

# Recuperação em vigas e lajes em concreto armado que apresentam grandes deformações verticais

EVERARDO RUIZ CLAUDIO\*

Com a necessidade cada vez maior para aumentar a qualidade e produtividade na construção civil, o setor buscou diversos sistemas construtivos que resultavam em aumento de produção, entre eles: construção a seco (dry wall e light steel framing), sistema PEX (sistema de tubos de polietileno reticulado), colocação de “kit porta pronta”, piso box, e assim por diante.

Com a busca incessante da produtividade e eficiência na construção, buscou-se também projetos com o PMI (Project Management Institute), PMBOK, BIM (Building Information Modeling ou Building Information Model) que significa Modelagem da Informação da Construção ou Modelo da Informação da Construção. Trata-se de um conjunto de informações geradas e mantidas durante todo o ciclo de vida de um edifício. Ou seja, não apenas na execução, mas também na manutenção da edificação.

E não poderia ficar de fora desse processo todo, a recuperação estrutural. Até porque com o crescimento econômico do Brasil em anos anteriores, tivemos o crescimento do mercado de retrofit e que necessitava em sua maioria de reforços estruturais, devido à idade das construções e de mudança de uso das mesmas.

Acreditou-se que o concreto armado teria durabilidade perene, entretanto constatamos muitos casos nos quais patologias decorrentes de agressões químicas e/ou físicas manifestam-se precocemente e com isso implica a redução da vida útil da estrutura.

Essa questão é recorrente na engenharia civil. A solução então está em projetar sua recuperação estrutural com o objetivo de normalizar todas manifestações patológicas e ainda projetar os reforços para que tais estruturas voltem com suas capacidades iniciais e/ou para maiores solicitações mecânicas em função de mudança de uso em edificações ou outros fatores.

Visando adicionar rigidez e resistência mecânica à estrutura para garantir a solidez da mesma, a primeira alternativa era au-

mentar a seção original de concreto armado.

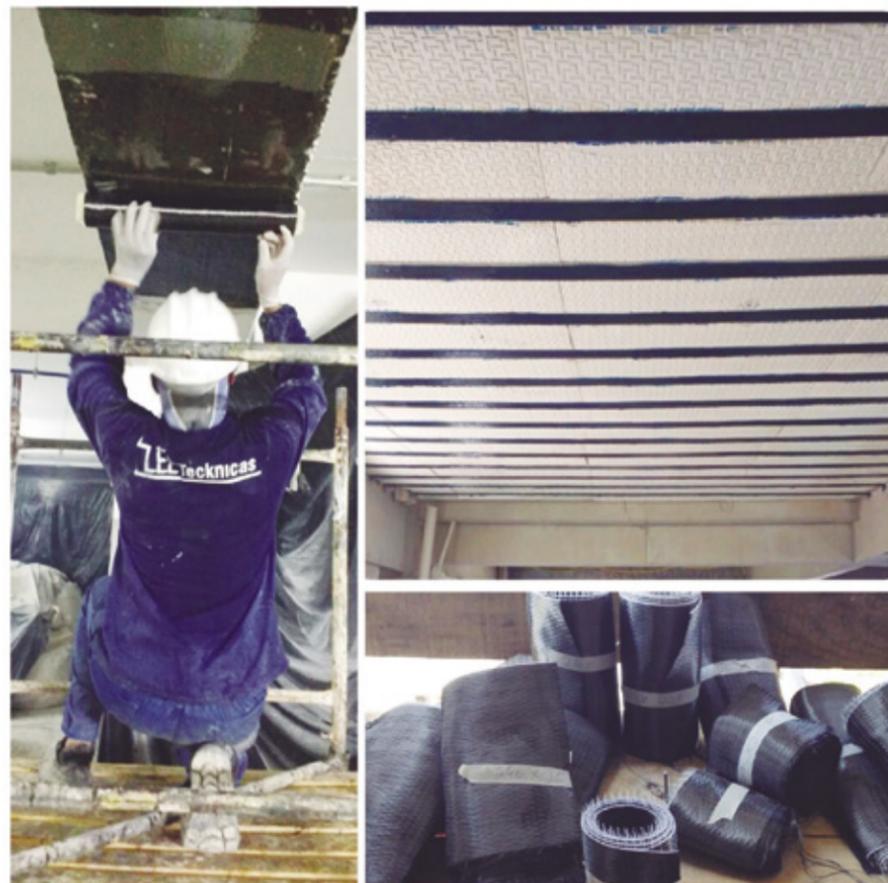
Porém esta solução, em sua maioria encontrava dificuldade no preparo da superfície de concreto e na implantação de nova armadura e suas respectivas ancoragens químicas com resinas, nos prazos envolvidos – que geralmente tratando-se de necessidade de reforço os prazos são curtos.

Entretanto a contraindicação principal era em relação o acréscimo das dimensões da estrutura em geral que em muitos casos, além de descaracterização da concepção arquitetônica original, tornava inviável tecnicamente esse tipo de reforço, inclusive tam-

bém em muitos casos a questão de “sujeira e poeira” impossibilitando edificações que não podem paralisar suas atividades, como hospitais, clínicas, indústrias etc.

Com o exposto acima iniciou-se a utilização da fibra para tratar dos reforços estruturais, sendo que uma das fibras que mais vem sendo utilizada para esse reforço é a de carbono, que possui características de alta resistência, peso próprio bem baixo, grande durabilidade e a capacidade de atender formas complexas.

A aplicação da manta de carbono é rápida e prevê uma camada de preparador de



Aplicação de tecido de fibra de carbono com resina estruturante após a aplicação de primer epóxi

FOTOS: DIVULGAÇÃO

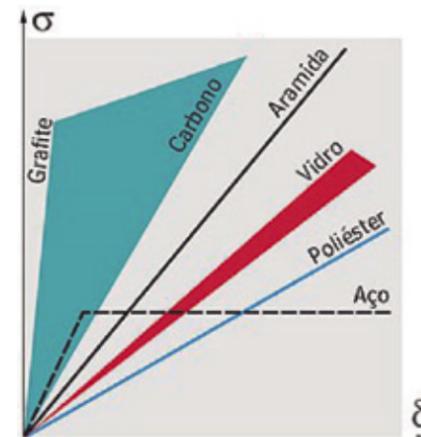


Figura 1 - Diagrama (tensão x deformação) dos plásticos

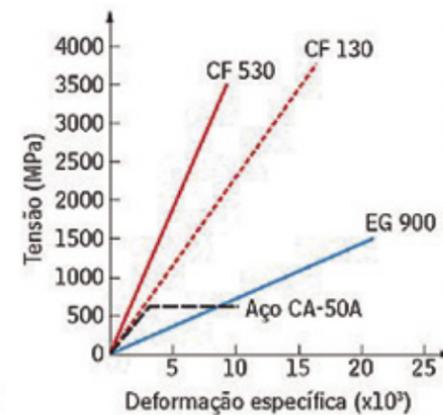


Foto do arquivo pessoal Ari de Paula Machado

superfície, massa reparadora, epóxi saturante e, finalmente, a fibra de carbono. Os compósitos de fibra de carbono resistem a tensões de tração de até 4 500 MPa (aproximadamente dez vezes mais que o aço de construção), e podem apresentar módulo de elasticidade de 230 GPa.

Além disso, diferente do aço, o material não é afetado pela corrosão eletroquímica e resiste aos efeitos corrosivos de ácidos, álcalis, sais e outros agentes agressivos.

O reforço estrutural com fibra é um sistema que requer uma atenção no cumprimento das normas e técnicas adotadas na sua execução, atentando-se ao tipo de fibras utilizadas, espaçamentos, espessura das camadas e principalmente muito cuidado no cálculo estrutural e na execução.

Infelizmente ainda não temos no Brasil Normas Técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), portanto a metodologia adotada fundamenta-se nas normas internacionais que regulamentam o uso de fibras de carbono. Usamos também as que regulamentam a execução de reforço estrutural e de projetos estruturais, como a NBR 8800 Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios.

A principal característica deste método é que a fibra tenha a função de suportar as tensões que são exigidas à estrutura que receberá os reforços.

Desta forma a boa execução dos reforços, ou seja, a aplicação da fibra exatamente nos pontos que irão sofrer uma incidência maior das tensões. Deve-se evitar a aplicação das fibras em pontos desnecessários que não irão receber tensões quer seja do peso próprio, como da sobrecarga devido ao uso, e por isso este método é chamado de racionalizado. A racionalização está em

evitar desperdícios, pois tudo é devidamente calculado e planejado antecipadamente.

Simplificando, os compósitos são formados pela combinação de dois ou mais materiais realizada de maneira a otimizar as características individuais. Nesse sentido, o concreto em si já pode ser considerado um compósito, já que é formado por agregados imersos em uma matriz cimentícia.

Entretanto, os compósitos para reforço estrutural são fundamentados em uma matriz polimérica com fibras distribuídas de forma que possam reagir aos esforços solicitantes com desempenho máximo. Diversas fibras podem ser utilizadas, como o vidro, carbono e boro. No entanto, o comportamento e as propriedades do compósito vão depender da natureza, da forma, do arranjo estrutural e da interação entre os componentes (figura 1).

## VANTAGENS

A principal vantagem, diz respeito à velocidade de execução e à pouca interferência provocada no ambiente, o que favorece o uso em edificações em funcionamento e em edificações históricas e até tombadas pelo Patrimônio Histórico e que não podem ter suas geometrias e dimensões alteradas, pois, em geral, como a espessura do tratamento não chega a 1 cm, a solução tem potencial de crescimento em prédios históricos, onde o reforço deve ser executado de forma a não comprometer as características estéticas originais.

## DESVANTAGENS

Embora crescente, no Brasil o número de aplicações ainda é reduzido, principalmente em virtude do custo, já que os componentes do sistema ainda são quase todos importados. O reforço com fibra de carbono custa 40% a 50% mais do que as soluções convencionais. “Por isso, o uso fica restrito

a situações em que outros sistemas não atendem, como obras com grande limitação de espaço ou em edificações em funcionamento, como hospitais e indústrias, onde sujeira e ruído podem trazer muitos transtornos”.

## CUIDADOS

É necessária atenção com as resinas epóxi – usadas como camada intermediária para a formação da manta –, que perdem aderência se expostas a altas temperaturas. A umidade também deve ser observada, pois acima de 80% pode fazer com que a cura da resina seja mais lenta. É recomendável, ainda, a colocação de uma camada de argamassa para revestimento e proteção da manta pronta para que não fique vulnerável a vandalismos ou incêndios. Projeto e execução de detalhes de ancoragem e de proteção contra o fogo são fundamentais. ☹

\*Everardo Ruiz Claudio é engenheiro, professor, consultor e perito, coordenador da Divisão Técnica Qualidade e Produtividade do Instituto de Engenharia, mestrand o “Máster en Energías Renovables da Universidad Europea del Atlántico”, Espanha E-mail: contato@eve.eng.br

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] MACHADO, ARI DE PAULA; MACHADO, BRUNO ALBERTO - Reforço de Estruturas de Concreto Armado com Sistemas FRP – Teoria e Prática – São Paulo: Editora Pini.
- [2] ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas – “Projeto de Estrutura de Concreto – Procedimento” - NBR 6118, 2007.
- [3] ARAÚJO, C. M. – “Reforço de Vigas de Concreto à Flexão e ao Cisalhamento com Tecidos de Fibra de Carbono”, Dissertação de Mestrado, COPEJ; UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, 2002.
- [4] RIBEIRO, PAULO DE TARSO PEREIRA - “Critérios para o dimensionamento do Reforço do Concreto.
- [5] CONGRESSO DE PONTES E ESTRUTURAS - Armado com elementos Compósitos de Fibra de Carbono”, Rio de Janeiro, Brasil, 2005.
- [6] ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas – “Projeto de Estrutura de Aço e de Estruturas Mistas de Aço e Concreto de Edifícios” - NBR 8800.
- [7] TECKNICAS ESPECIAIS DE ENGENHARIA LTDA. - www.tecknicas.com.br, acessado em novembro/2016.
- [8] CLAUDIO, EVERARDO RUIZ - Aula expositiva disciplina de “Tecnologia da Construção” no curso de Arquitetura na FMU, 2015 - São Paulo.
- [9] https://www.linkedin.com/pulse/como-refor%C3%A7ar-estruturas-de-concreto-armado-decio-rey?trk=pulse\_spock-articles, acessado em 11/12/2015 às 2h30.
- [10] CLAUDIO, EVERARDO RUIZ - “Notas de Aula do Curso de Mestrado Profissional e, Habitação – Planejamento e Tecnologia” - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT/USP na disciplina de “Alternativas e Inovações Tecnológicas do Concreto nas Construções” - 189p - São Paulo - 2006.
- [11] http://teckne17.pini.com.br/engenharia-civil/125/artigo285695-2.aspx, acessado em 29/05/2018.