

REFORÇO ESTRUTURAL:

Método para dimensionar reforço para vigas, pilar e laje com o uso de fibra de carbono

PEDRO VICTOR MARTINS VIEIRA¹; VIVIAN HELEN SILVA DOS SANTOS²; PEDRO GUSTAVO PEREIRA LEITE³ e LUIZ CORREIA⁴

¹ Estudante de engenharia civil, estudantes UNIPLAN, Brasília-DF. rotciv125@gmail.com;

² Estudante de engenharia civil, estudantes UNIPLAN, Brasília-DF. vivianhelen5@gmail.com;

³ Professor na universidade planalto de Brasília, Brasília – DF. ec.profpedro@gmail.com;

⁴ Coordenador curso de engenharia civil, UNIPLAN; Brasília – DF. luiz.correia11@docente.suafaculdade.com.br

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
04 a 06 de outubro de 2022

RESUMO: A fibra de carbono, na atualidade, vem sendo uma solução na área da construção civil, tendo um bom desempenho estrutural, por se tratar de um material que pode ser trabalhado no reparo ou reforço de multiestruturas, como: alvenaria, concreto e madeira. É um polímero que tem uma resistência superior, velocidade de execução, excelência na estética. Podemos contar com uma gama de pesquisas voltadas para esse material, apresentando suas vantagens na construção civil e em diversas áreas, por apresentar grande facilidade na sua aplicação e a inegável maior resistência a cargas e desgastes por abrasão. Porém, no Brasil, seu uso em reforço estrutural, ainda está caminhando a passos lentos. Os principais motivos se devem a falta de técnicas e pelo alto custo, por se tratar de um material importado da Europa. Este TCC, tem como objetivo mostrar a fibra de carbono com um reforço em uma estrutura de concreto armado, mostrando suas potencialidades e apresentando detalhes inovadores do produto. Fibra de Carbono é um polímero que tem uma grande resistência, grande velocidade de execução e uma boa estética no local. É importante o uso de mão de obra qualificada e seguindo todas as recomendações do fabricante para que o resultado seja o melhor.

PALAVRAS-CHAVE: Fibra de Carbono. Reforço. Engenharia Civil.

STRUCTURAL REINFORCEMENT:

Method for dimensioning reinforcement for beams, column and slab using carbon fiber

ABSTRACT: Carbon fiber is being a solution in the area of civil construction with a good structural performance, which comes from a great demand for research, this material has a great advantage in Civil Construction and in other areas due to the great ease in resistance to loads and wear. due to abrasion, however the use of structural reinforcement in Brazil is still going with slow steps, the reasons for the slow use of fiber are due to the lack of techniques for using the fiber and the high cost for being a material imported from Europe. This TCC aims to show carbon fiber with a reinforcement in a reinforced concrete structure. Carbon fiber and a polymer that has great resistance, great speed of execution and a good aesthetic in place. It is important to use qualified labor and follow all the manufacturer's recommendations for the best result.

KEYWORDS: Carbon fiber. Reinforcement. Civil Engineering.

INTRODUÇÃO

Em toda estrutura de Concreto Armado a um limite de vida útil da estrutura, aonde pode ocorrer falhas ao passar do tempo, com isso a sempre a necessidade de fazer manutenções periódicas, antes que possa chegar no seu estado-Limite. Mas quando acontece é necessário que seja feito um reforço estrutural para garantir a segurança.

Ao longo dos tempos surgiu vários tipos de reforço para que pudessem ser resolvidos essas patologias, como aumentar seção da transversal e adicionar extensão externas, mas veio novas alternativas de reforço usando polímeros com fibra (PRF). Uma dessas novas alternativas primeiramente vieram do Japão, em 1995 depois abalos sísmicos. Com isso precisou de um reforço que demandasse

porco tempo de execução para as construções da região. O objeto que será estudado e a Fibra de Carbono (PRFC) que a fibra que apresenta a maior resistência a tração. As técnicas utilizadas para reforço do concreto Armado.

A grande vantagem do uso desse tipo de reforço e a leveza, alta resistência e fácil aplicação, é uma técnica que está sendo usada em vários tipos de estrutura como pontes, viadutos, edifícios para reforço de pilares, vigas e lajes, a flexão e cisalhamento.

MATERIAL E MÉTODOS

A análise de caso desse artigo é o dimensionamento de uma viga de concreto, nela será feito todos os cálculos necessários para saber se será capaz de suporta uma carga de uma laje. Na figura 1 podemos ver a área da viga e a como será seu formato, nessa etapa será calculado o momento fletor da viga em questão.

FIGURA 1



Essa viga com a seção retangular de 60 x 15 com dois ferros dois ferros de 12,5 mm, usando concreto de FCK de 25 Mpa e Aço CA50 de Fyk de 500 Mpa $d = 55,5$ cm.

Mostraremos o quanto de carga essa viga suportará de momento fletor máximo majorando as cargas:

$$Fcd = Fck1,4 \rightarrow 2,51,4 = 1,786 \text{ KN/cm}^2$$

$$Fyd = fyk1,15 \rightarrow 43,48 \text{ kn/cm}^2$$

$$As = 2 * \pi * 1,25 * 1,254 = 2,454 \text{ cm}^2$$

$$d = 55,5$$

Usando efeito RUSCH:

$$Rcc = 0,85 * Fcd * 0,8x * Bw$$

$$Rst = Fyd * As$$

$$Rcc = Rst \rightarrow \text{Isolando } As$$

$$As = (0,68x * Fcd * Bw)fyd$$

FIGURA 2



$X = \text{linha neutra da viga}$

$$X = 2,454 * 43,480,68 * 1,786 * 15 \rightarrow x = 5,86 \text{ cm}$$

$$MD = F_{yd} * A_s(d - 0,4x)$$

$$MD = 43,48 * 2,454 * (55,5 * 0,4 * 5,86)$$

$$MD = 5.671,74 \text{ KN/cm}$$

Momento fletor máximo que uma viga suporta

Verificando valor de domínio de deformação do concreto:

$$X/D = \text{se} < 0,26 \text{ ----- domínio 2}$$

$$X/D = \text{se} < 0,45 \text{ ----- domínio 3}$$

$$5,86 / 55,5 = 0,105 < 0,26$$

Ou seja, domínio 2

A laje em questão terá uma carga de 10.000 KN/cm e essa viga terá que suportar um momento fletor dessa carga, e com isso será necessário reforçar a mesma, o tipo de reforço que será usado e a fibra de carbono de uso geral de 220 Gpa, Resistencia de tração de 3.790 Mpa, e deformação de ruptura de 12/1000 - retirados da tabela da VIAPOL (comerciante de fibra de carbono para venda)

Figura 3



Modulo de elasticidade:

$$E_f = 220 \cdot 10^3 \text{ Mpa} = 220 \cdot 10^2 \text{ Kn/Cm}$$

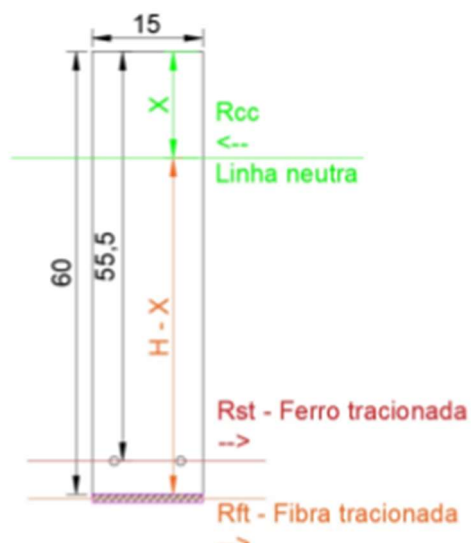
Resistencia a tração:

$$T_e F = 3790 \text{ Mpa}$$

Deformação de Ruptura:

$$E_{uf} = 121000$$

Figura 4



Linha neutra e resistência na Viga:

$$R_{cc} = 0,68 * F_{cd} * B_w \quad R_{st} = F_{yd} * A_s \quad R_{ft} = E_f * e_f * A_f$$

$$0,68x * F_{cd} * B_w = (F_{yd} * A_s) + (E_f * e_f * A_f)$$

$$A_f = 18,22x - 106,5322000 * e_f$$

Havendo nos cálculos 3 incógnitas

Para resolver essa equação iremos admitir um valor de x para que possamos chegar em algum resultando, visando que após admitindo um valor para "X" passaremos por uma série de verificações para que esse reforço esteja seguro seguindo as normas.

Usando os domínios de deformação do concreto:

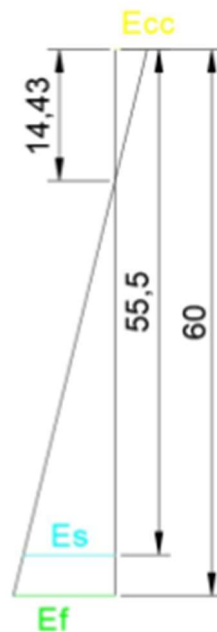
Domínio 2:

$$x = 0,26 * d$$

$$\text{aonde } D = 55,5 \text{ cm}$$

$$x = 0,26 * 55,5 = 14,43 \text{ cm}$$

Figura 5:



$$E_s = \frac{10}{1000}$$

Nos domínios 2 e 3

Usando a semelhança de triângulos:

$$E_f h - x = E_s (D - x)$$

$$E_f = \left(\frac{10}{1000} \right) * (60 - 14,43) * 55,5 - 14,43$$

$$E_f = 11,11000$$

Voltando no problema de 3 incógnitas

$$Af = 18,22 * 14,43 - 106,5322000 * 11,11000$$
$$Af = 0,64 \text{ Cm}^2$$

Verificações para a área de fibra de carbono

1 - Verificação - Momento resultante TOTAL:

$$MDres = MFT + MST + MCC$$

Que são ou valores de momento com de Rcc, Rst e Rft com distancia a linha neutra.

$$MFT = Rft * (H - X)$$
$$MFT = 220 * 102 * 11,11000 * 0,64(60 - 14,43)$$
$$MFT = 7.122,04 \text{ Kn/cm}$$

$$MST = RST * (D - X)$$
$$MST = 43,48 * 2,45 * (55,5 - 14,43)$$
$$MST = 4.375,02 \text{ Kn/Cm}$$

$$MCC = Rcc * 0,6x$$
$$MCC = 0,68 * 14,43 * 1,786 * 15 * 0,6 * 14,43$$
$$MCC = 2.275,96 \text{ Kn/cm}$$

$$MDres = 7.122,04 + 4.375,02 + 2.275,96$$
$$MD res = 13.773,02$$

Valor maior que os 10.000 que será necessário para suportar.

2 - Verificação - TENSÃO NA FIBRA - USANDO LEI DE HOOKE:

$$EUF = Ef * ef = 220 * 103 * 11,11000 = 2442 \text{ Mpa} < 3790 \text{ Mpa}$$

Mpa do fabricante - OK!

3- Verificação no concreto Ecc < 3,51000:

Voltando na figura 5, semelhança de triângulos:

$$Eccx = ef(H - x)$$
$$Ecc = 11,1 * 14,43(60 - 14,43)$$
$$Ecc = 3,5149/1000$$

VALOR NÃO PASSA NA VERIFICAÇÃO --- NÃO OK!

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelos resultados obtidos, foi visto que para suportar uma laje de 10.000kn/cm o dimensionamento da viga deve ocorrer de outra forma, uma vez que se é necessário um fator de verificação do concreto não corresponde com a especificadas por regra.

Uma solução para esse problema seria a criação de um sistema de rotinas criado por meio de programação, assim podendo verificar todos os dados lançados no dimensionamento, como feito acima, para que ele possa verificar e identificar qual foi ou foram os erros que levaram a ter esse valor de que a viga não suportaria a carga da laje.

O programa de rotinas foi desenvolvido pelo professor Pedro Leite e nele é possível verificar a que os valores de X e de As teriam que ser admitidos para uma verificação melhor dos resultados, com isso podendo chegar a um valor exato de carga que a viga poderá suportar.

CONCLUSÃO

A viga não será capaz de suporta a carga da laje uma vez que seu dimensionamento não corresponde com a as expectativas de suportar a laje de 10.000 KN/cm. com isso, teríamos que voltar e admitir um valor para x ou para As com a ajuda de um programa de rotina para desenvolver e verificar o resultados para se obter melhores resultados.

AGRADECIMENTOS

Ao coordenador Luiz correia por nos permitir participar desse projeto tão importante em nossa área de atuação e ao professor Pedro Leite por nos ajudar nessa nossa etapa de conhecimento

REFERÊNCIAS

- Araújo, A. E. de; Amorim Neto, M. da S.; Beltrão, N. E. de M. Municípios aptos e épocas de plantio para o cultivo da mamoneira no estado da Paraíba. Revista de Oleaginosas e Fibrosas, v.4, n.2, p.103-110, 2000.
- ANDRADE, Thalisson Ribeiro. Estudo comparativo entre técnicas de reforço à flexão aplicadas em vigas de concreto armado. 2021. ----1
- NETO, Ismael Ribeiro Vasconcelos; MUNIZ, Mara Bruna Silveira; SILVA, Ricardo José Carvalho. ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DA FIBRA DE CARBONO COMO REFORÇO ESTRUTURAL EM PILARES DE CONCRETO ARMADO. Essentia-Revista de Cultura, Ciência e Tecnologia da UVA, v. 19, n. 1, 2018. ----2
- CINTRA, Danielli Cristina Borelli et al. Estudo de procedimentos de adensamento do concreto por vibradores de imersão em obras na Grande Vitória–ES.-----3
- PIANCASTELLI, Élvio Mosci. Comportamento e desempenho do reforço à flexão de vigas de concreto armado, solicitado a baixa idade e executado inclusive sob carga. 1997. -----4
- ARIVABENE, Antônio Cesar. Patologias em estruturas de concreto armado: Estudo de caso. Revista Especialize On-line IPOG, Goiânia, v. 3, n. 10, p. 1-22, 2015. ----5
- MORAES, Claudio Roberto Klein de. Impermeabilização em lajes de cobertura: levantamento dos principais fatores envolvidos na ocorrência de problemas na cidade de Porto Alegre. 2002. -----6
- LICHTENSTEIN, Norberto B. Patologia das construções. Boletim técnico, v. 6, p. 86, 1986.-----7
- SANTOS, Felipe Eduardo dos; Corrosão em Estruturas de Concreto Armado: Vistoria das passarelas sobre linha férrea no Centro da cidade de Duque de Caxias/RJ, Trabalho de Conclusão de Curso, Departamento de Engenharia Civil, CEFET-RJ, 2018. -----8
- SOUZA, MARILSA INÊS; MURTA, MIRNA MOREIRA. Patologias, recuperação e reforço estrutural em concreto armado. 2012. -----9
- REZENDE, Vitor Lúcio Mendes et al. Avaliação patológica em recalques solo-fundação: uma análise de ocorrências na cidade de Uberlândia. 2019. ----- 10
- BRITO, Suellen Matias et al. PATOLOGIAS NAS EDIFICAÇÕES EM ALVENARIA ESTRUTURAL: Estudo de caso realizado em uma obra em Extrema MG. -----11
- LAGE, Adriana Duarte Brina et al. Patologias associadas à umidade soluções ao caso concreto. 2012.-- -- 12

- FERREIRA, Jackeline Batista et al. Manifestações patológicas na construção civil. Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-SERGIPE, v. 5, n. 1, p. 71-71, 2018. ----13
- ARIVABENE, Antonio Cesar. Patologias em estruturas de concreto armado: Estudo de caso. Revista Especialize On-line IPOG, Goiânia, v. 3, n. 10, p. 1-22, 2015. --14
- NEUMANN, PAMELA NICOLE et al. PATOLOGIAS NAS EDIFICAÇÕES: UMA NOVA CONCEPÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL. REVISTA INTERDISCIPLINAR DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO-RevInt, v. 4, n. 1, 2017. ---15
- ANDRADE, Jairo Jose de Oliveira. Durabilidade das estruturas de concreto armado: análise das manifestações patológicas nas estruturas no estado de Pernambuco. 1997. --- 16
- REIS, Lilia Silveira Nogueira. Sobre a recuperação e reforço das estruturas de concreto armado. 2001. -- 17
- HELENE, PR do L. Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado. São Paulo, 1993. -18
- TUUTTI, K. Corrosion of Steel in Concrete, Srokholm, 1982. 469p. Swedish Coment and Concrete Research, Fo nº504 --19
- BEBER, A. J. Comportamento Estrutural de Vigas de Concreto Armado Reforçadas com Compósitos de Fibra Carbono. 2003. 317f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003. -- 20
- OLIVEIRA, Daniel Ferreira. Levantamento de causas de patologias na construção civil. Rio de Janeiro, 2013. -- 21
- GARCEZ, M. R. Alternativas para Melhoria no Desempenho de Estruturas de Concreto Armado Reforçadas pela Colagem de Polímeros Reforçados com Fibras. 2007. 267f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007. – 22
- BENJAMIN, Edinéia Alves; LAMÊGO, Geraldo César. Reforço Estrutural com a utilização de Fibra de carbono. Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 1, p. 3914-3927, 2021. --23
- MACHADO, Ari de Paula. Manual de reforço das estruturas de concreto armado com fibras de carbono. São Paulo: Better, 2010. --24
- TAKEUTI, Adilson Roberto. Reforço de pilares de concreto armado por meio de encamisamento com concreto de alto desempenho. São Carlos, 1999. --25
- ARAÚJO, Adelmo Siqueira et al. Estudo do reforço de edifícios em alvenaria resistente por perfis metálicos. 2010. -- 26
- SENA, Gustavo de. Reforço de pilares de concreto armado através da utilização de perfis metálicos. 2017. --27
- CÁNOVAS, M. F. Patologia e Terapia do Concreto Armado. 1 Ed. Tradução de M. C. Marcondes; C. W. F. dos Santos; B. Cannabrava. São Paulo: Ed. Pini, 1988. -- 28
- ZANATO, Gustavo André. Um estudo sobre reforço em pilares esbeltos de concreto armado. Revista Tecnologia e Tendências, v. 4, n. 1 e 2, p. 104-136, 2005. – 29
- CHASTRE, Carlos. Materiais e tecnologias de reforço de estruturas de betão-potencialidade e limitações. In: REHABEND 2014-Congresso Latinoamericano" Patología de la construcción, Tecnología de la rehabilitación y gestión del patrimonio". Santander. 10p. 2014. – 30
- MOUTINHO, Carlos Manuel Ramos et al. Controlo de vibrações em estruturas de engenharia civil. 2007. – 31
- SANCHES, João Paulo Félix. Controlo de vibrações em pontes pedonais sujeitas a ações de multidões. 2012. Tese de Doutorado. Faculdade de Ciências e Tecnologia. – 32
- MOREIRA, Sanderson Alcântara. Capítulo 6-O Fenômeno da Ressonância. A Física na Música, p. 43. ---- 33
- T. PRANTS, Willian T. Prants. Movimento Ondulatório – Ressonancia e o Efeito Doppler. 2020 --- 34
- VITOR, Nicolas Pietro dos Santos. Vibração e ressonância em modelos de pórticos planos. 2019. – 35
- SOARES, Roberto Arruda Lima. O USO DE EQUAÇÕES DIFERENCIAIS NA JUSTIFICATIVA DO DESABAMENTO DA PONTE TACOMA NARROWS. In: VII CONNEPI-Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação. 2012. ---- 36