

# REFORÇO DE VIGAS DE BETÃO ARMADO COM ARMADURAS PÓS-INSTALADAS DE AÇO OU DE FRP

## STRENGTHENING OF RC BEAMS WITH POST-INSTALLED STEEL BARS OR FRP COMPOSITES

**Carlos Chastre**

*CERIS, ICIST, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA de Lisboa*

**Hugo Biscaia**

*FSE, UNIDEMI, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA de Lisboa*

**Noel Franco**

*Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA de Lisboa*



### RESUMO

Neste artigo apresentam-se e analisam-se um conjunto de ensaios realizados em vigas de betão armado reforçadas com armaduras pós-instaladas de aço ou de FRP, incluindo os referentes a uma nova técnica (CREatE) desenvolvida na FCT NOVA. Os resultados experimentais permitiram concluir que a técnica CREatE possibilita aumentos de resistência e ductilidade consideráveis face às técnicas tradicionais.

Palavras-chave: Reforço de Estruturas / Betão Armado / Vigas / Aço Inox / Compósitos de FRP

### SUMMARY

This paper presents and analyses some tests on reinforced concrete beams, which had been previously strengthened with post-installed steel bars or FRP composites, and also a new technique (CREatE) developed in the FCT NOVA. The experimental results led to the conclusion that CREatE enables considerable increases in strength and ductility when compared with traditional techniques.

Keywords: Strengthening Structures/ Reinforced Concrete/ Beams / Stainless Steel / FRP Composites

## CONCLUSÕES

Da análise dos ensaios realizados constata-se que a técnica de reforço CREatE proporcionou modos de rotura expectáveis pela armadura (c) ou pelo betão (f), melhorou o comportamento à flexão e ao esforço transversal e permitiu um aumento significativo da carga na cedência e na rotura, tendo melhorado significativamente a ductilidade em deslocamento das vigas reforçadas com esta técnica. A versatilidade de aplicação desta nova técnica (CREatE) permite aplicar as armaduras de reforço coladas pelo exterior (EBR) ou inseridas no recobrimento (NSM), tirando assim partido das vantagens associadas a cada um destes métodos de reforço.

O trabalho desenvolvido permitiu obter as seguintes conclusões principais:

As técnicas NSM e EBR, nas condições em que foram executadas, tendem a apresentar roturas prematuras e, por isso, não permitem tirar o total desempenho das soluções de reforço com armadura de aço inox ou de laminados de CFRP. Em ambos os casos as roturas foram frágeis;

A técnica CREatE permite mobilizar totalmente a armadura de reforço. Apesar das grandes deformações a que as vigas reforçadas com este sistema estiveram sujeitas e da abertura de fendas significativa daí resultante, constatou-se que o sistema de ancoragem era totalmente eficaz evitando roturas prematuras;

A técnica de reforço CREatE utilizando dois tipos diferentes de armadura de reforço (aço inox ou laminados de CFRP), apresentou globalmente um desempenho bastante superior ao das técnicas EBR e NSM pois, ao contrário destas, apresentou roturas clássicas, aumentou a rigidez elástica de flexão, permitiu aumentar a capacidade de carga na cedência e na rotura e demonstrou elevada ductilidade pós-cedência; Face às vigas de referência não reforçadas, as vigas reforçadas com a técnica CREatE permitiram aumentar a carga na rotura em cerca de 50% quando se utilizaram armaduras de Aço Inox e em 80% quando se utilizaram como armaduras de reforço os laminados de CFRP. Em termos de ductilidade em deslocamento o aumento também foi significativo, para valores superiores a 270% no caso do reforço com Aço Inox e 230% no reforço com laminados de CFRP.

## REFERÊNCIAS

- Biscaia, H., et al. (2013). A smeared crack analysis of reinforced concrete T-beams strengthened with GFRP composites. *Engineering Structures*. 56(November): p. 1346-1361.
- Biscaia, H., C. Chastre, D. Cruz e N. Franco (2016a). "Flexural Strengthening of Old Timber Floors with Laminated Carbon Fiber Reinforced Polymers." *J. of Comp. for Construction*: 04016073.
- Biscaia, H., N. Franco, R. Nunes, e C. Chastre (2016b). Old suspended timber floors flexurally-strengthened with different structural materials. *Key Engineering Materials*, 713, 78-81. doi:10.4028/www.scientific.net/KEM.713.78
- Carvalho, T., et al. (2010). Flexural Behaviour of RC T-Beams Strengthened with Different FRP Materials, in *The Third International fib Congress and Exhibition "Think Globally, Build Locally"*, fib: Washington DC. 12p
- Carvalho, T. (2011). Reforço à flexão de vigas de betão armado com compósitos de CFRP. *Dissertação de mestrado, Universidade NOVA de Lisboa*.
- Chastre, C. (2014). *Materiais e tecnologias de reforço de estruturas de betão - potencialidade e limitações*. REHABEND 2014 - Congresso Latinoamericano "Patología de la construcción, Tecnología de la rehabilitación y gestión del patrimonio". Santander: 10p.

- Chastre, C., H. Biscaia, A. Monteiro e N. Franco (2016a). Análise experimental de vigas de betão armado reforçadas à flexão com compósitos de FRP. TEST&E 2016 - 1º Congresso de Ensaios e Experimentação em Engenharia Civil. IST, Lisboa.
- Chastre, C., H. Biscaia, N. Franco e A. Monteiro (2016b). Experimental Analysis of Reinforced Concrete Beams Strengthened with Innovative Techniques. 41th IAHS Word Congress of Housing. Sustainability and Innovation for the Future. Albufeira, Portugal: 10p.
- Faustino, P. e C. Chastre (2016). "Flexural strengthening of columns with CFRP composites and stainless steel: Cyclic behavior." Journal of Structural Engineering 142(2): 04015136.
- Franco, N., C. Chastre e H. Biscaia (2014). Análise do desempenho à flexão de vigas de betão armado reforçadas com armaduras de aço inoxidável. JPÉE2014 – 5ª J. Portuguesas de Eng. de Estruturas, Encontro Nacional Betão Estrutural 2014. LNEC, Lisboa, Portugal: 15p.
- Franco, N., C. Chastre e H. Biscaia (2016). Análise experimental do comportamento à flexão de vigas de betão armado reforçadas com armaduras pós-instaladas de aço inoxidável. TEST&E 2016 - 1º Congresso de Ensaios e Experimentação em Engenharia Civil. IST, Lisboa, Portugal: 8p.
- Monteiro, A. (2014). Reforço de vigas de betão armado com armaduras exteriores de FRP. Dissertação de mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA de Lisboa.
- Oehlers, DJ (2006). FRP plates adhesively bonded to reinforced concrete beams: generic debonding mechanisms. Adv Struct Eng:737–50.
- Rodrigues, C. C. (2005). Comportamento às acções cíclicas de pilares de betão armado reforçados com materiais compósitos. Tese de doutoramento, Universidade NOVA de Lisboa.
- Rodrigues, C. C. and M.A.G. Silva (2007). Cyclic compression behaviour of polymer concrete. Journal of Polymer Engineering. 27(6-7): p. 525-545.
- Rodrigues, C. C., H. Biscaia, N. Franco and A. Monteiro (2016). Structural Strengthening System with Internally Anchored Reinforcement by Adherence. WIPO | PCT. WO 2016005941 A1: 37p.