil.ist.utl.pt;>
- <http://repositorium.sdum.uminho.pt;>
- [https://www.oern.pt/pdf/artigo\\_areis.pdf;](https://www.oern.pt/pdf/artigo_areis.pdf;)
- <http://repositorium.sdum.uminho.pt;>
- <http://paginas.fe.up.pt;>
- <http://www2.ufp.pt;>
- <http://www.construlink.com;>
- <https://webserv.dec.uc.pt;>
- <http://www.construir.pt;>
- <http://civil.fe.up.pt.>

## **12. ANEXOS**

ANEXO 1 – Fotos de Fases Construtivas das Obras de Arte PS12B e Molhapão.

ANEXO 2 – Partes de Projectos de Execução.

## 12.1 ANEXO 1

### 12.1.1 Fotos de Faseamento Construtivo da Passagem Superior PS12B



Betonagem da sapata do encontro E1.



Montagem de cofragem dos gigantes no encontro E2.



Montagem de cofragem nos pilares.



Montagem de cimbra ao solo para execução do tabuleiro.



Colocação da armadura do tabuleiro.



Betonagem do tabuleiro.

### 12.1.2 Fotos de Faseamento Construtivo do Viaduto do Molhapão



Betão de limpeza do encontro E1.



Descobragem dos gigantes do encontro E1.



Encontro E1 com viga estribo já betonada.



Cimbre apoiado em perfis metálicos para vencer taludes.



Cimbre apoiado em perfis metálicos para vencer desníveis.



Tubos para vazamento das vigas a meio vão e armadura constituinte do tabuleiro.



Betonagem de um tramo.

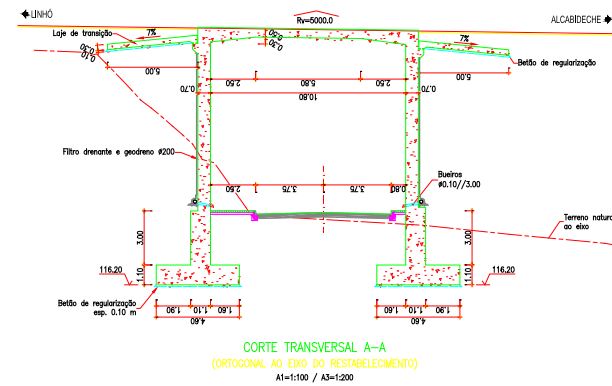
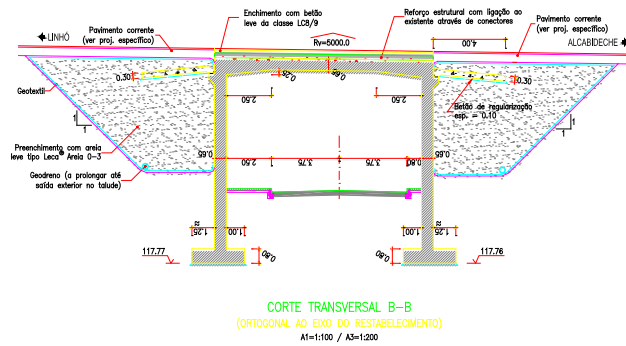
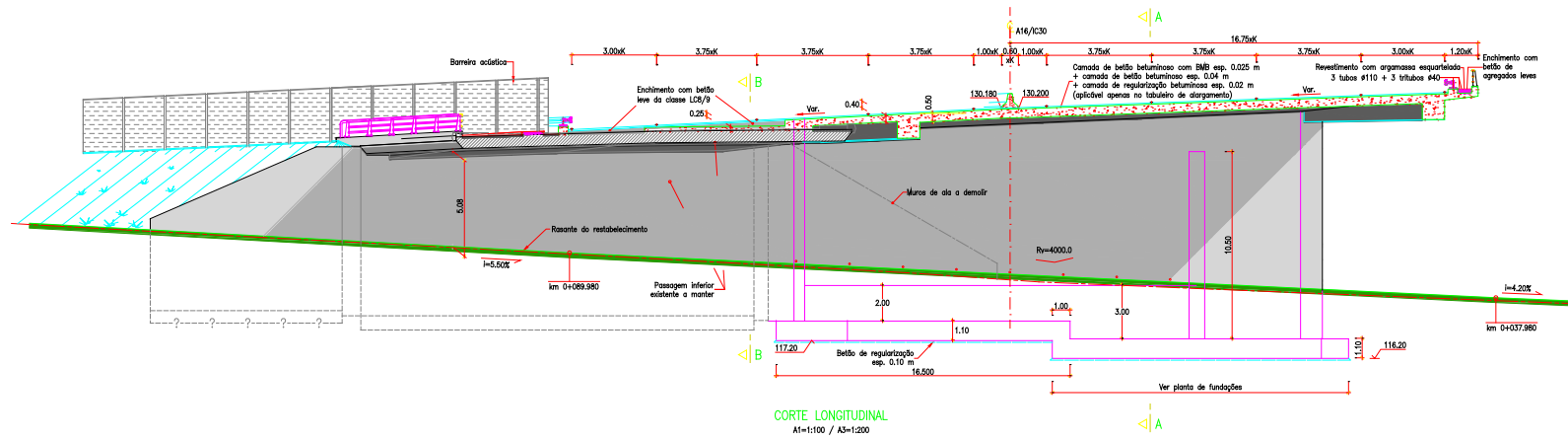
## **12.2 ANEXO 2**

Apenas são apresentados partes dos vários projectos constituintes de uma Obra de Arte.

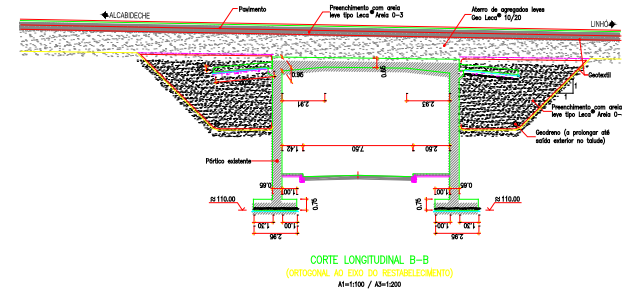
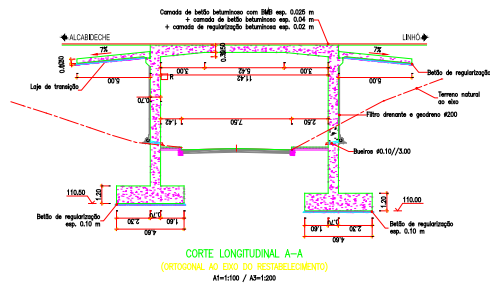
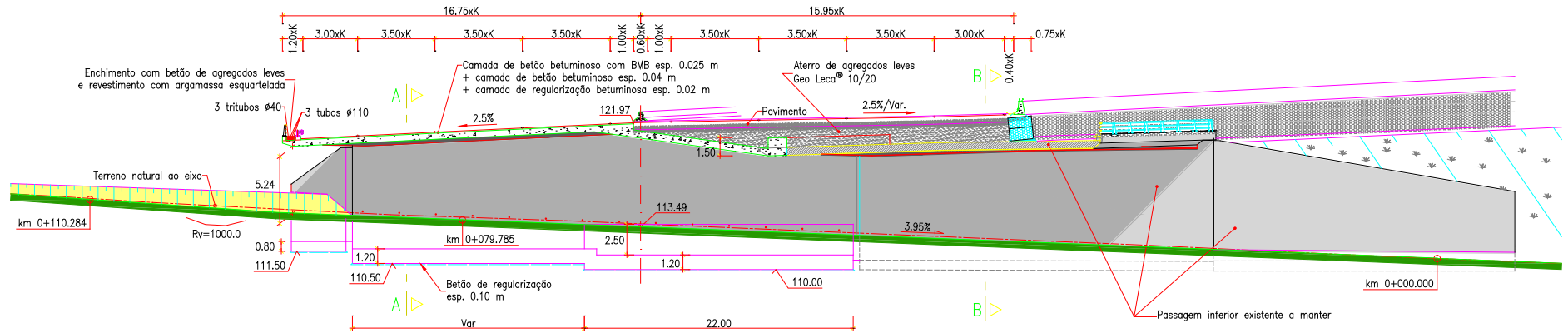
## 12.2.1 Corte Transversal e Longitudinal do Tabuleiro das Passagens Inferiores PI10 e PI11

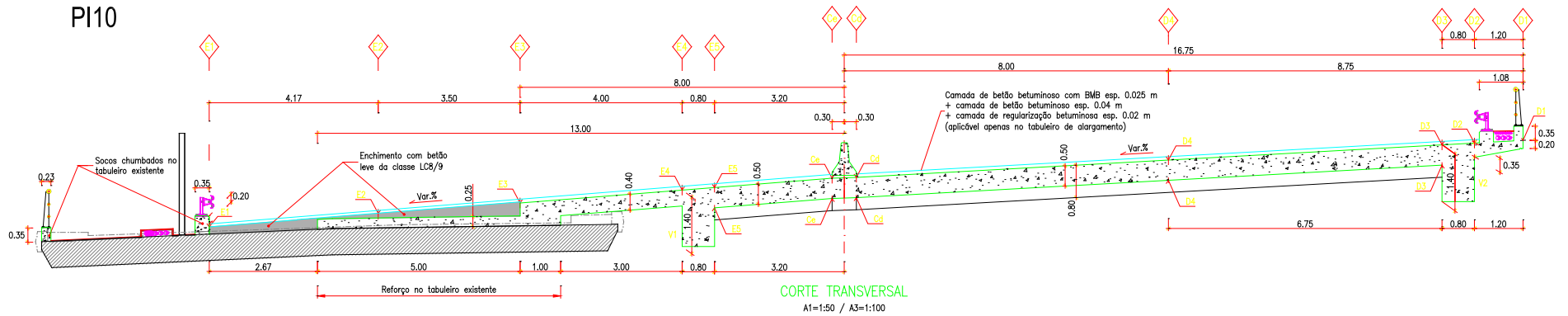
Desenhos retirados dos projectos de execução das Passagens Inferiores mencionadas.

PI10

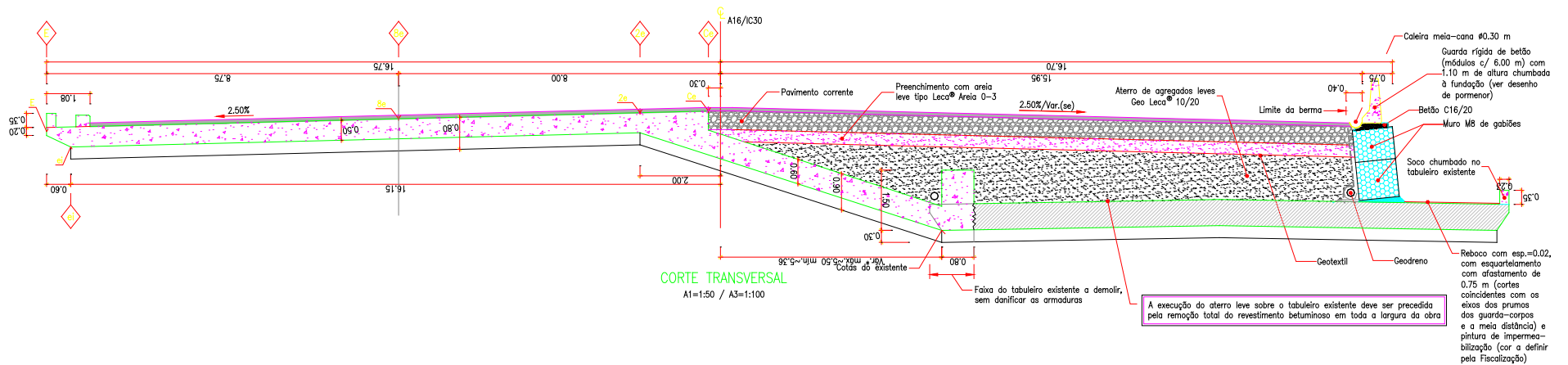


PI11



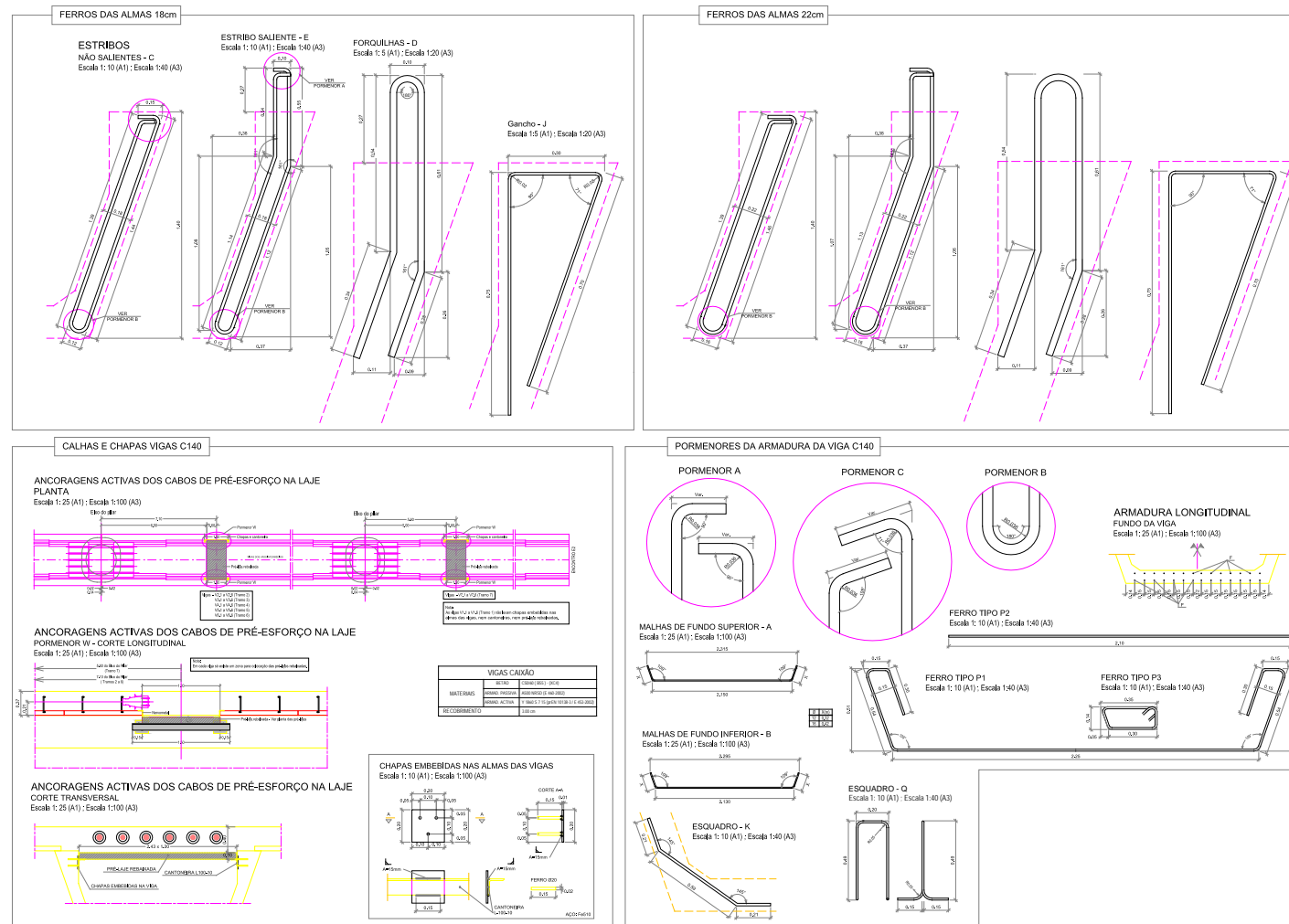


**PI11**





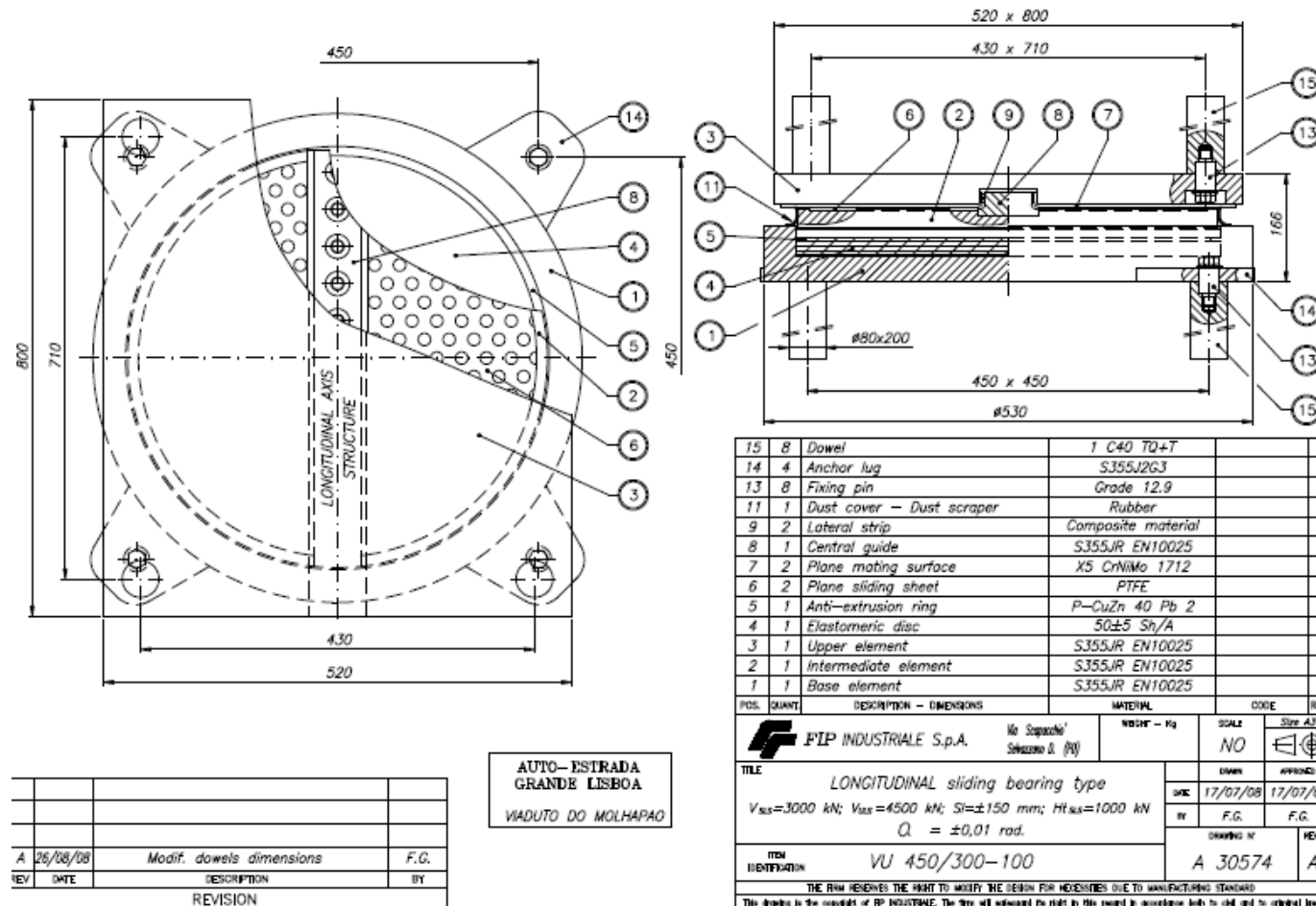
## Geometria e armadura passiva das vigas.



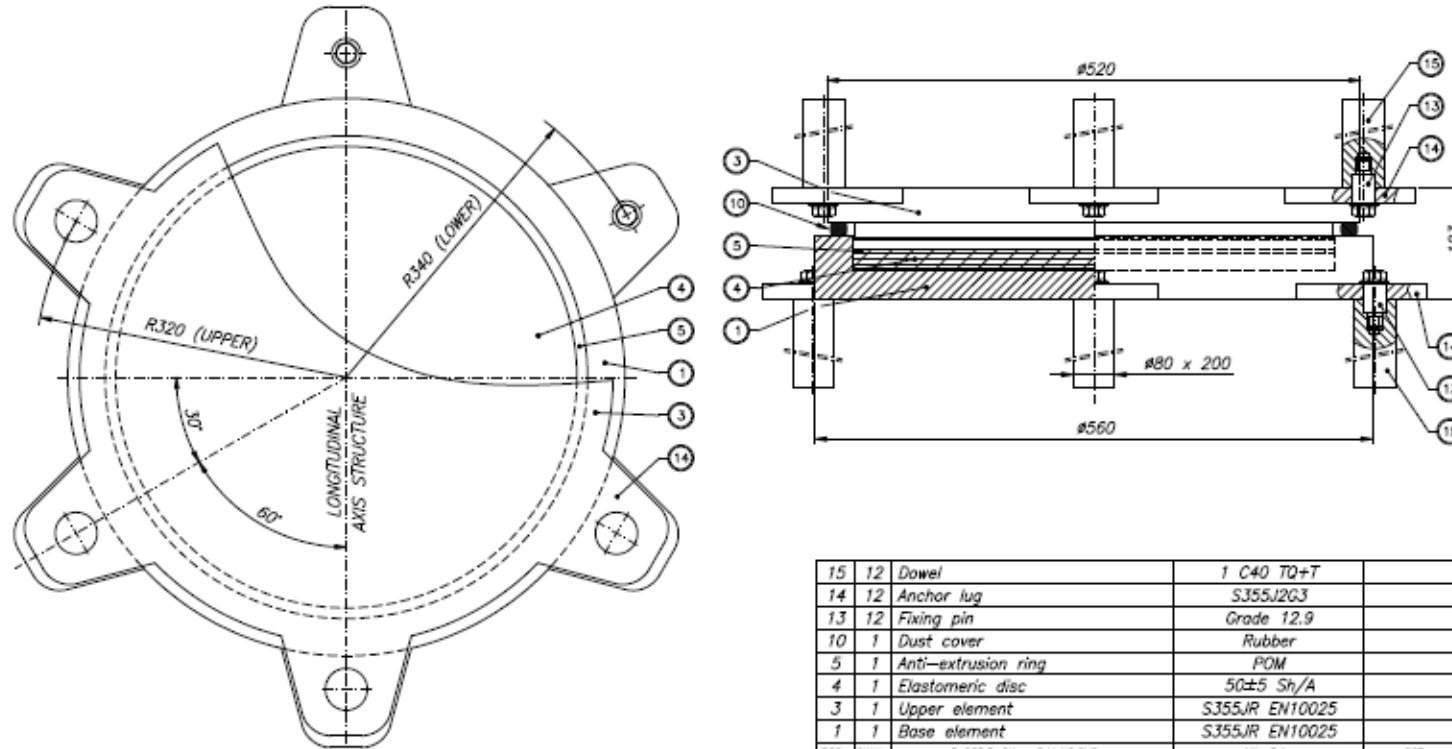
### 12.2.3 Parte de um Projecto de Aparelhos de Apoio

Desenhos retirados dos projectos de aparelhos de apoio da PRETENSA para as Obras de Arte a seguir mencionadas.

Aparelhos de apoio do Viaduto do Molhapão.




## Aparelhos de apoio da Passagem Inferior PI12A.



REV	DATE	DESCRIPTION	BY
A	25/08/08	Modif. dowels dimensions	F.G.
REVISION			

AUTO- ESTRADA  
GRANDE LISBOA  
--  
pos.: PIL2A-Pilares

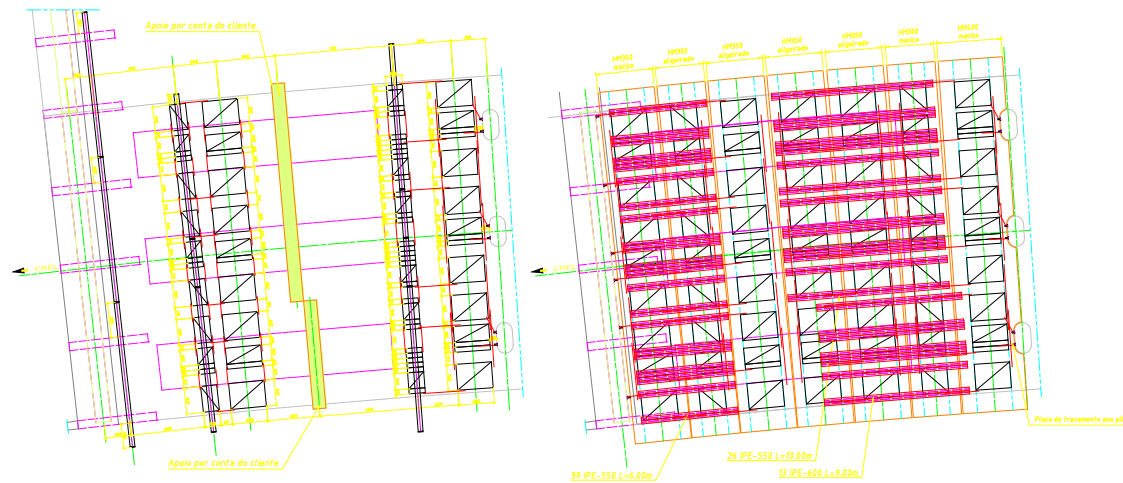
15	12	Dowel	1 C40 TD+T
14	12	Anchor lug	S355J2G3
13	12	Fixing pin	Grade 12.9
10	1	Dust cover	Rubber
5	1	Anti-extrusion ring	POM
4	1	Elastomeric disc	50±5 Sh/A
3	1	Upper element	S355JR EN10025
1	1	Base element	S355JR EN10025

POS.	QUANT.	DESCRIPTION - DIMENSIONS	MATERIAL	CODE	RE
		 <b>PIP INDUSTRIALE S.p.A.</b>		No Spesechi/ Svizzera & (P)	WGRIF - Kg SCALE NO
		TITLE FIXED bearing type		DIMEN 25/07/08	APPROVED 25/07/08
		V <sub>SES</sub> =2700 kN; V <sub>MS</sub> =4050 kN; H <sub>MS</sub> =1400 kN; H <sub>MS</sub> =1400 kN Q = ±0,01 rad.		DWG F.G.	P.B.
		ITEM IDENTIFICATION VF 410-140		DRAWING BY A 30587	REV. A
THE FIRM RESERVES THE RIGHT TO MODIFY THE DESIGN FOR MANUFACTURING STANDARD This drawing is the copyright of PIP INDUSTRIALE. The firm will not accept its right in this regard in accordance both to old and to revised law.					

### 12.2.4 Parte de um Projecto de Cimbra e Cofragem

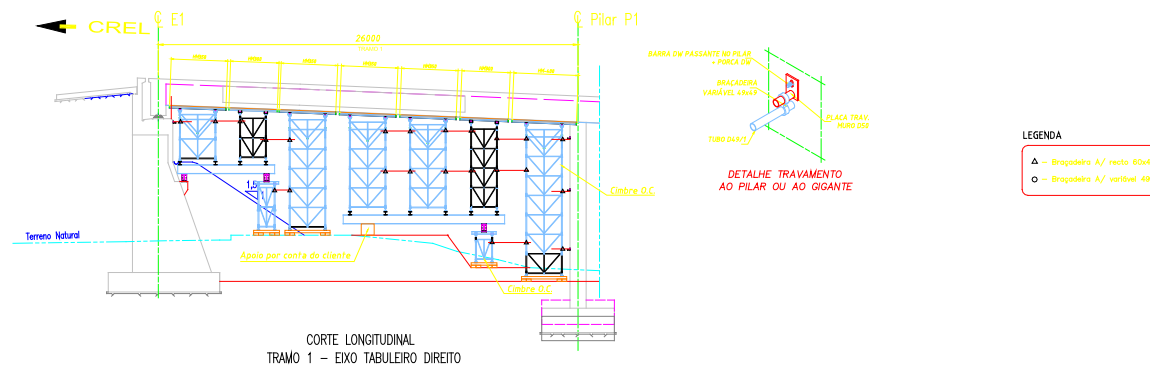
Desenhos retirados dos projectos de cofragem da ULMA para as Obras de Arte a seguir mencionadas.

Cimbra para execução de um tramo do tabuleiro do Viaduto do Molhapão.



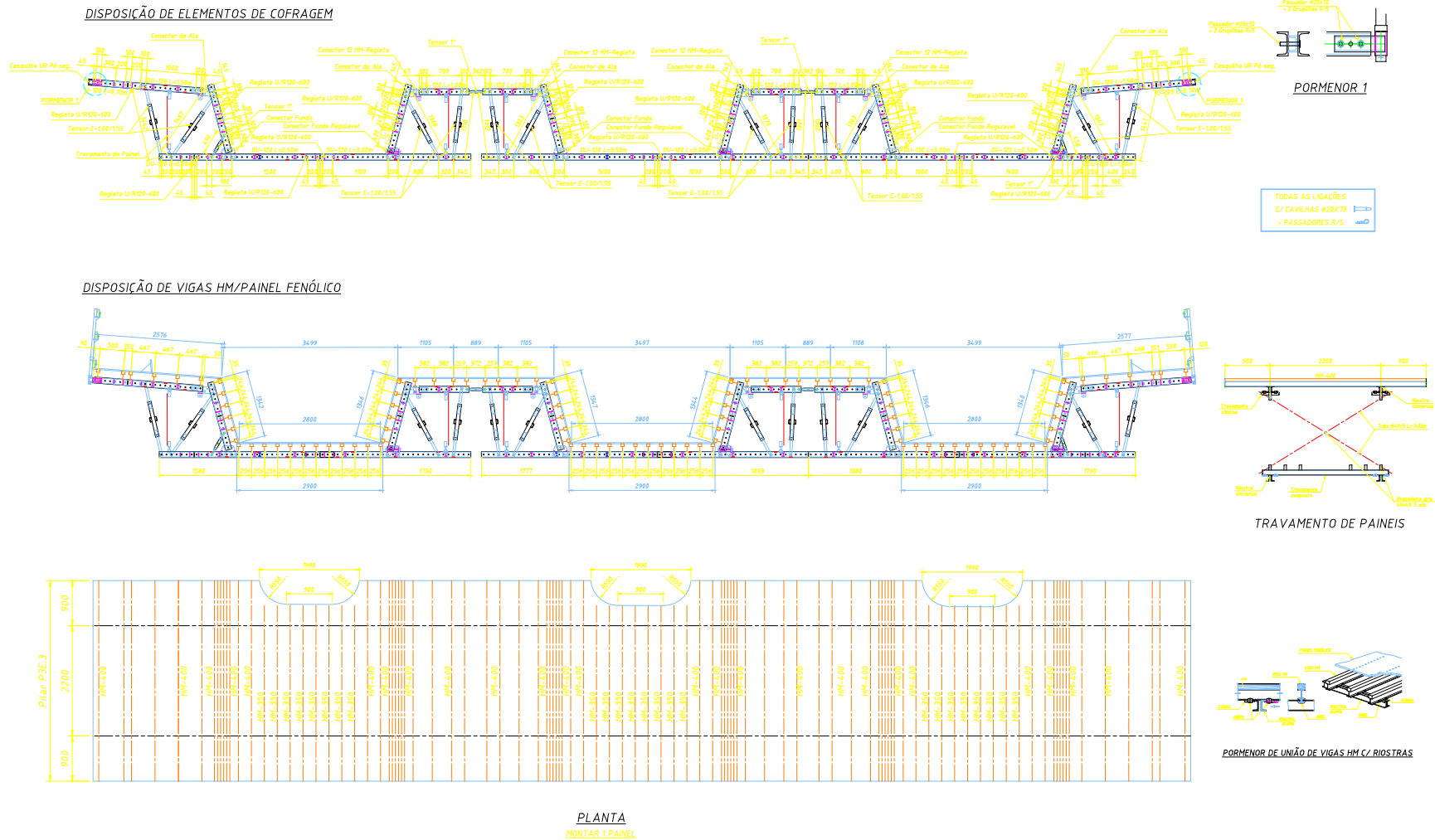
PLANTA – NÍVEL DAS VIGAS CARRILHEIRAS  
TRAMO 1 – TABULEIRO DIREITO

PLANTA – NÍVEL TABULEIRO  
TRAMO 1 – TABULEIRO DIREITO

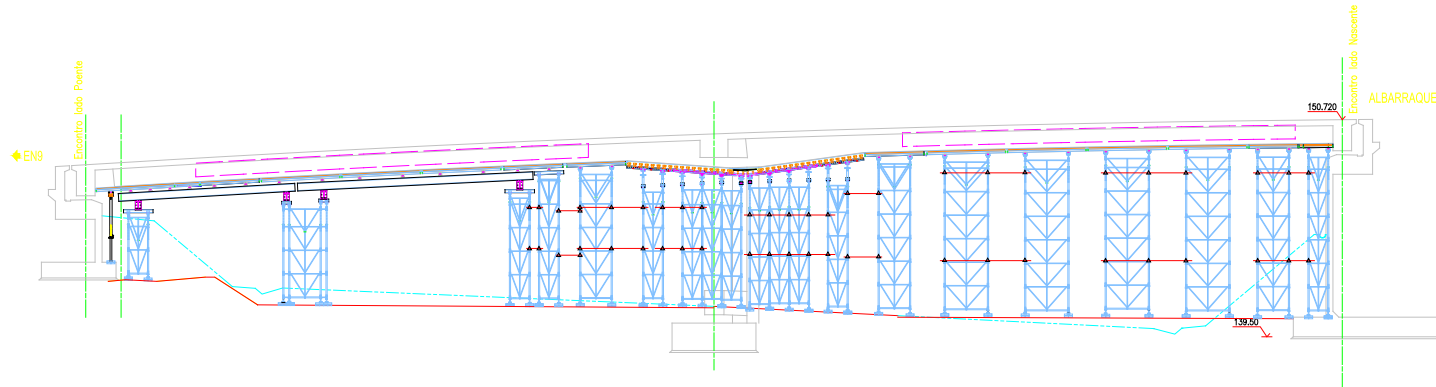


CORTE LONGITUDINAL  
TRAMO 1 – EIXO TABULEIRO DIREITO

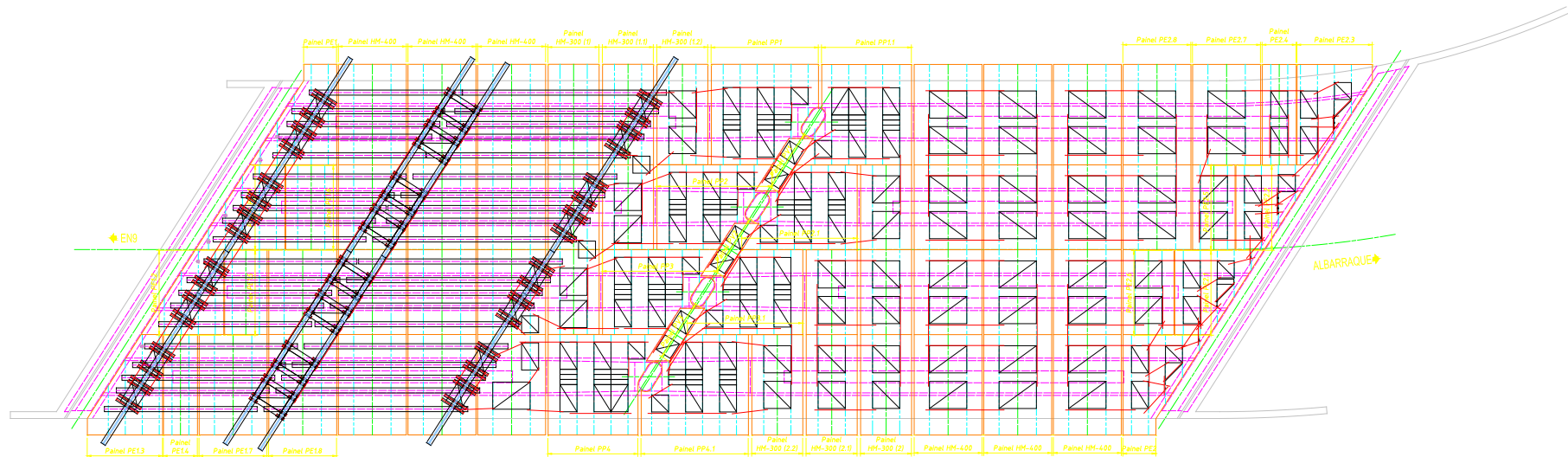
## Cofragem de parte de um tramo do tabuleiro do Viaduto do Molhapão.



Cimbre do tabuleiro da Passagem Superior PS7 com passagem de obra e para vencer taludes.



CORTE LONGITUDINAL

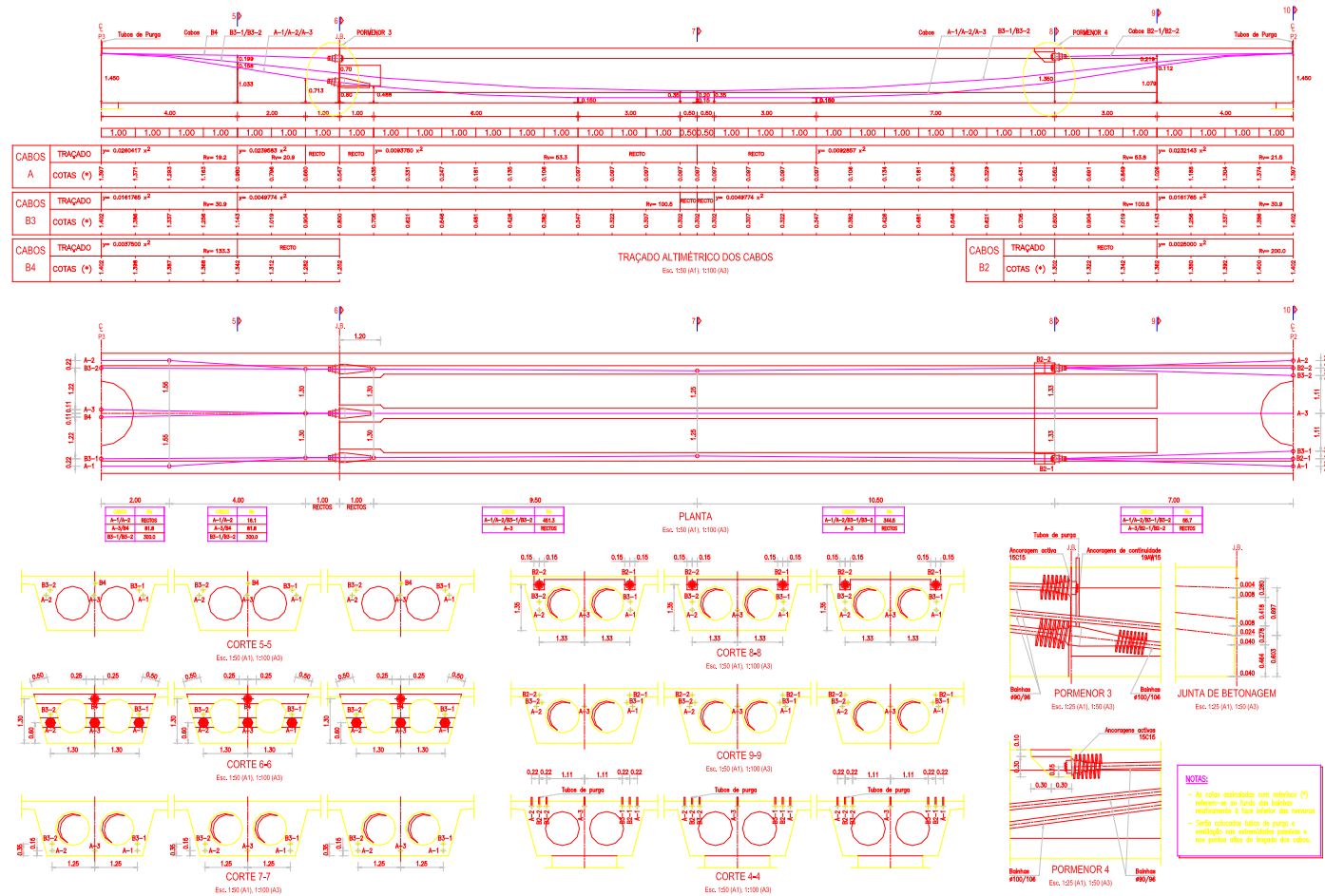


PLANTA

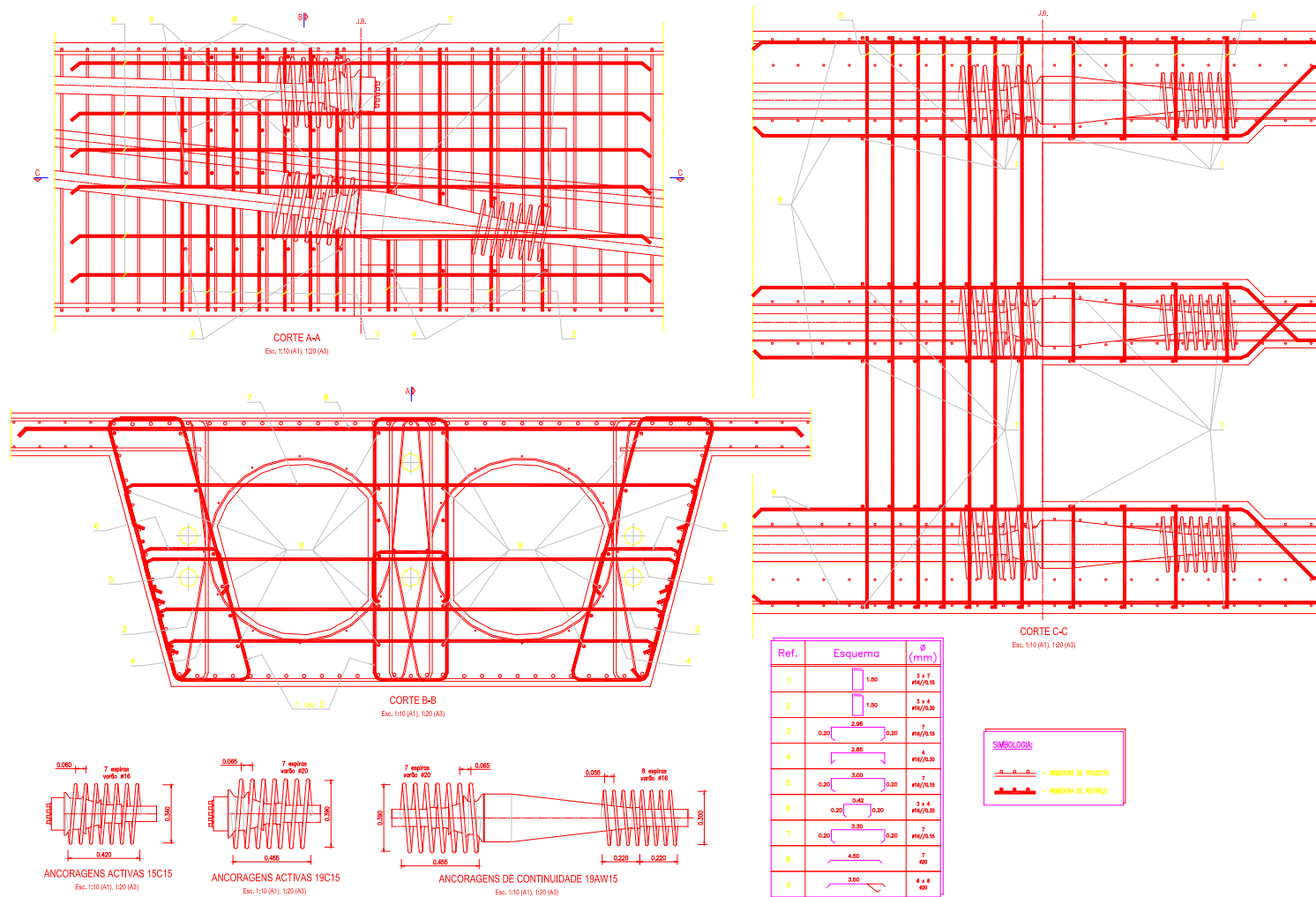
### 12.2.5 Parte do Projecto de Pré-esforço do Viaduto do Molhapão

Desenhos retirados dos projectos de execução da MAPREL para o pré-esforço do Viaduto do Molhapão.

Pré-esforço do tramo 3 esquerdo.

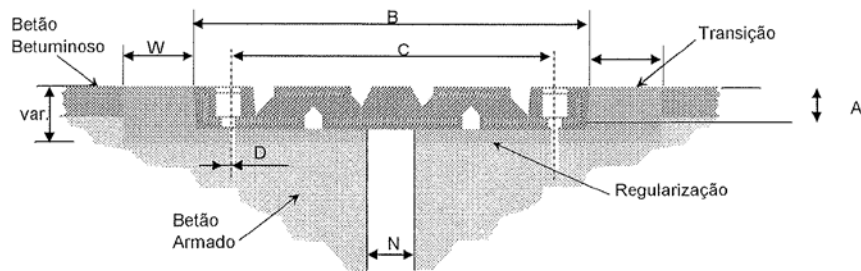


## Armadura de reforço junto às juntas de betonagem.



### 12.2.6 Parte de um Projecto de Juntas de Dilatação

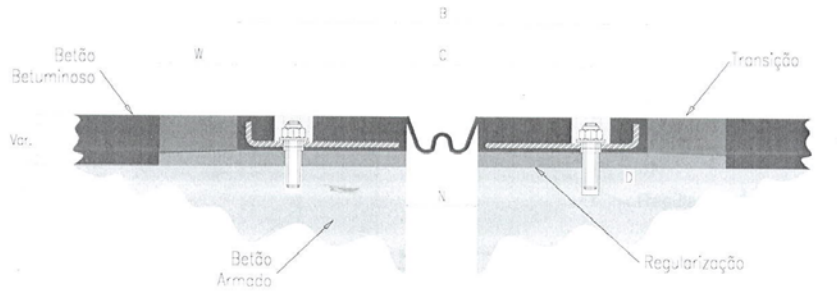
Desenhos retirados dos projectos de execução das juntas de dilatação da VSL aplicadas.



<b>Obra:</b>	<b>VIADUTO MOLHAPÃO</b>
<b>Posição:</b>	Encontros
<b>Movimentos:</b>	Abertura: 100 mm
	Fecho: 100 mm
	Amplitude: 200 mm
<b>Modelo:</b>	<b>Transflex 900</b>
	Pré-compressão: mm

**Dimensões**

A	Altura do módulo em neoprene	93 mm
L	Comprimento por módulo em neoprene	1.830 mm
B	Largura do módulo em neoprene	890 mm
C	Distância entre eixos de pernes de fixação	787 mm
D	Diâmetro dos pernes de fixação	24 mm
W	Largura da banda de transição	180 mm
N	Abertura da junta entre faces de betão, à temperatura média:	
$N_{inst}$	Valor máximo, durante a instalação do dispositivo:	158 mm
$N_{max}$	Valor máximo, após a abertura da junta devido aos movimentos do tabuleiro	258 mm
$N_{min}$	Valor mínimo, após o fecho da junta devido aos movimentos do tabuleiro	58 mm
	Peso / módulo	375 Kg



<b>Obra:</b>	<b>PI 8 A</b>	
<b>Posição:</b>	<b>Encontros</b>	
<b>Movimentos:</b>	Abertura:	40 mm
	Fecho:	30 mm
	Amplitude:	70 mm
<b>Modelo:</b>	<b>Transflex</b>	<b>B-75</b>
	Pré-compressão:	2,5 mm

**Dimensões**

A	Altura do módulo em neoprene	34 mm
L	Comprimento por módulo em neoprene	1.750 mm
B	Largura do módulo em neoprene	220 mm
C	Distância entre eixos de pernes de fixação	162 mm
D	Diâmetro dos pernes de fixação	14 mm
W	Largura da banda de transição	70 mm
N	Abertura da junta entre faces de betão, à temperatura média:	
$N_{inst}$	Valor médio, durante a instalação do dispositivo:	43 mm
$N_{max}$	Valor máximo, após a abertura da junta devido aos movimentos do tabuleiro	83 mm
$N_{min}$	Valor mínimo, após o fecho da junta devido aos movimentos do tabuleiro	13 mm
	Peso / módulo	28 Kg