

ANÁLISE DE REFORÇO ESTRUTURAL EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO MANTA DE FIBRA DE CARBONO APLICADO EM UNIDADE DE ENSINO DO MUNICÍPIO DE ARACRUZ

IGOR DO ESPÍRITO SANTO BIANCA^{1*}; MAYANE CORDEIRO LOUREIRO²;
RAYANI SALVADOR OLIVEIRA³; SUZANA PANDINI GUMIERO⁴

¹Aluno de graduação do curso de Engenharia Civil, FAACZ, Aracruz-ES, igoresb1312@gmail.com;

²Aluna de graduação do curso de Engenharia Civil, FAACZ, Aracruz-ES, mayanecloureiro@gmail.com;

³Aluna de graduação do curso de Engenharia Civil, FAACZ, Aracruz-ES, rayanioliveira@live.com;

⁴Aluna de graduação do curso de Engenharia Civil, FAACZ, Aracruz-ES, suzanagumiero@hotmail.com

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2018
21 a 24 de agosto de 2018 – Maceió-AL, Brasil

RESUMO: A presente pesquisa tem como objetivo propor a utilização da manta de fibra de carbono como método alternativo para executar reforços estruturais em vigas de concreto armado subdimensionadas. Desta forma, foi realizada uma análise de reforço estrutural em vigas de concreto armado, utilizando a manta de fibra de carbono aplicado em uma unidade de ensino do município de Aracruz. Assim, através dos dados disponibilizados pela Secretaria Municipal de Obras e Infraestrutura de Aracruz (SEMOB), foi possível elaborar o dimensionamento e detalhamento da aplicação da manta de fibra de carbono e comparar os resultados com a técnica executada no estudo de caso em referência. Os resultados obtidos mostraram que a manta de fibra de carbono é uma solução eficiente para o reforço de vigas submetidas a momentos fletores superiores aos projetados, não implica em rebaixamento do pé direito do local e uma técnica ideal para ser aplicada em locais de movimentação, pela facilidade na execução que exclui a necessidade de isolamento.

PALAVRAS-CHAVE: Fibra de carbono; reforço estrutural; vigas.

ANALYSIS OF STRUCTURAL REINFORCEMENT IN ARMED CONCRETE BEAMS USING CARBON FIBER BLANK APPLIED IN A TEACHING UNIT OF THE ARACRUZ MUNICIPAL

ABSTRACT: The present research aims to propose the use of the carbon fiber blanket as an alternative method to execute structural reinforcements on undersized reinforced concrete beams. In this way, a structural reinforcement analysis was carried out on reinforced concrete beams, using the carbon fiber blanket applied in a teaching unit of the municipality of Aracruz. Thus, through the data provided by the Municipal Secretariat of Works and Infrastructure of Aracruz (SEMOB), it was possible to elaborate the sizing and detail of the application of the carbon fiber blanket and to compare the results with the technique executed in the case study in reference. The obtained results showed that the carbon fiber blanket is an efficient solution for the reinforcement of beams submitted to bending moments superior to those projected, does not imply lowering the right foot of the place and an ideal technique to be applied in places of movement, by the ease of execution that excludes the need for isolation.

KEYWORDS: Carbon fiber; structural reinforcement; beams.

INTRODUÇÃO

Em diversas situações é comum observar a deterioração do concreto, seja ao longo do tempo, por falta de manutenção, ou a ações externas e até mesmo a erros de projetos. A partir do momento que sua condição de resistência é prejudicada e oferecem riscos a segurança, devem ser tomadas providências imediatas para a recuperação adequada desta estrutura. Logo, o reforço estrutural surge com a finalidade de atender as necessidades de: correção de falhas de projeto ou de execução; aumentar

a capacidade de suporte de carga, de forma que permita outros fins de utilização do projeto; restabelecer a capacidade de resistência, visto que é minorada devido a acidentes ou degradação do concreto (Souza & Ripper, 1998).

A colagem, ou chumbamento de perfis e chapas metálicas é uma técnica desenvolvida que apresenta rapidez na execução e baixo custo, comparado a outros métodos. No entanto, essa técnica possui desvantagens, por ser um material propício a corrosão se não for realizada manutenção preventiva, baixa resistência ao fogo, complicação na identificação de fissuras na região sob a chapa, tendência de destacamento das bordas das chapas devido à concentração de tensões, dificuldade no manuseio de perfis pesados no local da obra, alto custo do adesivo e limitação do comprimento do material (Souza e Ripper, 1998).

A manta de fibra de carbono é um material avançado que manifestou resultado satisfatório na construção civil em reforço estrutural. Em uma comparação direta, por exemplo, a fibra de carbono indica resistência à tração maior que a do aço tradicional de construção. O sistema apresenta alta resistência mecânica, leveza e imunidade à corrosão (Machado, 2002). Sua aplicação é simples, rápida e não provoca grandes mudanças na geometria da peça. Porém, ainda é uma técnica com custo elevado e que necessita de mão de obra especializada para execução do serviço.

Desta forma, este trabalho objetiva analisar o reforço estrutural em vigas de concreto armado, utilizando a manta de fibra de carbono aplicado em uma unidade de ensino do município de Aracruz. O problema estrutural na unidade, que consiste no subdimensionamento das vigas que suportam o reservatório superior de água, passou recentemente por reforço estrutural com adição de perfis metálicos. Assim, foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre o assunto, elaborado o dimensionamento e detalhamento da aplicação da manta de fibra de carbono no estudo de caso em referência, através dos dados fornecidos pela Secretaria Municipal de Obras e Infraestrutura de Aracruz (SEMOB). Os resultados obtidos foram apresentados e comparados com a técnica executada na referida unidade escolar.

MATERIAL E MÉTODOS

No estudo de caso em questão, temos uma unidade de ensino do município de Aracruz no estado do Espírito Santo, construída no ano de 2006 e que estava apresentando patologias estruturais nas vigas que sustentam a caixa d'água do edifício.

Juntamente com a Secretaria Municipal de Obras e Infraestrutura de Aracruz (SEMOB) foram obtidos dados que descreveram as condições que se encontravam a viga de concreto armado da unidade. Através do Relatório de Visita Técnica (2016) do engenheiro civil contratado pela Prefeitura Municipal de Aracruz (PMA), foram constatadas fissuras próximas aos pilares centrais de apoios e do topo ao fundo das vigas, em ângulos aproximados de 45°, gerando suspeita de algum comprometimento estrutural.

O engenheiro fez um estudo das condições da estrutura e, comparando com o projeto estrutural, foi possível verificar o dimensionamento das vigas frente as cargas da laje da cobertura e da caixa d'água. Ele concluiu que todas as vigas estavam subdimensionadas para os esforços os quais estavam sendo solicitadas.

As vigas estavam submetidas ao momento máximo de 204,21 tf.m, o que demandava 42,77 cm² de aço longitudinal, mas o previsto em projeto era de 30,16 cm², ou seja, 70,5% do aço necessário para resistir aos esforços segundo a NBR 6118 (2014). As vigas V224, V225 e V226 que sustentam a laje da cobertura do Bloco A da EMEF Placidino Passos são contínuas e semi-invertidas que possuem como apoios os pilares P30, P31 e P32. Apresentam uma base de 15 cm, altura de 150 cm, resistência característica do concreto de 25 MPa, armadura composta por 15φ16mm como armadura de tração (área total de 30,16 cm²) e 2φ6,3mm como armadura de compressão (área total de 0,31 cm²). A tensão de escoamento do aço é de 500 MPa, a altura útil (d) é de 147,20 cm e a distância entre a fibra mais comprimida até o centro de gravidade da armadura superior é de 2,80 cm. Para solucionar o problema, foi executado o reforço por meio de perfis metálicos (perfil W610x155) em três vigas de concreto do bloco A que receberiam o excedente de carga que elas não suportavam, como pode ser observado na Figura 1 abaixo. As informações sobre o serviço de reforço estrutural na unidade escolar do município de Aracruz pode ser consultada no *software* Geo-Obras ES.

Figura 1: Reforço das vigas de concreto armado por meio de perfis metálicos em execução.



Fonte: Autores (2018).

Assim, para o dimensionado da técnica de reforço estrutural por meio da manta de fibra de carbono na unidade escolar, foi utilizada como base as informações disponibilizadas pela SEMOB sobre as condições das vigas antes do reforço por meio de adição de perfis metálicos nos elementos estruturais. Além disso, utilizou-se a metodologia de Machado (2002) do “Manual de Reforço das Estruturas de Concreto Armado com Fibras de Carbono” com o auxílio do software ftool e as características disponibilizadas pelo autor (Machado, 2006), onde mostra as propriedades físicas da fibra de carbono adotada, MBrace CF160.

No procedimento para o cálculo do reforço das três vigas foram elaboradas planilhas eletrônicas, onde dados da estrutura são inseridos e o valor do momento resistente com o reforço é calculado, juntamente com a área de reforço, a se aplicar. O dimensionamento segue o esquema que é explicado em Machado (2002):

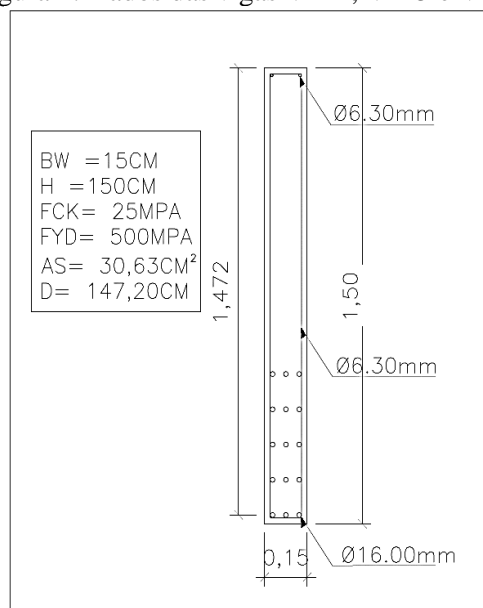
- i. Verifica-se o momento fletor majorado máximo que atuará na viga e o momento resistente à flexão da viga existente. Caso o momento resistente seja menor que o novo momento, a viga precisará de reforço;
- ii. Verifica-se os valores da posição da linha neutra (X), força resultante da seção tracionada da armadura inferior (F_S), tensão na armadura tracionada (σ_S), deformação na armadura tracionada (ϵ_{si}) e deformação total da peça (ϵ_{ti}) da viga descarregada, ou seja, apenas com atuação das cargas em decorrência do seu peso próprio, com o auxílio do software Ftool;
- iii. Repete-se o mesmo processo do item ii utilizando o novo carregamento desejado;
- iv. Diminui-se o valor calculado de deformação para a viga com o carregamento da deformação da viga com apenas o carregamento de peso próprio;
- v. Com a Lei de Hooke, encontra-se a tensão em que o reforço estará submetido;
- vi. Feito todo o processo, obtém-se a área efetiva de fibra de carbono (A_f) e o número de camadas necessárias para reforçar a viga estudada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As vigas V224, V225 e V226 sustentam a caixa d'água da edificação e são estruturalmente iguais. O momento fletor para as vigas em análise, foi obtido através do Relatório de Visita Técnica do Engenheiro contratado pela Prefeitura Municipal de Aracruz para realizar o estudo. Sendo o momento máximo 204,21 tf.m, é possível dimensionar o reforço por manta de fibra de carbono necessário a elas.

As características das vigas e do compósito a ser empregado são descritos na Figura 2 e na Tabela 2, respectivamente:

Figura 2: Dados das vigas V224, V225 e V226.



Fonte: SEMOB (2018).

Tabela 1: Características do Compósito.

Propriedades - Compósito de Fibra de Carbono MBrace CF160	
Modulo Elástico (ER)	23000 KN/cm ²
Defor. Máx (ε_{ru})	1,67 %
Espessura do Reforço (e)	0,330 mm
Resis. Máx Tração	3800 Mpa

Fonte: Adaptado de Machado (2006).

Com as informações apresentadas, foi possível realizar os cálculos pertinentes a verificação e ao dimensionamento da manta a ser aplicada nas vigas. A Tabela 2, apresenta os resultados dos cálculos e o número de camadas de fibra necessárias para o reforço das vigas V224, V225 e V226. O cálculo é comum as três vigas em referência pois elas têm o mesmo dimensionamento estrutural e estão submetidas aos mesmos esforços.

Tabela 2: Dimensionamento de reforço estrutural com fibras de carbono das vigas V224, V225 e V226.

Viga	
Capacidade resistente atual da viga (M _{di})	157083,91 KN.cm
Peso Próprio	
Momento Fletor (M _{pp})	5,625 KN/m
Altura da linha neutra (X)	3,49 cm
Força na armadura inferior (FS)	63,56 Kn
Tensão na armadura inferior (σ _S)	2,08 KN/cm ²
Deformação na base inferior (ε _{ti})	0,010 %
Novo Carregamento	
Momento fletor (M _{df})	204210 KN.cm
Altura da linha neutra (X)	107,66 cm
Força na armadura inferior (FS)	1961,02 KN
Tensão na armadura inferior (σ _S)	64,02 KN/cm ²
Deformação na base inferior (ε _{ti})	0,138 %
Verificação: M _{di} < M _{df} , logo a viga necessita de reforço.	
Reforço	

Deformação real (ϵ_f)	0,128%
Tensão na fibra (σ_R)	29,34 KN/cm ²
Tensão admissível na fibra (σ_{adm})	360 KN/cm ²
Verificação: $\sigma_R < \sigma_{adm}$, logo a fibra suporta a tensão.	
Área efetiva de reforço	20,89 cm ²
Largura do Reforço	632,98 cm
Número de camadas	7

Fonte: Autores (2018).

Portanto, para que as vigas V224, V225 e V226 atendam aos carregamentos aos quais estão submetidas, serão necessárias sete camadas de fibra de carbono, devidamente aplicadas ao longo da extensão das três vigas.

CONCLUSÃO

Ao final deste trabalho conclui-se que a manta de fibra de carbono é uma solução eficiente para o reforço de vigas submetidas a momentos fletores superiores aos projetados. Em comparação aos métodos tradicionais, inclusive ao empregado no estudo de caso em questão, perfis metálicos, a fibra de carbono possui inúmeras vantagens do ponto de vista de aplicação e estético, por suas características de leveza, alta resistência mecânica e rápida execução.

Esse reforço pode ser aplicado sem a necessidade de isolamento da área que irá ser reforçada e não implica em rebaixamento do pé direito do local, o que se torna uma grande vantagem quando o espaço é público, como é o caso da escola em referência, em comparação com as vigas metálicas que foram instaladas.

Mas também é importante salientar que por ser uma alternativa ainda pouco utilizada no Brasil, tem custo superior se comparado a outros tipos de reforços estruturais. Isso se deve a escassez de mão de obra qualificada tecnicamente para aplicação da manta, e a situações em que a estrutura a ser reforçada necessita de um número elevado de camadas para se alcançar o reforço, aumentando o custo e dificultando a execução.

REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6118:2014: Projeto de estruturas de concreto – procedimento. Rio de Janeiro, 2014.
- Machado, Ari de Paula. Manual de Reforço das Estruturas de Concreto Armado com Fibras de Carbono. Belo Horizonte, 2002. Disponível em: www.viapol.com.br/media/97576/manual-fibra-de-carbono.pdf. Acesso em: 11 de março de 2018.
- Machado, Ari de Paula. Apresentação na ABECE – São Paulo: Reforço Estrutural com Base em Lâminas e Barras de Fibra de Carbono. Ago. 2006. 90 slides. Apresentação em Power-point.
- Prefeitura Municipal de Aracruz. Relatório de Visita Técnica: Verificação de Vigas de Sustentação de Caixa de Água. Aracruz, 2016.
- Souza, V.C.M., Ripper, T. Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto. 1ed. São Paulo: Pini, 1998.
- Tribunal de Contas do Estado do Espírito Santos. Geo-Obras: Execução da Obra de Reforço Estrutural de Vigas de Sustentação de Caixa Dagua (Bloco A) na EMEF Placidino Passos. Disponível em: <https://geoobras.tce.es.gov.br/cidadao/Obras/ObrasPaginaInteiraDetalhes.aspx?IDOBRA=12191&tipo=I>. Acesso em: 11 de abril de 2018.