

## Comentários sobre o

### PROJETO DE EXECUÇÃO – FUNDAÇÕES E ESTRUTURAS

relativo à

### BENEFICIAÇÃO GERAL E AMPLIAÇÃO DA ESCOLA EB63 + JI PRAÇA DE GOA, FREGUESIA DE BELÉM

#### 1. Introdução

Por solicitação da Associação de Pais da Escola Básica do Bairro do Restelo, comenta-se o Projeto de Execução referente à reabilitação dos edifícios da Escola, na componente da especialidade de “*Fundações e Estruturas*”.

Os comentários são feitos com base em elementos diretamente disponibilizados pela Câmara Municipal de Lisboa, em 26/09/2018, referentes à “BENEFICIAÇÃO GERAL E AMPLIAÇÃO DA ESCOLA EB63 + JI - PRAÇA DE GOA, FREGUESIA DE BELÉM”, especificamente ao “PROJETO DE EXECUÇÃO – REV01 - VOLUME 02 – FUNDAÇÕES E ESTRUTURAS”, de Fevereiro de 2017, da autoria de “PROSPECTIVA, Projectos, Serviços, Estudos, S.A.”, contendo uma peça escrita, “Memória descritiva e justificativa”, com 421 páginas e peças desenhadas – 38 desenhos em 42 ficheiros dwg.

Os presentes comentários visam, exclusivamente, ajudar a analisar a componente de vulnerabilidade sísmica dos edifícios reabilitados após a intervenção de beneficiação em curso, não correspondendo a nenhuma ação, ainda que parcial, de revisão de projeto.

São também dirigidos à apreciação do comportamento sísmico dos edifícios existentes a reabilitar (os mais relevantes para a segurança da comunidade escolar), não sendo consequentemente dirigidos às novas construções, exceto quando estas integrem as soluções de reforço e apenas nessa medida.

Importa ainda referir que não são feitas nenhuma verificação dos cálculos efetuados, centrando-se os comentários na análise das bases do projeto, nas soluções de reforço adotadas e em alguns pormenores entendidos como relevantes para o adequado comportamento sísmico dessas soluções.

#### 2. Comentários às bases de projeto

A atual legislação aplicável à reabilitação de edifícios (Lei 32/2012 e Decreto-Lei 53/2014) aprovou “*medidas destinadas a agilizar e dinamizar a reabilitação urbana*” e estabeleceram um “*regime excecional e temporário a aplicar à reabilitação de edifícios*”, especificando que “*as intervenções em edifícios existentes não podem diminuir as condições de segurança e salubridade da edificação nem a segurança estrutural e sísmica do edifício*”.

Não foi esta a postura do projetista (e, acredita-se, do dono da obra), tendo sido assumido o desiderato de não só não diminuir a segurança sísmica existente (que é

explicitamente reconhecida no projeto como não adequada), como de adotar normativas que garantam um bom desempenho da estrutura a reabilitar face à ação sísmica. Comenta-se esta decisão saudando-a e apontando-a como positiva.

No projeto (pp.21) refere-se que *“a ação sísmica é simulada, em duas direções ortogonais, por meio de espectros de resposta, usando a análise dinâmica tridimensional da estrutura de acordo com a EN1998-1-1”*. Refere-se, ainda, que foram considerados os dois tipos de ação sísmica para a zona sísmica 3 (Lisboa), considerando o edifício como de classe de importância III e adotando um coeficiente de comportamento igual a 3,9.

É assim claro que foi adotado como base de projeto o especificado no Eurocódigo 8 – Parte 1 – “Regras gerais, ações sísmicas e regras para edifícios”, em alternativa à legislação ainda em vigor (Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes - RSA).

Considera-se adequada a adoção do Eurocódigo 8 (em alternativa ao RSA), embora se questione:

- porque não foi adotada, no que se refere à reabilitação e reforço estrutural, a correspondente parte 3 do Eurocódigo 8 – “Avaliação e reforço de edifícios”.

Ainda relativamente aos valores adotados para os diferentes parâmetros caracterizadores da ação sísmica, salienta-se a correta adoção de uma classe de importância III (pelo facto de se tratar de uma escola) e questiona-se:

- a não indicação do tipo de solo e do correspondente parâmetro S, não sendo claro o valor adotado;
- a consideração de um coeficiente de comportamento igual a 3,9 o que equivale a classificar como de ductilidade média uma estrutura que inclui elementos muito provavelmente não concebidos nem dimensionados para resistir à ação sísmica.

Tratando-se de uma reabilitação estrutural, em que a estrutura a reabilitar funcionará em conjunto com a nova estrutura de reforço, faria porventura mais sentido adotar o prescrito no Eurocódigo 8 – parte 3, o que teria como consequência a consideração de uma ação sísmica menos gravosa, mas também um coeficiente de comportamento mais reduzido, conduzindo, no cômputo global, a espectros de resposta de dimensionamento com valores superiores aos considerados.

### **3. Comentários à conceção das soluções de reforço adotadas**

No projeto, (pp. 36 e pp. 94) especifica-se que *“A solução de reforço estrutural traduz-se na inclusão de novos elementos verticais resistentes – lâminas de betão armado – que funcionam como elementos primários para a resistência à ação sísmica. Estes elementos limitam a deformabilidade horizontal da estrutura, adequando-a à capacidade de deformação dos elementos existentes. Os elementos verticais existentes são assumidos como elementos secundários que não contribuem para a resistência à ação sísmica”*.

Esta conceção global das soluções de reforço dos blocos 1 e 2 é adequada, quer pela introdução de novas paredes de betão (principalmente na direção transversal dos corpos), quer, no caso do bloco 1, pela existência de uma nova estrutura que confere resistência na direção longitudinal.

No entanto, a eficácia da solução depende da capacidade da estrutura para funcionar como um todo, ou seja do facto de as lajes poderem funcionar como um piso rígido no seu próprio plano.

A esse propósito, comenta-se no projeto (pp. 41) que *“As lajes de vigotas não são conhecidas na sua totalidade. Sabe-se que têm 0,20 m de espessura, que têm blocos cerâmicos, que estão armadas apenas na direção das vigotas (cujas dimensões são também desconhecidas) e que não apresentam deformações visíveis. Tendo estes fatores em conta, para os estados limites últimos, as lajes existentes foram modeladas como elementos Shell flexíveis de 0,15 m de espessura com a função de distribuir a carga para as vigas. Foram também bloqueados os esforços de torção.”*

Relativamente a esta caracterização das lajes existentes questiona-se:

- a espessura equivalente adotada para a laje (15 cm), quando se sabe que a lâmina do betão de capeamento não deverá ser superior a 5 cm;
- a possibilidade de a distribuição das “forças sísmicas” ocorrer não primordialmente em função da rigidez dos elementos verticais (como foi entendimento do projetista) mas antes em função da massa correspondente à área de influência adstrita a cada elemento vertical (em função da não existência de um piso rígido).

Ainda no projeto (pp. 41) afirma-se que *“No que diz respeito ao Bloco 01, admitimos que os pilares existentes vão ser suficientes apenas para dar resposta às cargas gravíticas. Em caso de sismo, os elementos de reforço serão responsáveis por conduzir as forças horizontais à fundação.”*

Por outro lado (pp. 62) diz-se que *“Os elementos reforçados com cantoneiras foram modelados como secções de betão armado, através de um betão C16/20, com tensão de cedência e inércias de flexão biaxial reduzidas, e com varões de aço de área, inércia e tensões de cedência equivalentes ao reforço das cantoneiras. Desta forma, considerando um aproveitamento elasto-plástico da secção e majorando conservativamente a solicitação do aço, foram garantidas as verificações aos estados limites.”*

Relativamente à modelação do comportamento dos pilares existentes e ao seu reforço questiona-se:

- quais os deslocamentos horizontais (entre pisos) sofridos pelos elementos verticais existentes (assumidos como elementos secundários que não contribuem para a resistência à ação sísmica), não esquecendo que esses deslocamentos devem ser calculados considerando um coeficiente de comportamento unitário, ou seja multiplicando por 3,9 os deslocamentos obtidos no cálculo automático;
- quais os esforços internos nesses elementos correspondentes aos deslocamentos efetivos;
- o facto de os pilares terem sido efetivamente reforçados no que diz respeito à resistência à flexão (pela introdução de cantoneiras) aumentando o momento fletor atuante induzido pela ação sísmica e conseqüentemente o esforço de corte atuante, sem que tenha sido feito reforço específico para esse esforço de corte (exceto nos pilares localizados em juntas de dilatação, os quais são totalmente encamisados por chapas metálicas).

#### **4. Pormenores entendidos como relevantes para o adequado comportamento sísmico**

Independentemente do nível da ação sísmica considerado, dos modelos de cálculo e do desenvolvimento do próprio cálculo e verificação de segurança, considera-se que um bom comportamento sísmico de uma estrutura depende essencialmente da conceção estrutural e da pormenorização dos elementos estruturais e das suas ligações.

Com efeito, constata-se que estruturas sujeitas a sismos intensos colapsam, muitas vezes devido à formação de mecanismos de colapso globais ou locais resultantes de detalhes nas ligações ou na pormenorização dos próprios elementos.

Em tudo o que respeita ao projeto de novos elementos estruturais nas novas áreas a construir, o projeto tem uma muito boa definição dos elementos e pormenorização.

No que diz respeito ao reforço dos elementos existentes e à interligação entre estrutura nova e existente, questiona-se:

- a continuidade das novas paredes entre os troços (piso 0 - piso1 e piso 1-piso2) pela forma de ligação de cada um dos troços à laje aligeirada hoje existente;
- a correspondência entre um modelo estrutural contínuo (provavelmente adotado nos cálculos) e a realidade da ligação projetada;
- a comparação entre a resistência efetiva da ligação projetada e os esforços atuantes obtidos para a secção em questão das novas paredes.

#### **5. Conclusões**

O tempo que mediou entre o pedido inicial de acesso ao projeto (2/3/2018) e a data da sua disponibilização, bem como facto de a obra estar entretanto já a decorrer, tornam praticamente inconsequentes a maioria das contribuições que poderiam ser dadas no sentido de melhorar a segurança sísmica dos edifícios da escola após a sua reabilitação.

No entanto, existem aspetos, que se classificam de relevantes, onde essa contribuição poderá ainda ser efetiva e útil, se tal também for entendido pelo projetista e pelo “dono da obra”.

Entre esses aspetos, dois há que se considera de especial pertinência:

- o reforço dos pilares existentes no que respeita à sua capacidade resistente ao esforço transversal, através de um encamisamento total (tal como projetado para os pilares em juntas estruturais), ou alternativamente cintagem através de chapas metálicas horizontais, distribuídas ao longo da altura do pilar e soldadas às cantoneiras projetadas, em alternativa ao projetado e pormenorizado (Reforço de pilares existentes) nos desenhos PE.008 e PE.038;
- a continuidade das armaduras longitudinais nas novas paredes a construir, por contraponto com a solução prevista no “pormenor de ligação entre parede resistente e laje existente” constante dos desenhos PE.012.1 e PE.017.1.

Lisboa, 27/10/2018

João J. R. T. Azevedo  
(Eng.º Civil)