

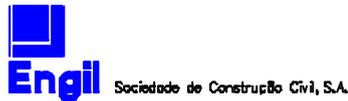
NOVA SEDE DA TELECEL/VODAFONE Particularidades de uma Estrutura Especial



Rui Furtado, Eng.º Civil – Coordenador do Projecto

Pedro Pacheco, Eng.º Civil – Director do Projecto

Pedro Móas, Eng.º Civil – Director Adjunto do Projecto



Carlos David – Director de Obra

SUMÁRIO

Neste artigo é feita uma descrição sintética da estrutura do edifício da Nova Sede da Telecel/Vodafone, quer no que respeita ao Projecto quer no que respeita à sua execução.

Dá-se especial relevância a três aspectos particulares: a não existência de juntas com movimento, a concepção e execução de uma viga parede de grandes dimensões em betão branco e a concepção e execução de um corpo aéreo monolítico que liga os dois blocos mais elevados do edifício (a designada “ponte da Administração”).

De uma forma sumária, são apresentadas as dificuldades mais significativas do Projecto e da Obra, e são descritas as medidas tomadas para as ultrapassar.

O projecto de Arquitectura é da Autorial dos Arquitectos Alexandre Burmester e J. Gonçalves.

1. INTRODUÇÃO

A Nova Sede da Telecel/Vodafone está em adiantada fase de construção no Parque das Nações – em frente ao Pavilhão de Portugal – e constitui uma intervenção de impacto urbanístico considerável nessa zona da cidade de Lisboa, quer pela sua dimensão e indiscutível valor arquitectónico quer pelos desafios tecnológicos que envolve.

A determinação e o esforço posto pelo Dono de Obra neste empreendimento, e a responsabilidade de intervir num enquadramento urbano muito exigente, tornaram esta Obra num desafio de grande importância para todos os intervenientes.

Dada sua dimensão, cerca de 70.000 m² de área bruta de construção, e atendendo ao variado leque de opções arquitectónicas deste projecto, inúmeros aspectos da Obra seriam certamente dignos de uma breve descrição. No entanto, para além de uma breve descrição geral, será mais útil cingir esta comunicação aos seguintes três aspectos particulares da Obra:

- a não existência de juntas com movimento
- a viga parede de betão branco;
- a “ponte da Administração”.

Todos eles são analisados e perspectivados na óptica dos Projectistas e na óptica dos Construtores, o que se julga enriquecer o seu conteúdo

2. BREVE DESCRIÇÃO DA OBRA

O Edifício é composto por um único corpo estrutural que inclui três volumes fundamentais. No subsolo, o Edifício desenvolve-se em planta num espaço rectangular único, com uma dimensão aproximada de 134 x 103 m². Acima do solo, destacam-se dois volumes nos topos Norte e Sul, com dimensões em planta próximas de 130 x 18 m² até ao piso 3 e de 55 x 18 m² do piso 4 até ao piso 9. Estes dois volumes são ligados ao nível dos pisos 6, 7 e 8 por um corpo “aéreo” - a ponte da Administração”, que é uma zona de escritórios panorâmicos - e através de uma viga parede que constitui a fachada principal do Edifício, virada a Poente, ambos vencendo um vão livre de 53,0 m entre os dois blocos. Todo o edifício é realizado sem juntas (com movimento).

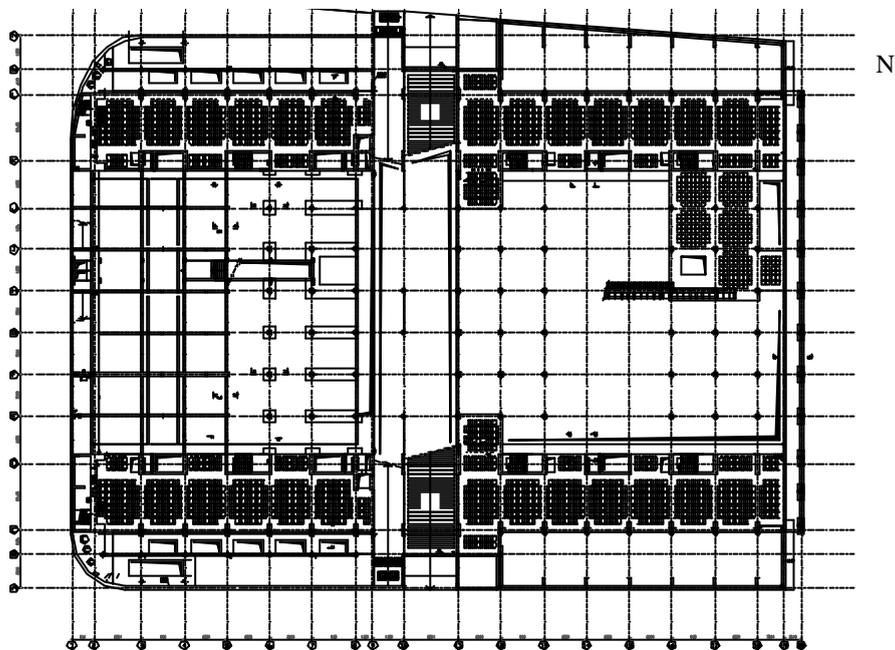


Figura 1 – Planta do Piso 0



Figura 2 – Perspectiva geral da Obra (vista de Sul-Poente)

A construção do edifício envolveu três empreitadas de estruturas. Na primeira, que incluiu escavação e contenção periférica, realizaram-se cerca de 10.000 m² de paredes ancoradas e procedeu-se a uma escavação de cerca de 200.000 m³. Na segunda, que incluiu a realização de fundações e estruturas até ao nível do piso 0, realizaram-se cerca de 35.000 m² de área construída. Relativamente à terceira empreitada, que é alvo desta comunicação, apresentam-se seguidamente os mais relevantes dados estatísticos, que se salienta serem extremamente condicionados pelo prazo curto da empreitada – cerca de 6 meses.

Dados estatísticos:

- Recursos humanos:
 - Conjunto médio mensal de operários ligados à fase da estrutura 150
 - Conjunto médio mensal de técnicos e chefias relacionados com a estrutura 30
- Recursos materiais (valores aproximados):
 - Gruas torre..... 6
 - Aço (em armaduras)..... 2400 tn
 - Betão – volume total..... 20.000 m³
 - Betão branco..... 2.000 m³
 - Cofragem..... 50.000 m²

O betão armado é claramente o material estrutural de um edifício com estas características. O pré-esforço é introduzido apenas localmente nas consolas que apoiam na viga caixão da “ponte” que liga os dois blocos formando o pavimento dos escritórios panorâmicos.

A utilização de aço perfilado está limitada às estruturas das rampas junto à fachada principal do edifício e localmente nos pisos inferiores, em alguns passadiços. Na generalidade da Obra são adoptados betão B35 e aço A500, excepto na “ponte da Administração”, em que está preconizado betão B40.

3. UM EDIFÍCIO DE GRANDE ENVERGADURA SEM JUNTAS COM MOVIMENTO – PERSPECTIVA DE PROJECTO

Um dos problemas típicos das Estruturas Especiais de Betão Armado é a inserção de juntas estruturais. Este tipo de estruturas tem sempre condicionantes arquitectónicas muito exigentes, tem frequentemente características que convidam a opções contraditórias no que respeita à inserção de juntas estruturais. Efectivamente, elas são vantajosas em determinadas perspectivas mas são prejudiciais noutras, no quadro seguinte salientam-se alguns dos aspectos mais relevantes.

Vantagens de inserir juntas	Desvantagens de inserir juntas
<ul style="list-style-type: none"> • Reduzir esforços devidos a deformações impostas - redução de quantidades de armaduras; • Evitar condicionamento do andamento da Obra devido à inserção de juntas construtivas e zonas de 	<ul style="list-style-type: none"> • Impacto arquitectónico negativo, com existência de zonas de construção delicadas - problemas de funcionalidade; • Os impulsos de terras passam a ser absorvidos por

fecho com data de betonagem condicionada; • Simplificação da volumetria dos edifícios - garantir modelos de cálculo mais simples e fiáveis (evitar fenómenos menos previsíveis); - por exemplo, dada a dimensão da base do edifício, é possível que um sismo solicite os dois blocos elevados de uma forma desfasada, provocando esforços transversos (e momentos flectores) significativos no corpo aéreo – este fenómeno revelou-se condicionante em determinadas secções.	elementos verticais; • Redução da rigidez global da estrutura, com eventual desequilíbrio da distribuição de rigidez em planta; • Redução da estanqueidade do edifício; • Necessidade de dimensionar juntas de grande curso para evitar o choque entre corpos na ocorrência de sismos; • Necessidade de incluir dispositivos de elevado custo com necessidade de prever programas de inspeção/manutenção.
--	---

Ponderadas as diversas vantagens e desvantagens, e em especial considerando a relevância dos requisitos arquitectónicos, optou-se por realizar o edifício sem juntas com movimento – apenas se realizaram juntas construtivas e outro tipo de juntas que a seguir se descrevem. Esta opção teve uma evidente interacção com outras opções da concepção estrutural. É importante ter presente que o edifício, para além de ser simétrico e bastante regular (na generalidade da área), está implantado num terreno geotécnica e geologicamente bastante homogéneo.

Mas salienta-se que se previram juntas de indução de fendas estruturais nos pisos enterrados (juntas sem movimento). Como é sabido, este tipo de juntas tem um funcionamento semelhante ao das juntas de contracção tradicionais, funcionando como “fusíveis” de tensão. Se fossem adoptadas juntas de contracção convencionais, os elementos verticais ficariam sujeitos a esforços permanentes muito elevados, devido aos impulsos de terras. Em contrapartida, se não fossem previstas as juntas de indução de fendas, um comportamento adequado do edifício, em termos de fendilhação, requeria um reforço de armaduras nas lajes muito significativo. Assim se conseguiu uma redução superior a 360 tn de aço em varão, nas lajes.

4. UM EDIFÍCIO DE GRANDE ENVERGADURA SEM JUNTAS COM MOVIMENTO – PERSPECTIVA DE OBRA

Desde sempre, a existência de juntas em edifícios tem sido uma fonte de problemas e patologias de difícil resolução. Efectivamente, é bastante frequente encontrar nestas zonas, mesmo em edifícios recentes, uma degradação acentuada de alguns dos seus constituintes, com especial incidência em pavimentos de estacionamento, impermeabilizações e pinturas.

Soluções estruturais que dispensem estes elementos têm, na fase de obra, vantagens evidentes na obtenção de soluções mais duráveis. A não existência destes pontos singulares traduz-se também na obtenção de um nível de qualidade de acabamentos superior, e por conseguinte na garantia de uma maior eficácia do funcionamento dos vários componentes de um edifício.

5. A PONTE DA ADMINISTRAÇÃO – PERSPECTIVA DE PROJECTO

Conforme se referiu anteriormente, ao nível dos pisos 6, 7 e 8 está projectada uma zona de escritórios panorâmicos que une os dois volumes elevados, sem qualquer apoio intermédio, vencendo um vão livre de 53,0 m.

Esta *ponte* tem uma largura de 16,0 m e suporta 2 pisos de escritórios e a sua cobertura. Para suporte destes 3 pisos foi concebida uma viga em caixão com 10,10 m de altura e com duas almas de 0,50 m de espessura afastadas de 4,0 m entre eixos. As lajes, com 16,0 m de largura e com consolas simétricas de 6,0 m (de espessura variável entre 0,50 m e 0,20 m), são viabilizadas pela aplicação de pré-esforço transversal (monocordões não aderentes).

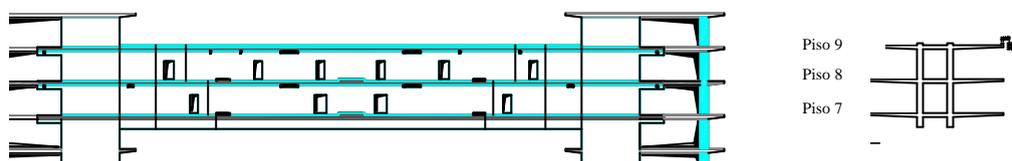


Figura 3 – Alçado e corte transversal da “ponte da Administração”

O caixão apoia-se, em cada extremidade, num núcleo de betão armado de implantação em H circunscrito num rectângulo com 4,0 m x 6,70 m com almas de 0,70 m de espessura, o que confere ao caixão um grau elevado de encastramento.

Quer o dimensionamento final da ponte quer o dimensionamento da estrutura de escoramento do cimbra foram condicionados pelo processo construtivo, salientando-se os aspectos seguintes:

- peso próprio total da ponte próximo de 720 kN/m;
- o cimbra apoia-se nos pisos superiores do embasamento, havendo interesse em não obstruir as áreas dos pisos subjacentes;
- a laje inferior da ponte é em betão aparente (mais exigente limitação de fendilhação);
- para soluções com cimbres flexíveis, geram-se na estrutura da ponte esforços consideráveis
- durante as fases construtivas intermédias;
- o estudo de contra-flechas é muito influenciado pela variação da estratégia construtiva.

Os Construtores optaram por uma solução tipo “Cimbra ao Solo”, e no desenvolvimento do respectivo plano atenderam a uma série de aspectos que se apresentam a seguir.

Será relevante salientar que a realização prévia das consolas das pontes permitiu não só iniciar a execução da ponte com apenas parte do Cimbra montado mas também reduzir a capacidade resistente da parte do Cimbra que as sustenta. Para todos os efeitos, tiveram que ser previstos alívios parciais de forma a assegurar níveis tensionais adequados nos prumos.

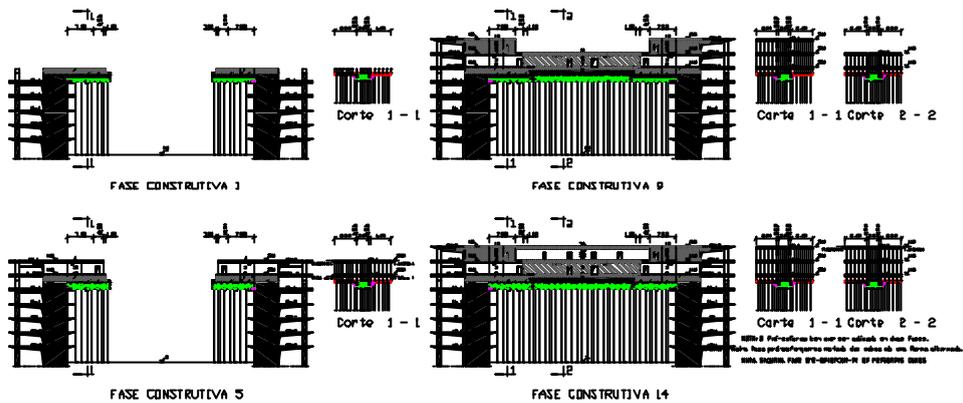


Figura 4 – Exemplos de fases construtivas da “ponte da administração”

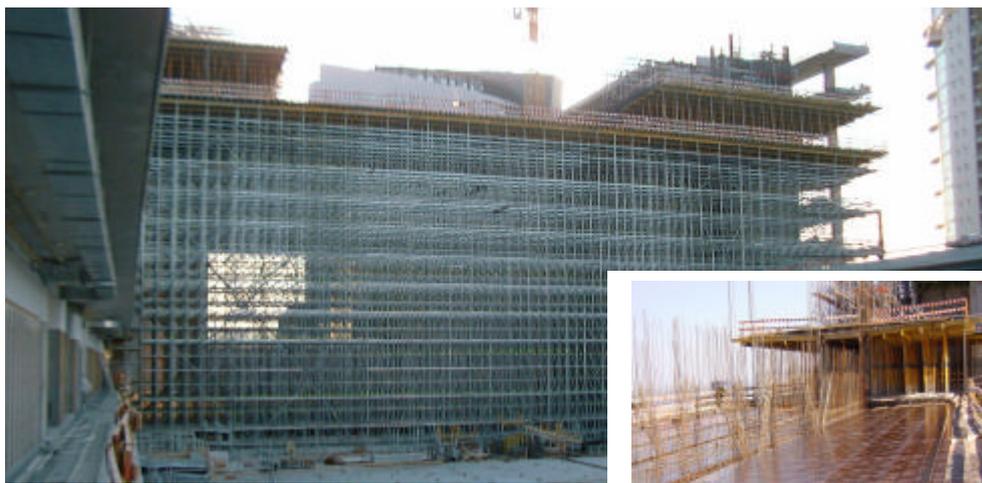


Figura 5 – Perspectiva da Obra na Fase Construtiva 5

6. A PONTE DA ADMINISTRAÇÃO – PERSPECTIVA DE OBRA

A ponte da administração constituiu desde sempre, para a equipa de obra, um dos maiores desafios da empreitada. Este desafio surge em resultado da necessidade de, na fase de construção, ser conseguido o controlo de um conjunto alargado de factores que vão desde a mobilização de equipamentos e meios humanos até à compatibilização das condições técnicas do projecto com os imponderáveis que acabam sempre por ocorrer numa empreitada desta envergadura.

O rigor dimensional da peça executada acabou também por ser um dos aspectos que mais condicionou as decisões tomadas pela equipa de projecto, implicando um conjunto de

preocupações quer no dimensionamento do cimbra quer na análise do seu comportamento ao longo do desenvolvimento dos trabalhos das várias fases construtivas.

Neste contexto, a obtenção da solução do cimbra derivou de um conjunto de iterações sucessivas que se desenvolveram ao longo de cerca de três meses, entre as equipas do Construtor e dos projectistas, e que englobou praticamente todos os aspectos relacionados com a construção do elemento em análise. Como pontos mais relevantes, referem-se os seguintes:

- características do cimbra, quer no seu conjunto quer nos seus elementos constituintes;
- condições de apoio quer dos elementos de distribuição de cargas quer da estrutura de betão armado existente sob a zona de montagem do cimbra;
- sequências construtivas, interacção com as tensões geradas no cimbra e ajustes do mesmo;
- dimensionamento de armaduras das peças de betão armado da ponte para adaptação da estrutura às fases construtivas;
- dimensionamento do cimbra ao vento.

7. A VIGA PAREDE EM BETÃO BRANCO – PERSPECTIVA DE PROJECTO

A opção por betão branco arquitectónico na fachada principal do edifício implicou uma exigência ainda mais elevada da obra, tanto na sua concepção, dimensionamento e pormenorização, como na arte de bem construir.

A experiência da equipa de projectistas em obras anteriores de betão branco, mas acima de tudo o estudo conjunto com o Empreiteiro e com o Arquitecto dos melhores procedimentos, foram fundamentais para enfrentar este desafio.

Salientam-se a seguir os aspectos que se vieram a revelar preponderantes:

- a correcta definição de recobrimentos;
- a pré-pintura das armaduras;
- a definição dos momentos de descofragem;
- a correcta colocação de armaduras, com um cuidado especial quanto às deformações impostas;
- a adopção de descofrantes específicos;
- a protecção das zonas já betonadas;
- a definição de especificações para evitar contágios de coloração;
- a correcta inserção de juntas construtivas e de alhetas;
- a especificação pormenorizada dos tipos de cofragem e das classes de acabamento;
- as especificações relativas aos inertes.



Figura 6 – Pormenor de um protótipo da viga parede

Um dos aspectos que merece realce especial é a importância da realização de protótipos. Eles revelaram-se imensamente úteis para o estabelecimento de procedimentos construtivos que permitiram a obtenção dos níveis de qualidade esperados.

8. A VIGA PAREDE EMBETÃO BRANCO – PERSPECTIVA DE OBRA

Cada vez mais as soluções de arquitectura contemplam a execução de elementos de betão branco. Este facto tem vindo a exigir, também da parte de quem constrói, a obtenção de um “know-how” que até há relativamente pouco tempo era praticamente inexistente. Dado o elevado número de factores que contribuem para a obtenção de sucesso na execução deste tipo de elementos, é necessário que antecipadamente seja dada a devida atenção ao conjunto de processos envolvidos e que abrangem desde os fornecedores de inertes até aos operários que fazem a vibração do betão.

Para a Engil, a execução da viga parede em betão branco da Nova Sede da Telecel/Vodafone constituiu um desafio que motivou a criação de uma estrutura produtiva correctamente dimensionada e formada, que pudesse garantir a obtenção da qualidade pretendida pela equipa de Projectistas. Foram feitos diversos contactos preliminares com colaboradores da Engil, fornecedores e entidades externas que anteriormente já haviam participado na execução de peças em betão branco, o que permitiu à equipa de obra compilar um conjunto de dados relevantes relacionados com a escolha dos materiais e métodos a utilizar para a execução da peça em análise. Mas especialmente importante foi a execução de um protótipo em tamanho real de três painéis tipo, permitindo a identificação dos pontos críticos do elemento de betão a executar e abrindo caminho para o desenvolvimento de um conjunto de medidas de ajustamento do projecto, que reduziram substancialmente as probabilidades de aparecimento de não conformidades durante o desenvolvimento dos trabalhos. O protótipo permitiu ainda identificar quais os métodos de execução mais apropriados e a formação da equipa de operários que esteve envolvida na construção da viga parede.

Paralelamente, foi feita uma preparação de obra bastante exaustiva, cujo objectivo era dotar a frente de produção com uma informação clara e suficientemente detalhada que ajudasse a minimizar a eventual ocorrência de erros de execução por má interpretação dos elementos de projecto. Neste processo, foram tratadas as vertentes relacionadas com cofragens, com as armaduras, com os negativos de aligeiramento e com as sequências e formas de betonagem e vibração.

Independentemente do resultado obtido, deverá ser realçado que o espírito criado na equipa acabou por gerar um nível de envolvimento de operários, chefias e técnicos que em muito contribuiu para a resolução dos problemas encontrados.

9. CONCLUSÕES

Realizar esta Obra está a constituir uma experiência particularmente enriquecedora para os autores desta comunicação. Reafirmam-se três propósitos: a vontade de querer fazer bem, a

procura do rigor e o reconhecimento das mais valias numa colaboração dinâmica entre os intervenientes.



Figura 7 – Perspectivas da viga parede em betão branco

10. AGRADECIMENTOS

O Projecto de Estruturas da Nova Sede da Telecel/Vodafone é um trabalho de equipa para que contribuem os conhecimentos, experiência e espírito crítico de todos os engenheiros da Afassociados. Merecem particular destaque neste projecto, para além do seu Coordenador – Rui Furtado e do seu Director de Projecto – Pedro Pacheco, Luís Pedro Moás – co-autor da concepção estrutural, os nomes de António Adão da Fonseca, Rui Oliveira, Rodrigo Andrade e Castro, Rui Barbosa, João Dores, Filipe Ferreira e o Desenhador Paulo Costa.

Aos Arquitectos Alexandre Burmester e José Carlos Gonçalves, devemos o benefício do sentido inovador e determinação que impõem nos seus projectos, o que é para todos os intervenientes um desafio de ir mais além.

Ao Cliente, Telecel/Vodafone, agradecemos o seu entusiasmo com o projecto e a confiança demonstrada.