



## **ANÁLISE DO DESEMPENHO ESTRUTURAL DE VIGA DE CONCRETO ARMADO RECUPERADA E REFORÇADA À FLEXÃO USANDO-SE O MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS (MEF)**

Jessica Fernandes Gurgatz (PIBIC/CNPq/Uem), Vladimir José Ferrari (Orientador), e-mail: jessicagurgatz@gmail.com

Universidade Estadual de Maringá / Centro de Tecnologia /Maringá, PR

### **Engenharia Civil - Estruturas de Concreto**

**Palavras-chave:** Vigas. Simulação computacional. Propriedades plásticas.

#### **Resumo:**

Foram simuladas, pelo Método dos Elementos Finitos, duas vigas de concreto armado, uma convencional e outra recuperada com compósito cimentício e reforçada com mantas de fibra de carbono. A simulação computacional foi realizada para comparação de resultados com os dados experimentais obtidos por Ferrari (2007). Utilizando o programa ABAQUS, se realizou três fases de análise, na primeira as vigas foram simuladas com os materiais elásticos, na segunda apenas as propriedades plásticas do aço foram adicionadas ao modelo. Por último se inseriu as propriedades plásticas do concreto e do compósito cimentício. No caso da viga reforçada, o resultado ficou menos próximo do real, devido a considerações do modelo de concreto e aderência entre as mantas e a viga. Quando se considerou os materiais com sua propriedades não-lineares, o programa apresentou certas dificuldades de convergência.

#### **Introdução**

A indústria da Construção Civil está cada vez mais em evolução, diversas pesquisas com materiais, técnicas construtivas e demais tecnologias. Dentre essas pesquisas destacam-se as pesquisas com reforço estrutural. Com o objetivo de reduzir custos com ensaios em laboratório, podem ser utilizados softwares que simulam qualquer tipo de laboratório, onde é possível obter resultados confiáveis acerca de deslocamentos, fissurações e patologias em geral.





Neste trabalho foi feita a validação do software por meio da comparação de seus resultados teóricos com os resultados experimentais do rompimento de vigas de concreto armado recuperadas e reforçadas já efetuado no trabalho de Ferrari (2007). O método de resolução do software utilizado foi o Método dos Elementos Finitos para a convergência dos resultados.

## **Materiais e métodos**

### *Propriedades das vigas*

As vigas analisadas são as vigas V1A e V2C retiradas do trabalho de Ferrari (2007). A viga V1A é uma viga de concreto armado sem reforço e possui seção transversal retangular de 17 cm x 35 cm, comprimento total de 360 cm e vão livre de 320 cm. Como armadura longitudinal inferior foi utilizado duas barras de aço CA50, com 12,5mm de diâmetro, como armadura longitudinal superior duas barras CA50 com 6,3 mm de diâmetro. A armadura transversal foi formada por estribos com barras de aço CA50 de 6,3 mm de diâmetro, espaçados a cada 12 cm.

A viga V2C teve seu banzo tracionado demolido e reconstituído com compósito cimentício de alto desempenho, e posteriormente reforçado com três camadas de manta de fibras de carbono com 1,7 mm de espessura cada. As armaduras, seção transversal e comprimento são os mesmos que a viga V1C.

### *Montagem e simulação dos modelos*

Primeiramente se fez a montagem do modelo, transferindo para o programa todas as informações das vigas em questão, como geometria, materiais e condições de contorno. Após montagem do modelo foi executado uma análise para obtenção dos resultados.

Primeiramente foi criado a viga V1A, que serviu de referência para a montagem da viga V2C, recuperada e reforçada. O modelo foi construído com condição de simetria e em apenas duas dimensões, para melhorar o desempenho da malha de elementos finitos e diminuir o esforço computacional. Para melhor entendimento dos resultados e fácil interpretação de erros ocorridos durante a montagem da viga primeiramente





elas foram executadas primeiramente com o concreto e aço em comportamento elástico e em seguida em comportamento plástico.

## Resultados e Discussão

Na fase final de simulação a viga V1A atingiu 58% da carga de ruptura, isso devido a problemas no modelo de fissuração. O comportamento da curva de análise computacional segue o mesmo comportamento da curva de análise experimental, coincidindo o ponto de fissuração e curva na segunda fase do carregamento.

No gráfico de análise da viga V2C (Figura 1) a curva está um pouco afastada da curva experiencial, diferente da viga V1A, onde as duas estão muito próximas. O afastamento das curvas se deve ao aumento de rigidez da viga, o que pode ser causado um pouco pela inserção da manta de PRFC do compósito cimentício no modelo e devido ao modelo de concreto utilizado. Na criação de aderência entre as partes da viga se considerou uma ligação perfeita, o que contribuiu para o aumento da resistência à flexão da viga, o que não ocorre no modelo real.

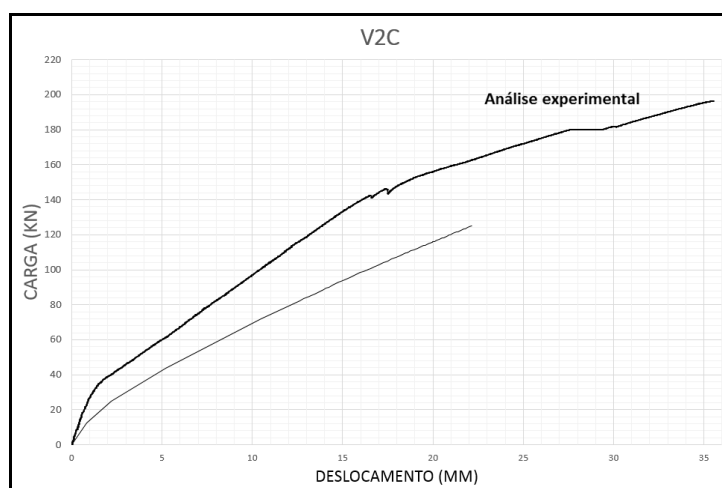


Figura 1 - Gráfico análise computacional e experimental viga V2C.

## Conclusões

Na viga convencional o ponto na curva que representa o início da fase de fissuração ficou bem representado, porém não foi possível obter o ponto





onde a viga se rompeu. Isso se deve ao fato de que o modelo utilizado para o concreto não possui opção para se inserir a carga de ruptura experimental. O modelo de aço utilizado também é um dos parâmetros que causaram afastamento das curvas. Ao se inserir os dados no programa, levamos em consideração que após o escoamento o aço possui um comportamento linear, o que não ocorre no caso real.

A viga recuperada e reforçada apresentou um resultado um pouco distante do real. Além do modelo utilizado para o concreto e aço não representar completamente o comportamento real da viga, há também o fato do compósito cimentício ser representando por este mesmo modelo. Mesmo existindo na biblioteca do ABAQUS modelos que representem compósitos reforçados com fibra, não foi possível utilizá-lo devido ao fato de não haver dados suficientes para a sua simulação.

Devido a convergência do modelo, não se obteve uma análise completa do comportamento das vigas, porém as mesmas se aproximaram da fase de ruptura, seguindo o mesmo comportamento da viga experimental.

## Referências

ARAÚJO, J.M. **Curso de concreto armado**, v.1, 3.ed. Rio Grande, Dunas, 2010.

CHEN, G. M.; CHEN, J. F.; TENG, J. G. On the finite element modelling of RC beams shear-strengthened with FRP. **Construction and Building Materials**, v. 32, p.14, 01/jul. 2012.

FERRARI, V. J. **Reforço à flexão de vigas de concreto armado com manta de polímero reforçado com fibras de carbono (PRFC) aderido a substrato de transição constituído por compósito cimentício de alto desempenho**. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

VERÍSSIMO, G. de S., **Abaqus - Conceitos Básicos, Tradução**, UFMG, Minas Gerais, 2006.

