

# Reforço de marquises de concreto armado

PAULO B. LOURENÇO – PROFESSOR CATEDRÁTICO

NUNO MENDES – DOUTOR EM ENGENHARIA CIVIL

INSTITUTE FOR SUSTAINABILITY AND INNOVATION IN STRUCTURAL ENGINEERING (ISISE) – UNIVERSIDADE DO MINHO

## I. INTRODUÇÃO

A cidade do Porto (Portugal) tem sido alvo de um processo de reabilitação do seu centro histórico e dos seus bairros municipais. Atualmente, o Porto tem cerca de 47 bairros municipais construídos entre 1950 e 2008, resultando em cerca de 13150 habitações e alojando cerca de 30515 pessoas. A reabilitação dos edifícios e dos espaços públicos dos bairros municipais teve por principais objetivos valorizar o parque habitacional municipal e melhorar as condições de vida dos seus inquilinos. A reabilitação dos bairros municipais englobou trabalhos não estruturais, como remoção de elementos

construtivos com amianto, pintura dos edifícios, substituição dos pavimentos e fecho das galerias comuns e das caixas de escadas através da aplicação de envidraçados. Além disso, a reabilitação incluiu a avaliação e reforço estrutural das marquises dos edifícios municipais.

A reabilitação estrutural teve por principal objetivo a avaliação e reforço das marquises de concreto armado de 21 bairros municipais, uma vez que correspondiam aos elementos mais vulneráveis. Os edifícios dos bairros municipais apresentam três tipos de marquises de concreto armado: (a) Marquises das galerias comuns de acesso às habitações existentes na fa-

chada principal (Figura 1a); (b) Marquises dos patamares das caixas de escadas comuns (Figura 1b); (c) Marquises individuais das habitações (Figura 1c).

A primeira fase dos trabalhos de reabilitação das marquises correspondeu ao diagnóstico e avaliação dos critérios de estabilidade. O diagnóstico incluiu o levantamento do dano através da inspeção visual, o levantamento geométrico, ensaios não destrutivos e moderadamente destrutivos. Os ensaios não destrutivos englobaram ensaios de deteção de armaduras e ensaios com recurso a esclerômetro do tipo de Schmidt para caracterização das propriedades e homogeneidade do



a



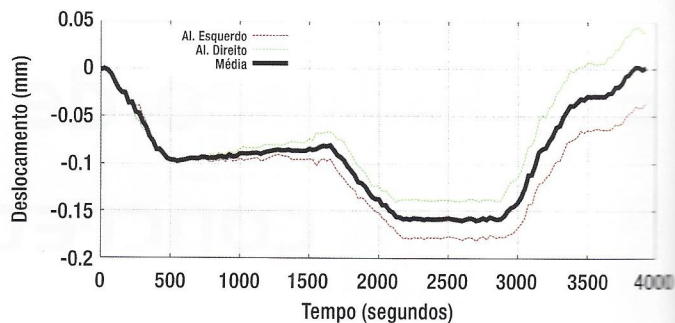
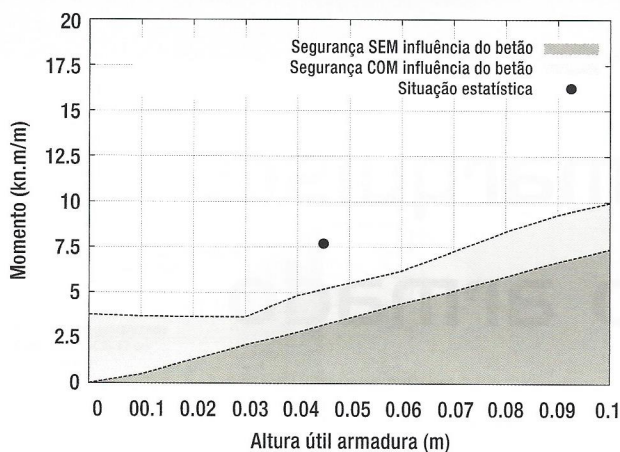
b



c

▶ Figura 1

Tipos de marquises de concreto armado dos bairros municipais: (a) Marquises das galerias; (b) Marquises das caixas de escadas; (c) Marquises individuais das habitações



► **Figura 2**

Verificação da estabilidade das marquises: (a) Exemplo da verificação da estabilidade com recurso a métodos analíticos para um bairro (momento resistente em função da altura útil da armadura considerando ou não a tensão resistente à tração do concreto e momento atuante estatístico tendo em consideração a variação dos parâmetros das marquises); (b) Exemplo da deformação da extremidade livre da marquise durante o ensaio de carga (exemplo em que marquise recupera em média a deformação aplicada)

concreto. Os ensaios moderadamente destrutivos incluíram a extração de amostras de concreto para realização de ensaios de determinação da tensão resistente à compressão e ensaios de determinação da profundidade de carbonatação. Além disso, abriram-se janelas para inspeção das armaduras e extração de amostras para realização de ensaios em laboratório de determinação da tensão resistente à tração do aço. Os resultados do diagnóstico permitiram definir a classe do concreto (C20/25), identificar dois tipos de aço em varão (vergalhões) não nervurado, nomeadamente aço de ductilidade normal ( $f_{y,k}=273$  MPa) e aço mais resistente com comportamento semelhante ao do aço endurecido ( $f_{y,k}=461$  MPa), e obter as características geométricas das marquises e a disposição das armaduras.

A verificação da estabilidade das marquises foi efetuada com recurso a métodos analíticos, em que as propriedades materiais foram definidas de acordo com os resultados obtidos nos ensaios (Figura 2a). Nesta primeira fase concluiu-se que 14 bairros apresentam marquises que não verificam os critérios

de estabilidade com os fatores de segurança regulamentares atualmente em vigor. Assim, numa fase posterior foram realizados ensaios de carga por amostragem nas marquises desses bairros (Figura 2b). A metodologia dos ensaios de carga incluiu dois critérios para verificação da estabilidade das marquises, nomeadamente: (a) Estabilização do comportamento em cada patamar de carga; (b) Valor máximo para a razão entre a flecha residual e a flecha máxima, no final do ensaio. Os resultados permitiram concluir que as marquises de 14 bairros não verificavam os critérios de estabilidade definidos na regulamentação em vigor (regulamentação diferente da regulamentação em vigor à data de construção). Note-se que cada bairro apresenta, em geral, mais do que um tipo de marquise e que, por exemplo, existiam bairros em que as marquises das caixas de escadas verificavam os critérios de estabilidade, mas as marquises das galerias não cumpriam os critérios de estabilidade. Como conclusão desta fase do estudo, foi definido que cerca de 1131 marquises de concreto armado deveriam ser reforça-

das (228 em galerias, 747 em caixas de escadas e 156 em habitações).

## 2. INTERVENÇÕES DE REFORÇO

O reforço das marquises de concreto apresentou diferentes tipos de intervenções, tendo em consideração o tipo de marquise a reforçar e as condicionantes existentes em cada caso, tais como a presença de redes de distribuição de águas, de instalações elétricas e de redes de gás junto das paredes de alvenaria pedra, as aberturas das portas e a necessidade de manter os edifícios operacionais durante a aplicação da intervenção. Além disso, a presença de várias redes no subsolo condiciona as intervenções que exigem fundações, como o reforço com recurso a perfis verticais junto da extremidade livre das marquises.

Nas marquises das caixas de escadas foram utilizadas duas técnicas de reforço: (a) Aplicação de rede eletrossoldada na face superior da marquise; (b) Aplicação de perfis metálicos pela face inferior da marquise. A primeira técnica de reforço exigiu o escoramento das marquises. Esta técnica apresentou um faseamento construtivo constituído



a



b

► **Figura 3**

Pormenores do reforço das marquises das caixas de escadas:  
(a) Aplicação nova armadura na face superior (rede eletrossoldada);  
(b) Aplicação de perfis metálicos pela face inferior

disponível da face exterior da viga condicionou o espaçamento máximo entre perfis devido ao reduzido momento resistente da ligação perfil/viga. A deformação das marquises exigiu a injeção dos vazios existentes entre a superfície inferior da marquise e o perfil metálico e entre a viga de apoio e a chapa da ligação com calda à base de cimento antes do aperto das ancoragens químicas. As marquises individuais das habitações foram totalmente fechadas durante a sua reabilitação, pelo que exigiram apenas a construção de uma parede de alvenaria na extremidade livre da marquise para transferência das cargas verticais ao solo de fundação.

No reforço das marquises das galerias foram utilizadas três técnicas de reforço. Na zona corrente (zona acesso às habitações) com laje no interior

pela remoção da camada superior do concreto existente, furação da laje para ancoragem das barras de aço da armadura de reforço, aplicação da armadura, selagem dos furos das ancoragens com ligante epóxi e aplicação de novo concreto na superfície superior da marquise (Figura 3a). A técnica de reforço através de aplicação de perfis metá-

cos IPE (IPE corresponde a um tipo de secção transversal de perfis metálicos definidos na norma europeia DIN 1025) na face inferior da marquise (Figura 3b) teve como principais condicionantes a altura livre disponível da face exterior da viga de apoio para aplicação das ancoragens químicas e a deformação existente das marquises. A altura livre



a



b



c



d



e



f

► **Figura 4**

Pormenores construtivos da aplicação das chapas em zona corrente das galerias: (a) Execução dos rasgos; (b) Limpeza das superfícies; (c) Aplicação da argamassa de epóxi; (d) Aplicação das ancoragens químicas; (e) Pormenor da aplicação das ancoragens químicas inclinadas na parede; (f) Vista geral após aplicação das chapas.



► **Figura 5**

Pormenores construtivos da aplicação de barras de aço na zona das caixas de escadas das galerias; (a) Pormenor da execução do furo na extremidade livre da marquise; (b) Vista após execução do furo; (c) Pormenor da barra com chapa de ancoragem, (d) Injeção com calda fluída na extremidade livre da marquise; (e) Vista do tubo de purga; (f) Aspecto final após reforço

das habitações e parede de alvenaria de pedra na extremidade de apoio das marquises foram utilizadas duas técnicas de reforço: (a) Aplicação de chapas em “L” na superfície superior das marquises; (b) Aplicação de barras aço com e sem luva no interior da marquise. O processo construtivo da primeira técnica de reforço (Figura 4) englobou a execução de rasgos na superfície superior da marquise, limpeza das superfícies, aplicação de chapas com 6 mm de espessura com recurso a argamassa de epóxi e ancoragens químicas (M16), ligação à parede de alvenaria através de ancoragens químicas inclinadas e reparação da superfície superior. Nas zonas correntes em que não foi possível ancorar as chapas à parede de alvenaria foram aplicados barras de aço de reforço no interior das marquises com amarração na laje interior das habitações. Esta técnica exigiu a furação das marquises a partir da extremi-

dade livre para colocação das novas barras de aço. Posteriormente, o furo foi injetado com calda fluída, garantindo o funcionamento conjunto do concreto e das barras de aço de reforço. As lajes interiores das habitações correspondem a lajes pré-moldadas com vigotas pré-esforçadas. Nos locais em que a zona de maciçamento das lajes interiores não apresentavam largura suficiente para a execução do comprimento de ancoragem da barra de reforço foram utilizados barras de aço com luva.

Por último, as marquises da zona das caixas de escadas (patamares) foram reforçadas através aplicação de barras de aço com chapa de ancoragem (Figura 5). Esta técnica de reforço assemelha-se à descrita anteriormente, com exceção do fato da força da barra de aço ser transferida para a viga de apoio através de uma placa metálica de ancoragem aplicada numa das extremidades da barra de reforço.

### 3. CONCLUSÕES

Esta comunicação apresenta aplicação de técnicas de reforço em marquise de concreto dos bairros municipais do Porto. Foram reforçadas cerca de 1131 marquise de 14 bairros através de diferentes técnicas que tiveram em consideração vários condicionamentos, nomeadamente:

- a) Reforço através de aplicação de rede eletrossoldada na superfície superior da marquise;
- b) Construção de uma parede de alvenaria na extremidade livre da marquise;
- c) Aplicação de chapas em “L” ancoradas na parede de alvenaria de pedra existente;
- d) Aplicação de novas barras de aço de reforço com e sem luva de ancoragem no interior das marquises e com amarração na laje interior;
- e) Aplicação de barras de aço de reforço com placa de ancoragem na zona das caixas de escadas. ◀