

# CONFINAMENTO DE PILARES DE BETÃO ARMADO REFORÇADOS TOTAL E PARCIALMENTE COM MANTAS DE CFRP SUBMETIDOS A CARREGAMENTOS CICLICOS DE COMPRESSÃO

Débora Ferreira<sup>1</sup> e Joaquim Barros<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Aluna de Doutoramento, DEC, Universidade do Minho

<sup>2</sup>Prof. Associado, DEC, Universidade do Minho



## RESUMO

*No sentido de contribuir para o aumento do conhecimento no âmbito do confinamento com sistemas de CFRP de elementos de pilar submetidos a carregamentos cíclicos de compressão, foi efectuado um programa experimental, cujos resultados são apresentados e analisados no presente trabalho.*

## 1- INTRODUÇÃO

A preocupação com a vulnerabilidade sísmica dos edifícios é um tema que vem merecendo preocupação crescente, dada a natureza catastrófica que tem uma ocorrência sísmica de elevada amplitude, quer em termos de dimensão humana quer material. Acresce a isto o facto de ser ainda significativo o número de estruturas que, por diversos motivos, se comportarão deficientemente se solicitadas por um evento sísmico de moderada-elevada intensidade. Uma das estratégias possíveis para diminuir o impacto humano e material da ocorrência deste tipo de eventos, passa por reforçar as zonas críticas deste tipo estruturas.

Podendo, de forma simplificada, considerar-se a acção sísmica como de carácter cíclica, e sendo os pilares elementos fulcrais na garantia da estabilidade global de uma estrutura porticada de betão armado, será de todo

oportuno explorarem-se os benefícios proporcionados por sistemas de reforço que aumentem a capacidade de absorção de energia deste tipo de elementos, quando submetidos a acções cíclicas. Sendo a acção cíclica horizontal a que merece especial cuidado, dado introduzirem esforços de flexão e corte, é, no entanto, também importante avaliar a eficácia de sistemas de reforço no comportamento de elementos de pilar submetidos a acções cíclicas de compressão. De facto, em diversas estruturas, a componente sísmica vertical pode ser de tal forma significativa, que conduza ao surgimento de esforços axiais capazes de provocar o colapso do pilar por esmagamento do betão e encurvadura da armadura longitudinal. Essa acção sísmica pode ser simulada, de forma simplificada, por carregamento cíclico de compressão axial, o qual foi o adoptado no presente trabalho, no sentido de se avaliar o desempenho de sistemas de confinamento baseados na aplicação de

manta de fibras de carbono (CFRP), quer para aumentar a capacidade de carga como de absorção de energia de elementos de pilar de betão armado de secção circular.

Este trabalho tem por objectivo o estudo do comportamento de elementos de pilar de betão armado, de secção circular confinados parcial e totalmente com mantas de fibras de carbono, sujeitos a acções cíclicas.

## 2- SISTEMAS DE CONFINAMENTO E INSTRUMENTAÇÃO

Para avaliar a influência do carregamento cíclico de compressão no comportamento de provetes de betão armado confinados com sistemas discretos e contínuo em manta de CFRP, efectuou-se um programa experimental constituído por uma série de ensaios monotónicos e cíclicos com 14 provetes cilíndricos de 600 mm de altura e 200 mm de diâmetro (ver Tabela 1 e figura 1), em betão de 30 MPa de resistência à compressão aos 28 dias, armados com varões longitudinais  $\phi 8$  e confinados com manta tipo CF120 S&P 240 (200 g/m<sup>2</sup>).

Tabela 1 - Características das séries de ensaios.

Designação do provete (WiLk_c/m)	Tipo de ensaio	W [mm]	L
W45L3_c	Cíclico	45	3
W45L3_m	Monotónico		
W45L5_c	Cíclico	45	5
W45L5_m	Monotónico		
W60L3_c	Cíclico	60	3
W60L3_m	Monotónico		
W60L5_c	Cíclico	60	5
W60L5_m	Monotónico		
W600L3_c	Cíclico	600	3
W600L3_m	Monotónico		

A cada provete foi atribuída a designação *WiLk\_c/m*, em que *Wi* é a largura da faixa com *i*= 45, 60 e 600 mm e *Lk* é o número de camadas por faixa com *k* igual a 3 e 5. Para distinguir os ensaios cíclicos dos monotónicos foi atribuído aos ensaios cíclicos a letra *c* e aos ensaios monotónicos a letra *m*. Para cada série de ensaios (*WiLk*) ensaiaram-se dois provetes, um à compressão monotónica e outro à compressão cíclica. Também foram ensaiados provetes de controlo, dois de betão simples (BS\_m e BS\_c) e dois de

betão armado com varões longitudinais  $\phi 8$  (BS\_ $\phi 8$ \_m e BS\_ $\phi 8$ \_c). Os procedimentos relativos ao confinamento dos provetes estão apresentados, com pormenor em Ferreira e Barros (2004).

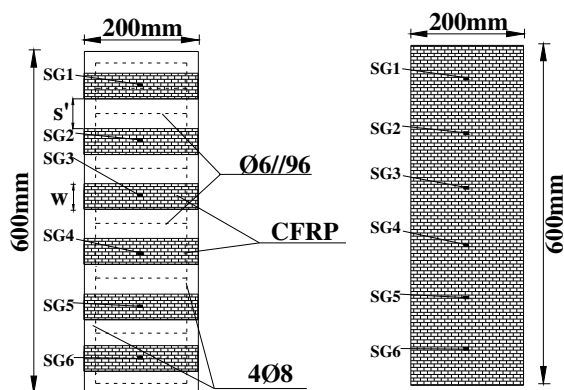


Figura 1 – Sistemas de confinamento adoptados

Os ensaios foram realizados numa prensa servo-controlada que permite efectuar ensaios em malha fechada até uma carga máxima de cerca de 2250 kN. A extensão axial do provete foi determinada por intermédio de três LVDTs de  $\pm 12.5$  mm de campo, dispostos segundo o esquema representado na Figura 2. Para determinar as extensões ocorridas nas faixas de manta de CFRP foram colocados extensómetros segundo a disposição apresentada na Figura 1. Os extensómetros foram colados na face exterior da camada mais externa, no sentido das fibras. Também foram instrumentados dois varões de aço longitudinais. Os extensómetros foram colocados virados para a face exterior do provete. Os provetes sujeitos a carregamento cíclico foram ensaiados sob controlo de força à velocidade de 15 KN/s, enquanto os provetes sujeitos a carregamento monotónico foram ensaiados sob controlo de deslocamentos, à velocidade de 5  $\mu$ m/s, utilizando-se para tal o deslocamento lido num LVDT de 20 mm de campo e 0.05% de linearidade, ver Ferreira e Barros (2006).

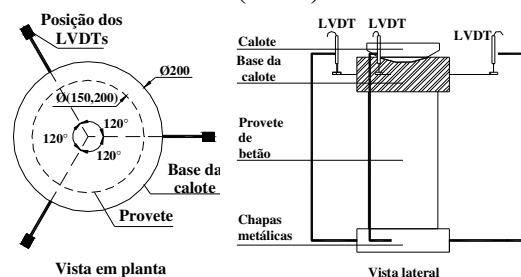


Figura 2: Posição dos LVDTs utilizados para avaliar a extensão axial do provete

### 3- RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Na Figura 2 apresentam-se as curvas que relacionam a tensão com a extensão axial nos provetes ensaiados com carregamento cíclico (WiLk\_c) e monotónico (WiLk\_m), confinados com faixas de 45, 60 e 600 mm de altura. A tensão é o cociente entre a força aplicada e a área da secção transversal do provete. A extensão é a média registada nos três LVDTs a dividir pela altura inicial do provete.

Da observação das curvas tensão versus extensão axial e extensão média no CFRP, das diferentes séries é possível concluir que, em geral, a curva monotónica pode considerar-se como sendo a envolvente da resposta cíclica. Contudo, esta concordância é um pouco menor nos modelos confinados com faixas de 45 mm de largura em comparação com os modelos confinados com faixas de 60 mm. Uma possível justificação para este comportamento pode estar no maior afastamento entre cintas que existe nos provetes confinados com faixas de 45 mm, o que provoca uma maior encurvadura dos varões de aço e, conseqüentemente, uma maior degradação do betão entre cintas. Justificação similar foi apontada por Rodrigues (2005). Para o provete totalmente confinado esperava-se uma maior aproximação entre a curva monotónica e a envolvente do ensaio cíclico, mas tal não se verificou. Uma possível justificação poderá estar relacionada com alguma irregularidade no fabrico do provete. Em termos de ductilidade verifica-se que aumenta com a percentagem de confinamento, tendo-se registado valores 7 a 10 vezes superiores ao registado nos provetes de referência. Em termos dos modos de rotura estes foram tão mais violentos quanto menor era o volume de betão não confinado entre faixas de CFRP.

### 4 - REFERÊNCIAS

Ferreira, D.R.S.M., Barros, J.A.O. - "Confinamento por cintagem total e parcial de elementos de betão com mantas de fibras de carbono", Relatório Técnico No. 04-DEC/E-29, Departamento de Eng<sup>a</sup> Civil da Universidade do Minho,- 2004. ([www.civil.uminho.composites](http://www.civil.uminho.composites))

Ferreira, Débora e Barros, Joaquim - "Elementos de pilar de betão armado confinados com sistemas de CFRP submetidos a carregamentos cíclicos de compressão" *JPEE 2006, 4as Jornadas Portuguesas de Engenharia de Estruturas*.

Rodrigues, C.M.C., (2005) - "Comportamento às acções cíclicas de pilares de betão armado reforçados com materiais compósitos", *tese de doutoramento*, Universidade Nova de Lisboa, pp. 427.

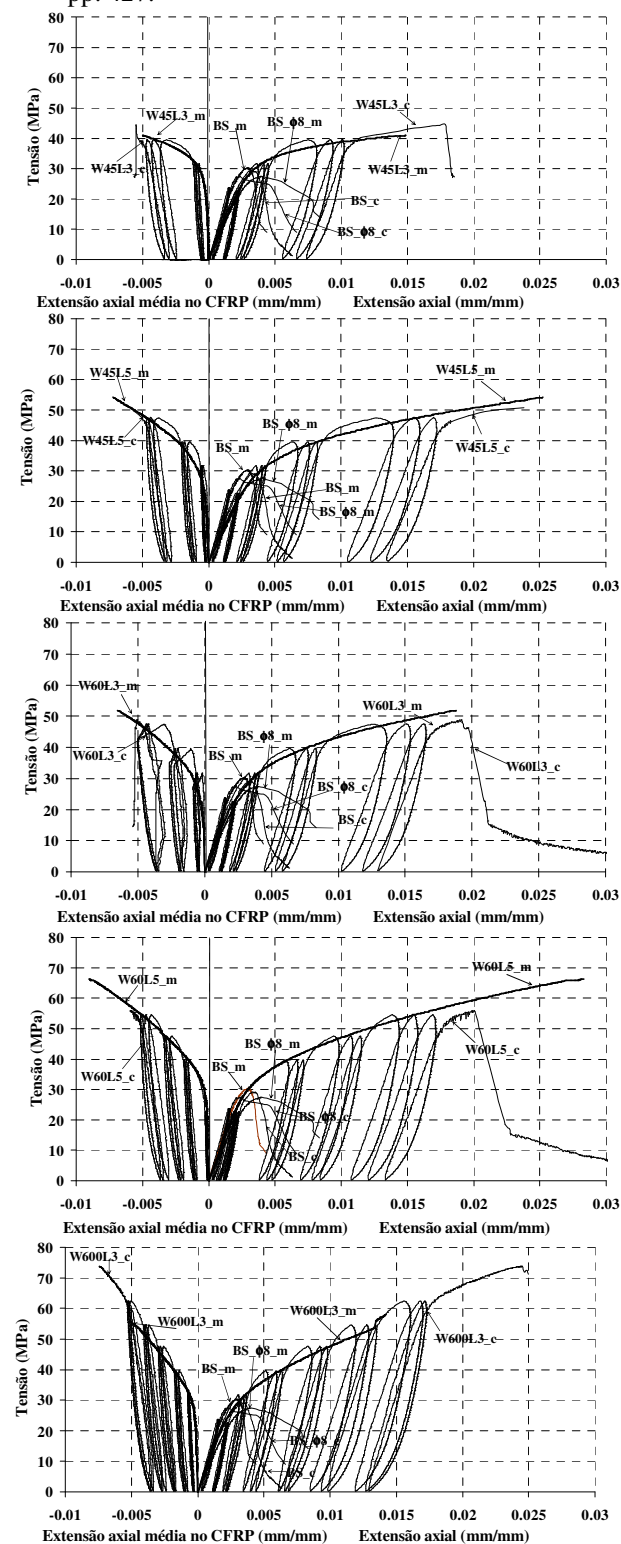


Figura 2 – Curvas tensão versus extensão axial e extensão no CFRP.

