



Análise de vigas de concreto armado reforçadas com perfis de polímero estrutural a base de fibra de vidro na região cisalhante

Amarildo Ribeiro Cardoso Junior (1), Prof. Dra. Elaine Guglielmi Pavei Antunes (2);

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense

(1) amarildorcjunior@hotmail.com, (2) elainegpa@unescc.net,

Resumo:

A busca por inovação na construção civil, vem incentivando pesquisa por novos materiais. Nesse contexto, destacam-se os materiais que agregam tecnologia e durabilidade frente a exposições mais agressivas, dentre os quais, destaca-se o polímero reforçado com fibra de vidro (GFRP). Quando há uma sobrecarga excessiva em uma estrutura de concreto armado, é necessário reforçar para a reabilitação da estrutura. Este estudo tem como objetivo avaliar o comportamento do reforço com perfis de material pultrudado com espessuras de 3 mm, coladas com adesivo estrutural a base de epóxi executadas na área cisalhante de vigas de concreto armado, coladas em dois espaçamentos diferentes nas duas faces laterais da viga a 45°. As vigas foram levadas a ruptura e reforçadas para obter a carga máxima de ruptura após a aplicação do reforço. Os resultados mostram que o reforço não conseguiu reabilitar a estrutura, no entanto em média as vigas do grupo 175 resistiram 61,82% da carga de ruptura.

Palavras-chave: Patologias, material inovador, pultrudado, cisalhamento.

Behavior analysis of reinforced concrete beams reinforced with structural fiberglass-based polymer in the shear region

Abstract: The search for innovation in construction has been encouraging research for new materials. In this context, we highlight the materials that add technology and durability in the face of more aggressive exposures, among which is the glass fiber reinforced polymer (GFRP). When there is excessive overload on a reinforced concrete structure, reinforcement is required for rehabilitation of the structure. The objective of this study is to evaluate the reinforcement behavior with 3 mm thick pultruded material profiles, bonded with an epoxy-based structural adhesive made in the shear area of reinforced concrete beams, bonded in two different spacings

on both sides of the beam. at 45th. The beams were ruptured and reinforced to obtain the maximum breaking load after reinforcement application. The results show that the reinforcement failed to rehabilitate the structure, however on average the group 175 beams resisted 61.82% of the breaking load.

Key-words: Pathologies, innovative material, pultruded, shear.

Introdução

Ao longo do desenvolvimento da construção civil observa-se a evolução dos materiais, métodos e processos para execução das edificações.

Dentre os materiais, destacam-se os materiais compósitos, que são uma combinação de dois ou mais materiais para a formação de um novo material com propriedades diferentes, com a finalidade de se obter um melhor comportamento. Em geral a estrutura de um compósito consiste em duas fases, matriz e reforço. A matriz é responsável pela estrutura do compósito e o reforço realça alguma propriedade desejada. Um material composto clássico é constituído por uma matriz polimérica, reforçada por fibras, onde a resistência e a rigidez são dadas pelo tipo, quantidade, orientação e posição do reforço (CUNHA, 2006,) ;(PIERIN, 2005); (BAGHERPOUR, 2012).

Os polímeros reforçados com fibra de vidro (GFRP) oferecem vários benefícios em relação aos materiais tradicionais, como alta resistência específica, baixo peso próprio, facilidade de manuseio, resistência à corrosão e durabilidade em aplicações externas. Isto faz particularmente adequados para ambientes agressivos, como resíduos, instalações hídricas, áreas costeiras e pontes em regiões frias, onde os sais de degelo (corrosivos) são frequentemente usados. (SOUSA et al, 2018). Uma de suas aplicações é a recuperação e reforço de estruturas de concreto e para desenvolvimento de novos sistemas estruturais.

A vida útil das estruturas de concreto armado pode ser reduzida devido a muitas razões. deterioração do concreto, desenvolvimento de rachaduras superficiais devido à entrada de agentes químicos, projeto inadequado e incerteza em cargas. (ARAVIND; AMIYA; THANIKAL; SINGHA,\2017).

Conforme a ABNT NBR 6118:2014, determina que para o dimensionamento de estribos o espaçamento longitudinal entre barras dobradas não pode ser superior a $s_{m\acute{a}x} = 0,6 d (1 + \cotg \alpha)$, onde α é o ângulo de inclinação da barra dobrada.

O reforço na área cisalhante deve-se ter uma atenção maior, pois este pode ser considerado mais crítico em relação ao reforço na flexão, visto que os colapsos por esforço cortante ocorrem sem advertir previamente e são mais catastróficos comparados com os colapsos por flexão, as quais são geralmente mais progressivas e proporcionam um período de fissuração antes da ruptura (MENON, 2008).

Este trabalho segue o de Lopes (2017), que avaliou o reforço de vigas de concreto armado com GFRP a 90°, a pesquisa utilizou três espaçamentos diferentes entre os perfis. Os perfis foram colados com uma resina a base epóxi, dois espaçamentos demonstraram resultados satisfatórios.

O estudo visa analisar o comportamento de vigas de concreto armado, reforçadas com perfis de chapas GFRP a 45°, coladas na área de cisalhamento, com diferentes espaçamentos.

Materiais e Métodos

O estudo foi dividido em duas etapas, a primeira com o intuito de saber as cargas que as vigas suportavam. Na segunda etapa, após a ruptura, efetuou-se a colagem dos perfis GFRP nas vigas com dois espaçamentos distintos para reforço. Por fim as vigas foram ensaiadas novamente para análise comparativa.

O fluxograma da Figura 1 demonstra as etapas da pesquisa.

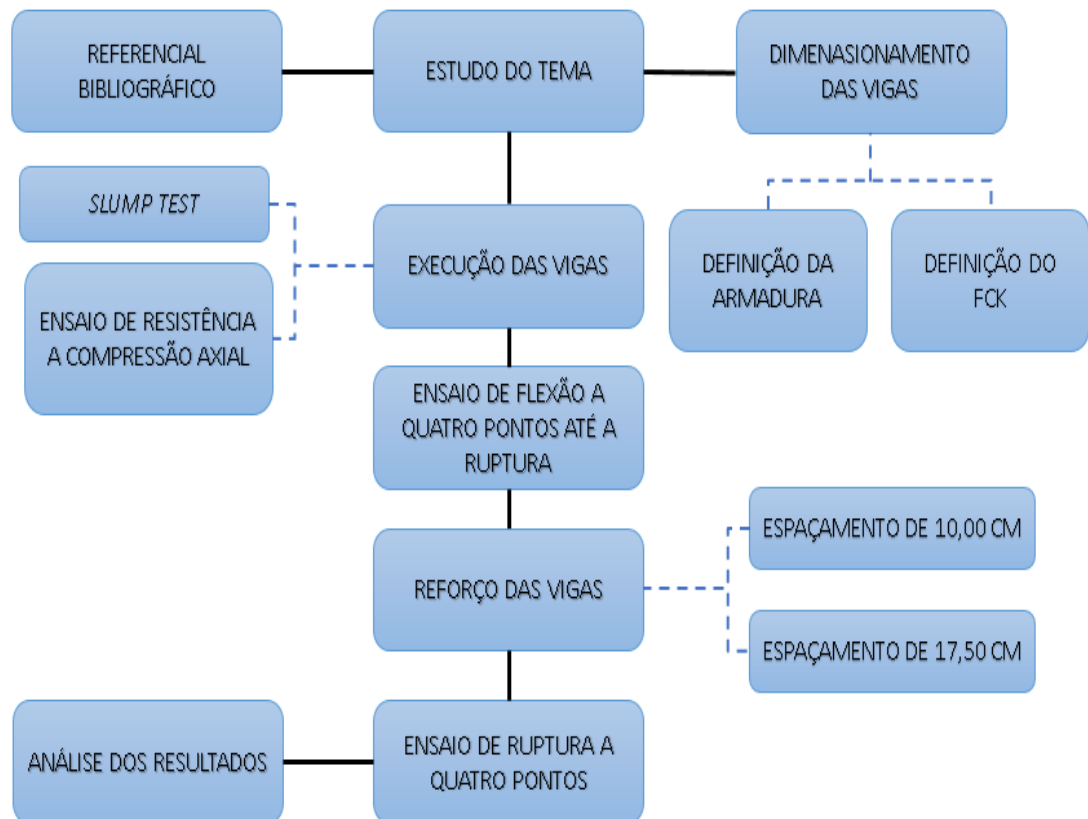


Figura 1: Fluxograma da pesquisa

Seguindo a metodologia de Lopes (2017), as vigas foram dimensionadas com seções transversais de 12 cm de largura, 20 cm de altura e 190 cm de comprimento. O aço utilizado foi CA-50. Adotou-se duas barras de aço com 10 mm de diâmetro para armadura positiva e duas barras de 5 mm de diâmetro para porta estribo, totalizando uma área de aço de 1,6 cm², segundo critérios da NBR 6118:2014. Na armadura transversal utilizou-se barras de 5 mm com espaçamento entre os estribos de 30 cm, 06 estribos para cada viga no total, não condizendo com a NBR 6118:2014, ultrapassando o smáx estipulado, para provocar a ruptura por cisalhamento. A Figura 2 demonstra o detalhamento da armadura na viga.

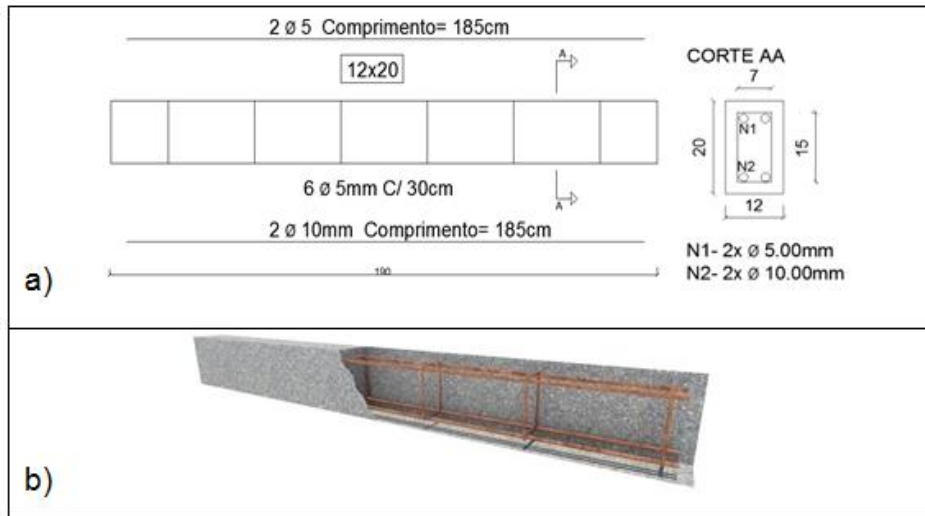


Figura 2. Detalhamento das armaduras nas vigas: (a) Detalhamento longitudinal (b) Perspectiva da armação. (Fonte: LOPES, 2017)

Conforme os parâmetros da ABNT NBR 6118:2014 item 7.1, estabeleceu-se a resistência para o concreto de 20MPa, que corresponde a classe de agressividade I, que estabeleceu um cobrimento da armadura de 25mm. O concreto utilizado foi o usinado.

O controle tecnológico do concreto fresco foi realizado pelo ensaio de abatimento de tronco de cone (*slump-test*), descrito na ABNT NBR NM:67:1998. Juntamente a concretagem, foram moldados treze corpos de provas cilíndricos, de acordo com a ABNT NBR 5738:2015 e ABNT NBR 5739:2018, a fim de controlar a resistência do concreto a compressão axial. Para complementação realizou-se os ensaios de módulo de elasticidade e compressão diametral, segundo a ABNT NBR 8522:2017 e ABNT NBR 7222:2011, respectivamente. Após a concretagem as vigas passaram pelo processo de cura por 28 dias e em seguida submetidas ao ensaio de flexão a quatro pontos.

A Figura 3 apresenta as fôrmas e armaduras da viga prontas para a concretagem.



Figura 3. Vigas prontas para concretagem

Primeiramente foram ensaiadas as vigas até a ruptura com o ensaio a quatro pontos, para verificação da carga que a mesma suporta. É importante ressaltar que o objetivo é o estudo das vigas rompidas, a fim de saber o comportamento após o reparo.

Neste ensaio a carga foi aplicada por um cilindro hidráulico de cima para baixo sobre um perfil metálico, este carregamento é transferido para a viga em duas cargas pontuais distantes a 45 cm do centro do apoio. Sendo utilizado um pórtico metálico e a carga foi aplicada por meio de um cilindro hidráulico. Para obter o deslocamento máximo das vigas foi utilizado um transdutor de deslocamento (LVDT) com leitura máxima de 100 mm, localizado no centro do vão da viga, similarmente ao efetuado por Lopes (2017). A célula de carga tem capacidade de leitura máxima de 500kN. Todos os equipamentos foram ligados ao sistema de aquisição de dados Quantum X® que utiliza o software Catman Easy® ambos da marca HBM®.

A Figura 4 demonstra o ponto de aplicação das cargas.

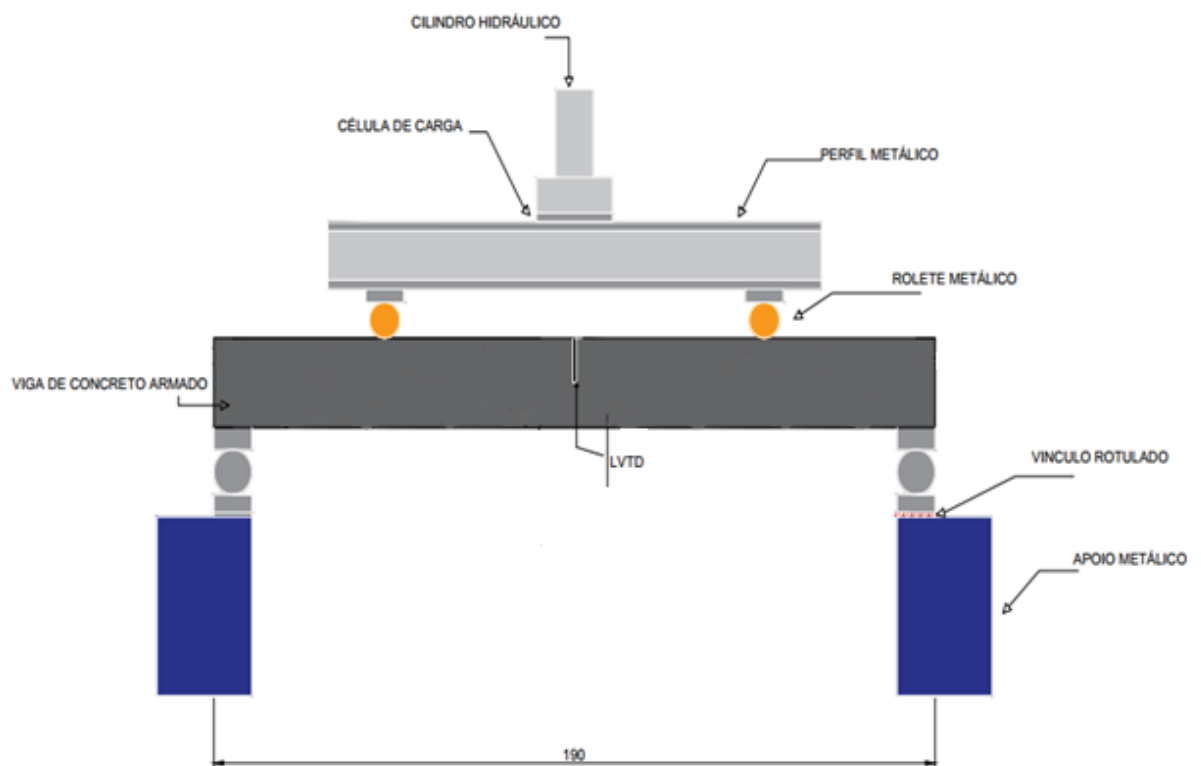


Figura 4. Esquema do ensaio de flexão a quatro pontos

Segundo Araújo (2014), no momento em que a viga está sem fissuração, esta se encontra no estágio I e quando a tensão principal atinge a resistência à tração do concreto, surge uma fissura inclinada e a viga entra no estágio II. Quando a estrutura apresenta limites de deformações excessivas e um nível de fissuração que comprometa a durabilidade, e assim seu estado limite de utilização ou de serviço é considerada sua ruptura.

O ponto de ruptura das vigas foi estabelecido a partir do início da queda da carga onde ocorre o rompimento do concreto, com fissuras visíveis, e conseqüentemente a perda de carga gradativamente.

Após esta etapa os perfis GFRP foram caracterizados com medidas iguais a 3mm de espessura, 5cm de largura e comprimento de 20cm. Estabeleceu-se dois grupos de três vigas para cada espaçamento entre os reforços. Utilizado o Grupo 100, para chapas espaçadas em 10 cm, totalizando 16 perfis por viga. O segundo Grupo 175, com chapas espaçadas em 17,5 cm, totalizando 12 por viga. Empregados o total de 84 perfis pultrudado de fibra de vidro.

O processo de colagem dos perfis GFRP, foi definido, um ângulo de 45° em relação ao eixo longitudinal da viga, de forma que os perfis estivessem a 90° em relação as fissuras cisalhantes. A Figura 5 demonstra o detalhamento dos reforços com os espaçamentos.

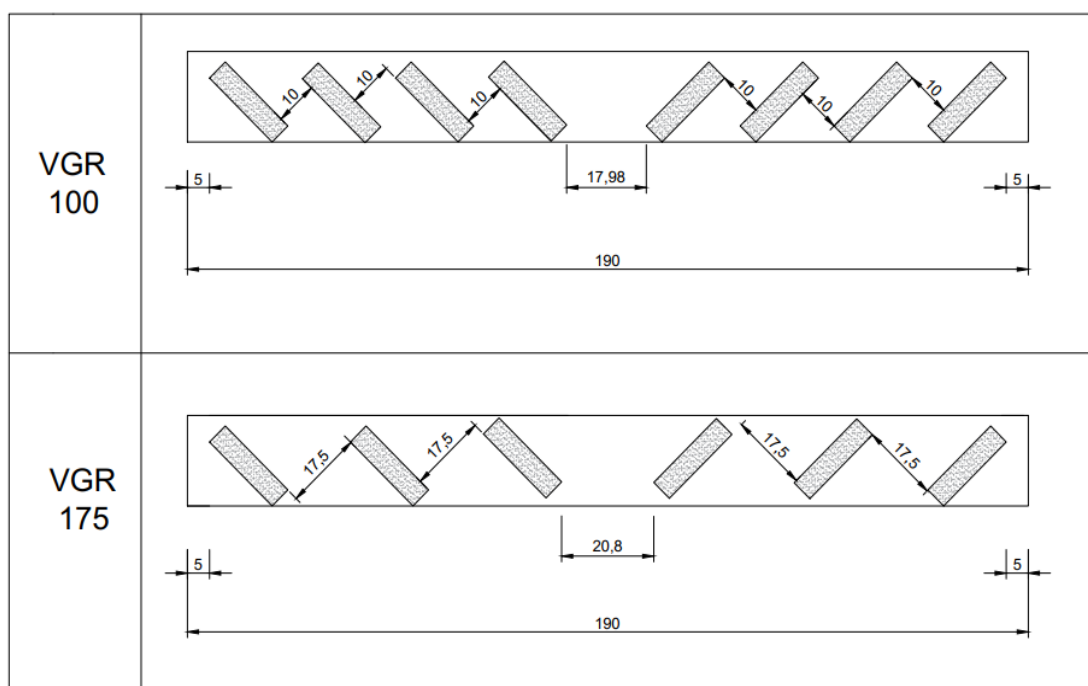


Figura 5. Detalhamento de reforços com espaçamento

Os perfis foram colados com uma resina epóxi bi componente, de alta viscosidade, sem solventes, composto por agregado mineral e de pega normal. Essa resina foi definida com base no alto poder de adesão, sua dureza inicia em 24 horas após aplicação, e cura total 7 dias após aplicado.

A superfície a ser colada os perfis, foi isenta de pó, desmoldantes ou qualquer outro tipo de material que viesse prejudicar o desempenho do composto, conforme recomendações do fabricante. Os perfis de fibra de vidro pultrudado foram lixados manualmente para uma melhor aderência. Com as superfícies aptas para a colagem, foi feito a preparação do adesivo estrutural, dado pela homogeneização das substâncias conforme o manual de instruções. A mistura é dada pela resina e pelo endurecedor, onde os dois componentes são homogeneizados por no mínimo três minutos, ou até atingir uma coloração uniforme, conforme a Figura 6, o adesivo foi aplicado nas duas faces laterais da viga com o auxílio de espátulas.

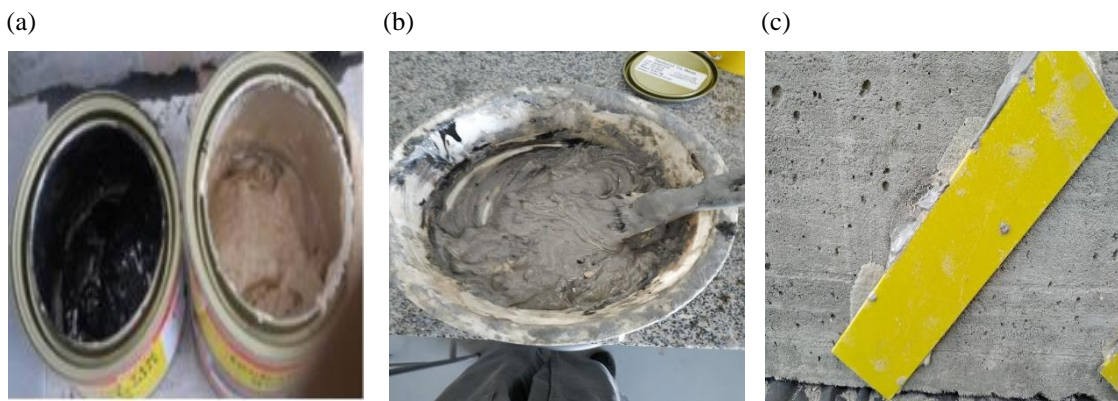


Figura 6. Aplicação da resina epóxi: (a) 1ª homogeneização, (b) 2ª homogeneização, (c) aplicação

Após os 7 o reforço das vigas, conforme todas especificações do fabricante do adesivo estrutural, as mesmas foram novamente submetidas ao ensaio de flexão a quatro pontos, aos 51 dias as vigas foram ensaiadas até a ruptura, para então obter-se os novos valores de resistência e deslocamento após o reforço. A Figura 7 apresenta as vigas com os perfis GFRP colados.

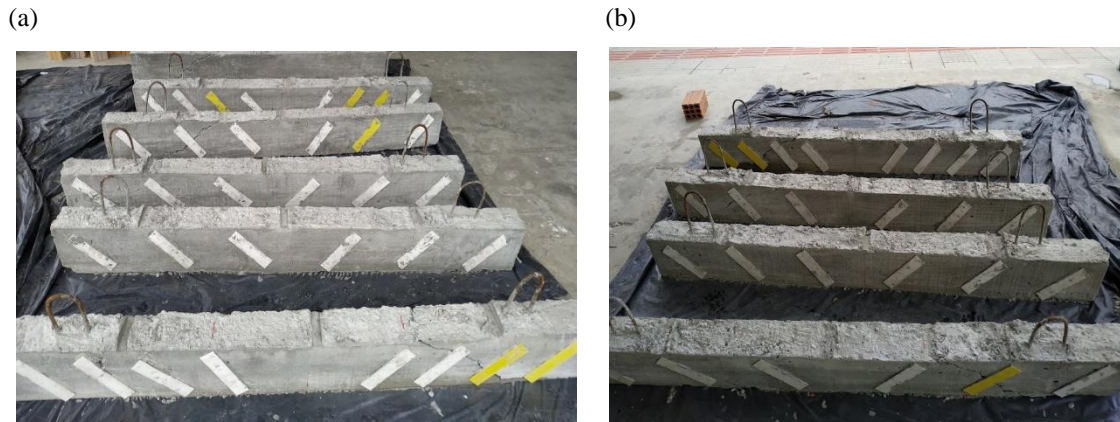


Figura 7. Vigas após a colagem dos perfis

Resultados e discussões

Após o tempo necessário para a obtenção da resistência, aos 28 dias os corpos de prova foram submetidos aos ensaios de compressão axial, módulo de elasticidade e de resistência a tração por compressão diametral. A Tabela 1 apresenta os dados de resistência do concreto.

Tabela 1. Resistência a compressão axial, resistência à tração por compressão diametral e módulo de elasticidade.

Amostra	Resistência à compressão axial (MPa)	Tração por compressão diametral (MPa)	Módulo de elasticidade (GPa)
CP1	11,00	1,89	26,1
CP2	10,80	1,65	29,14
CP3	10,40	1,43	25,57
Média	10,73	1,66	26,94
Desvio Padrão	0,25	0,19	1,57

Os corpos de provas atingiram uma média de 10,73 MPa de resistência a compressão axial, abaixo da resistência pré-estabelecida.

O resultado esperado das vigas, através do dimensionamento realizado de acordo com a ABNT NBR 6118:2014, era uma capacidade de carga experimental de serviço de 47,00 kN. Para as vigas o deslocamento máximo vertical deve ser obtido através do seu comprimento

dividido por 250 ($L/250$), portanto o deslocamento vertical máximo para as vigas em estudo era de 7,22 mm. A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos para as vigas na etapa 1.

Tabela 2. Resultado de carga e deslocamento das vigas antes do reforço estrutural.

	Carga de ruptura (kN)	Deslocamento (mm) $L/250 = 7,22$ mm
V1	31,88	8,69
V2	35,78	10,85
V3	33,54	9,88
V4	28,93	7,92
V5	33,52	8,74
V6	39,54	15,5
Média	33,87	10,26
Desvio padrão	3,03	2,34

Com base na Tabela 2 pode-se verificar que as vigas não se comportaram de acordo com o esperado. O rompimento de todas as vigas ocorreu preponderantemente por esforço cortante com uma fissura de cisalhamento inclinada de aproximadamente 45° . No entanto a média da carga máxima de ruptura foi de 33,87 kN, valor abaixo dos 47,00 kN conforme dimensionamento de Lopes (2017), segundo a NBR 6118 em situação de serviço. Este resultado se obteve principalmente pela baixa resistência do concreto, onde a média a compressão axial resultou em 10,73 MPa. A Figura 9 apresenta as vigas durante e após o ensaio a quatro pontos.

(a)



(b)



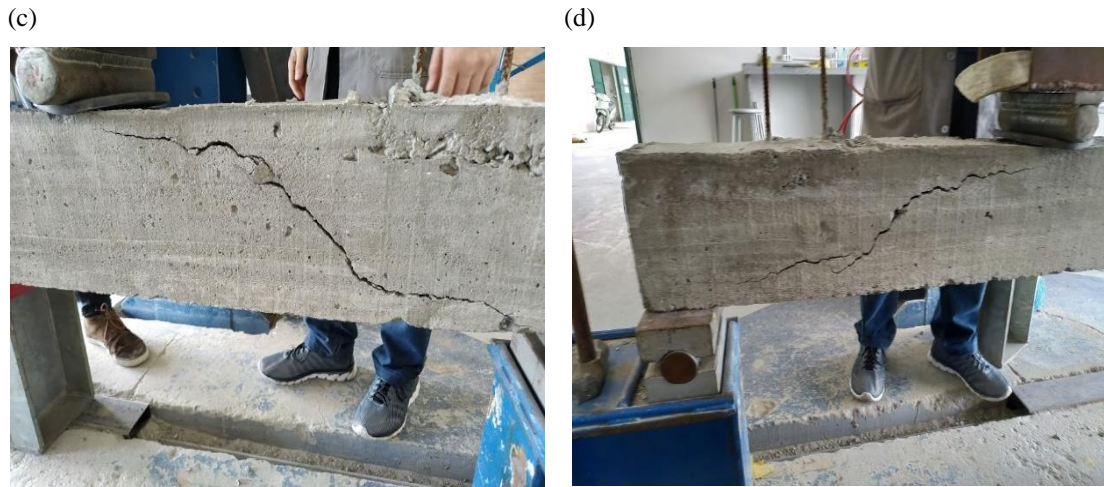


Figura 9. Vigas sob carregamento:(a) Viga do grupo 100, (b) Viga do grupo 175, (c) Viga do grupo 100 rompida, (d) Viga do grupo 175 rompida

A média do deslocamento vertical ultrapassou o valor máximo de 7,22 mm nas seis vigas ensaiadas.

O aparecimento da ruptura visível nas vigas aconteceu de maneira brusca, confirmando o quão perigosos são os esforços de cisalhamento nas vigas de concreto armado. Nesta primeira etapa todas as vigas foram levadas a rupturas de cisalhamento a 45°, exceto a viga 5 do grupo 175, aonde apresentou fissuração a 45°, mas não rompeu completamente.

Com suporte nestes resultados, foi efetuada uma análise de variância (ANOVA) entre os dois grupos de vigas, as vigas do grupo 100 (V1, V2, V3) e do grupo 175 (V4, V5, V6) da primeira etapa.

Baseado nestes dados com 95% de confiança que todos os grupos são estatisticamente iguais em relação à carga de ruptura, para as vigas rompidas antes do reforço.

As Figuras 10 e 11 apresentam os gráficos com os resultados obtidos para vigas rompidas.

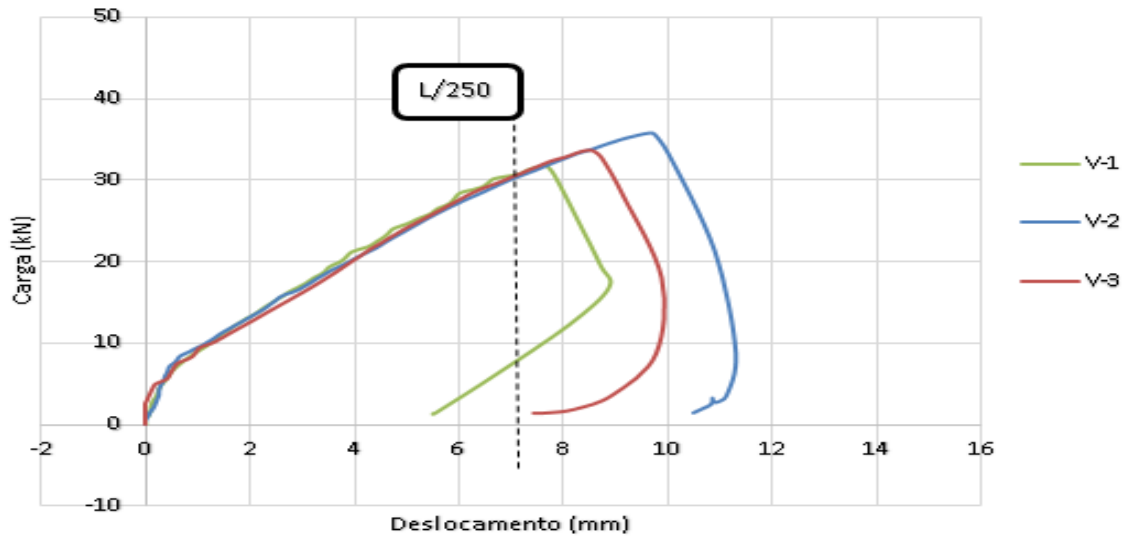


Figura 10- Gráfico resistência das vigas sem reforço – Carga (kN) x Deslocamento (mm) do grupo 100.

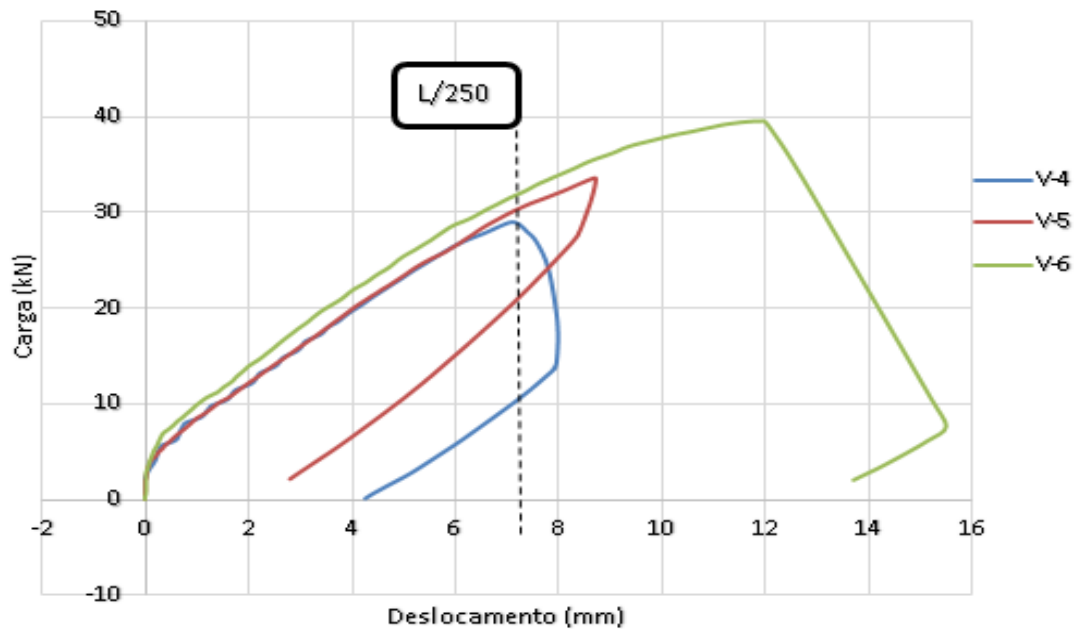


Figura 11- Gráfico resistência das vigas sem reforço – Carga (kN) x Deslocamento (mm) do grupo 175.

A Figura 12 demonstra as vigas reforçadas e rompidas dos grupos 100 e 175, respectivamente.

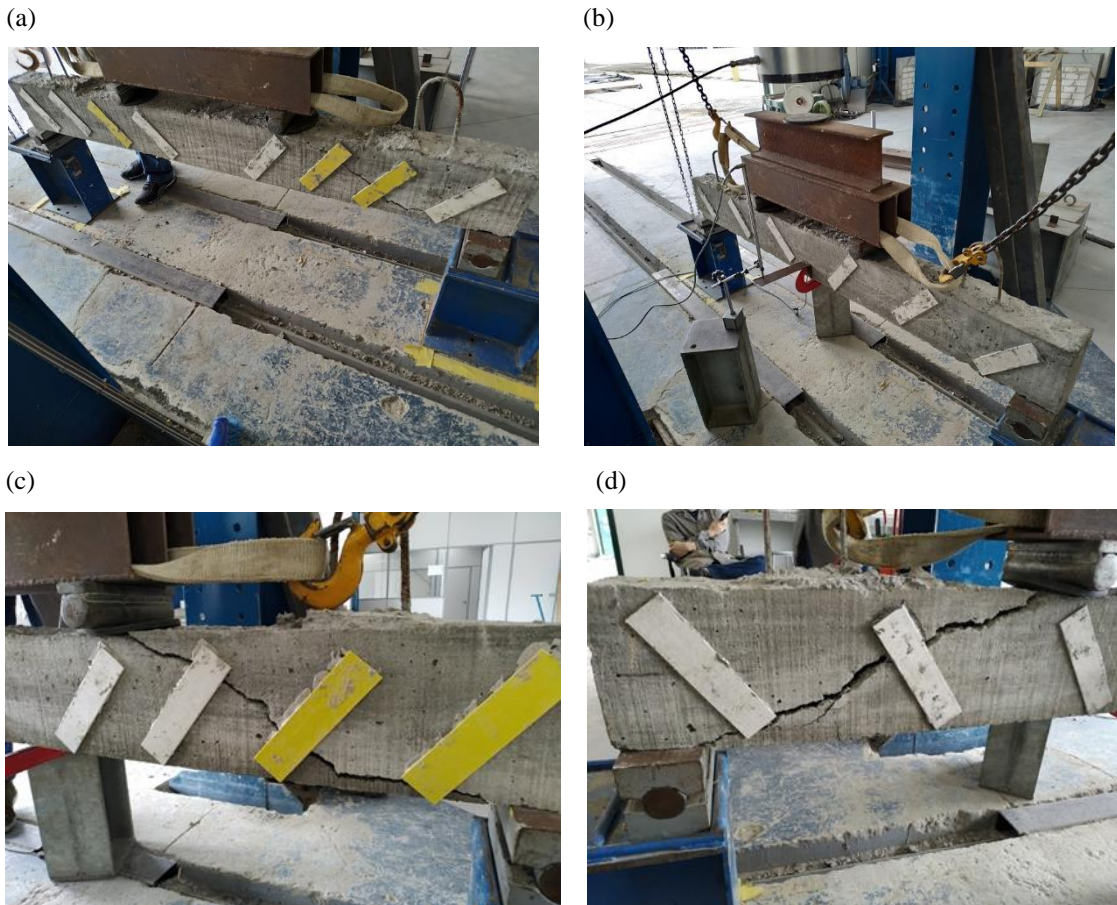


Figura 12. Ruptura das vigas com reforços: (a) Viga do grupo 100 sob carregamento, (b) Viga do grupo 175 sob carregamento, (c) Viga do grupo 100 após o ensaio, (d) Viga do grupo 175 após o ensaio.

Pode-se perceber no final do ensaio de flexão a quatro pontos o deslocamento dos perfis de fibra de vidro.

A Tabela 3 e 4 apresentam os resultados obtidos.

Tabela 3. Resultado das vigas do grupo 100 após o reforço estrutural

	Carga de ruptura (kN)	Deslocamento (mm) $L/250 = 7,22$ mm
V1	16,83	7,94
V2	7,77	6,64
V3	7,70	4,03
Média	10,77	6,20
Desvio padrão	4,29	1,63

Tabela 4. Resultado das vigas do grupo 175 após o reforço estrutural

	Carga de ruptura (kN)	Deslocamento (mm) $L/250 = 7,22$ mm
V4	15,02	9,55
V5	40,31	15,03
V6	7,74	4,23
Média	21,02	9,60
Desvio padrão	13,96	4,41

Seguindo estes dados foi realizada uma análise de variância (ANOVA) entre as vigas dos dois grupos de vigas com reforço. O valor de probabilidade foi maior que 5%, concluindo que não há diferença entre os grupos. A análise realizada entre os dois grupos de reforço indicou que não havia distinção entre os grupos.

A Figuras 13 e 14 apresentam os gráficos com os resultados obtidos para as vigas já reforçadas e rompidas.

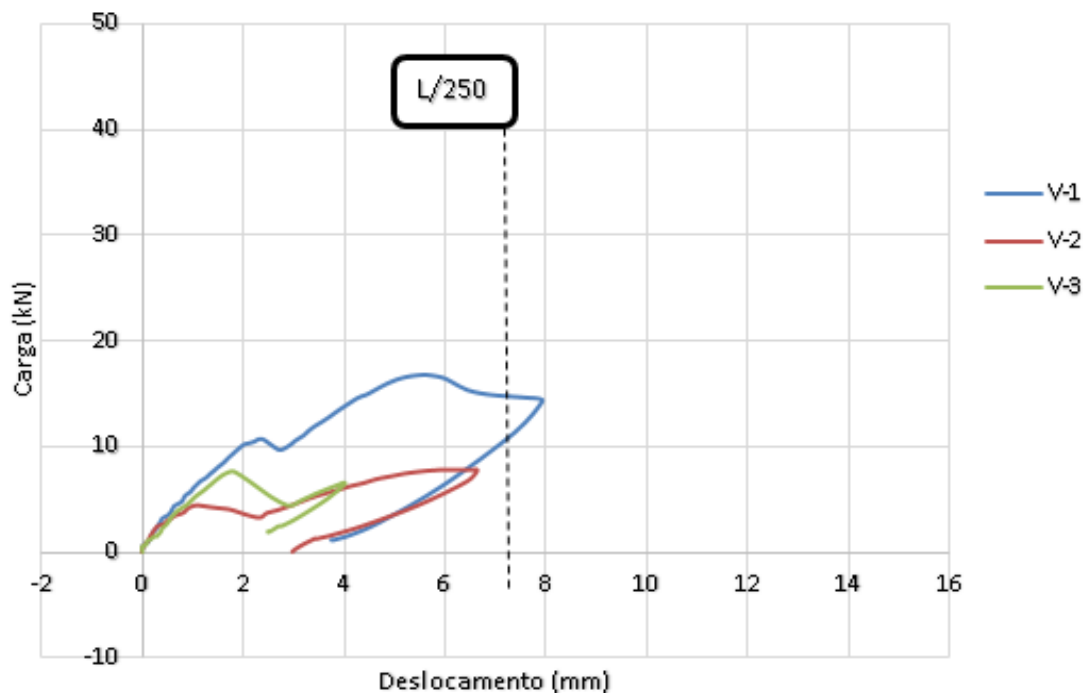


Figura 13- Gráfico resistência das vigas com reforço – Carga (kN) x Deslocamento (mm) do grupo 100.

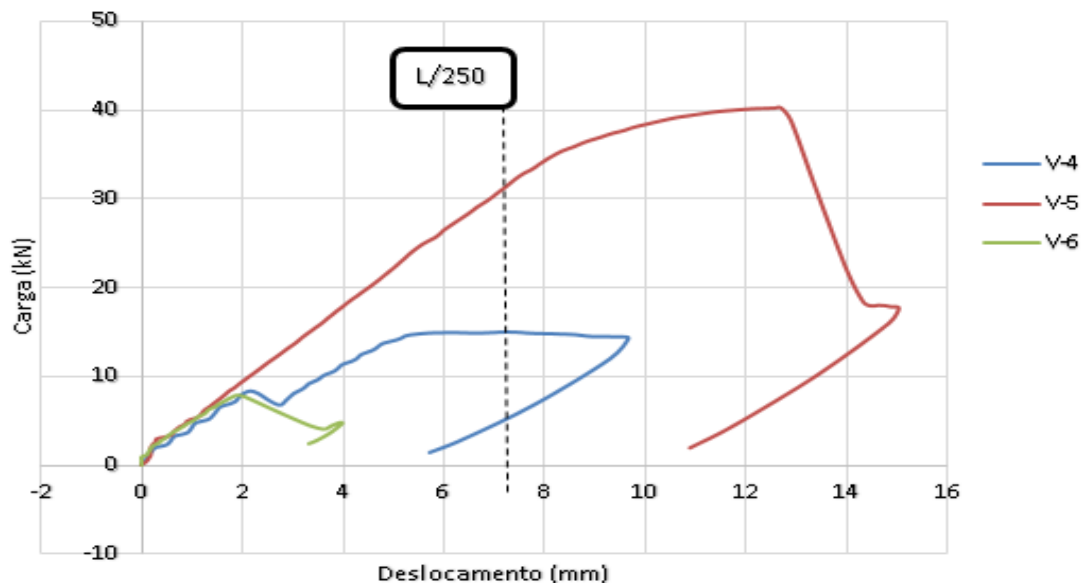


Figura 14- Gráfico resistência das vigas com reforço – Carga (kN) x Deslocamento (mm) do grupo 175.

A média dos dados obtidos das vigas da primeira e segunda etapa estão expostos na Tabela 5.

Tabela 5- Resultado das vigas da primeira e segunda etapa.

	Primeira etapa		Segunda etapa	
	Média da carga de ruptura (kN)	Média do deslocamento (mm)	Média da carga de ruptura (kN)	Média do deslocamento (mm)
Grupo 100	33,73	9,81	10,77	6,20
Grupo 175	34,00	10,72	21,02	9,60

Apesar dos grupos serem considerados similares estatisticamente, fez-se a análise isolada entre os grupos. Com apoio na Tabela 5, as vigas que foram reforçadas à cada 10 cm (Grupo 100) suportaram em média de 31,93% da carga de ruptura da primeira fase, em termos de incremento de carga, uma vez que a viga já estava comprometida. Nas vigas do grupo 175, alcançou um desempenho de 61,82% da carga de ruptura em relação as vigas da primeira etapa.

Após o carregamento das vigas reforçadas, a viga 5 do grupo 175, foi a única viga que ultrapassou a carga de ruptura anterior. Sendo esta a viga que não rompeu por completo no primeiro ensaio. Desconsiderando a mesma, o grupo 175 suportou em média uma carga de 33,47% em relação as vigas da primeira fase.



A Figura 15 apresenta os gráficos com os resultados obtidos para as vigas sem reforço e as vigas já reforçadas e rompidas.

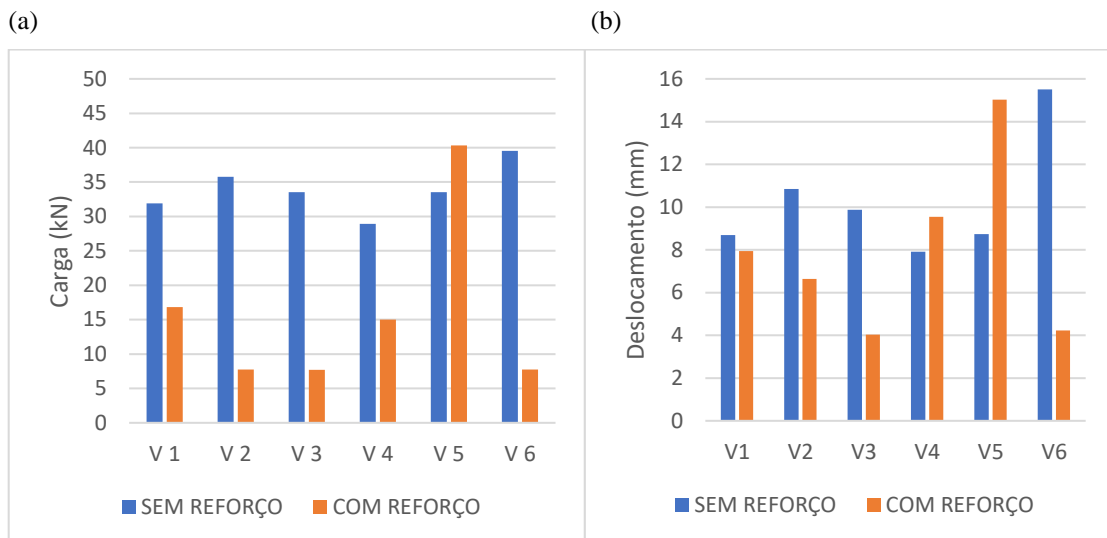


Figura 15- Análise entre os grupos antes e após o reforço:(a) resistência, (b) deslocamento

Mediante a análise de variância (ANOVA) entre os dois grupos de vigas com reforço, buscou-se a média de deslocamento máximo entre os grupos das vigas da primeira e segunda etapa. Decorreu que não há diferença estatística de deslocamento vertical entre os dois grupos.

Posto que não há diferença significativa estatisticamente entre os espaçamentos de reforço de vigas sucede uma análise individual entre os grupos. Onde as vigas do grupo 100, obteve um desempenho que atingiu em média 63,20% do deslocamento em relação as vigas da primeira etapa. Nas vigas do grupo 175 obteve em média 89,55% do deslocamento da fase anterior. Porém no grupo 175, obtém uma ductibilidade de 64,27%, se for rejeitado a V5.

Um possível indicativo para estes resultados está relacionado com a baixa resistência do concreto, visto que a quantidade e o posicionamento dos perfis de pultrudado nos dois grupos não aumentou a deformabilidade.

Com esses dados é possível realizar um comparativo com Lopes (2017), que realizou o a colagem dos perfis a 90°, onde o grupo 100 obteve 117,68% de carga de ruptura em relação as de vigas referência e o grupo 175 obteve 112,20%. No entanto, é importante salientar que apesar de seguir as mesmas metodologias, no estudo de Lopes (2017) as vigas não romperam na primeira fase da pesquisa. O que não foi possível realizar neste ensaio devido ao concreto ser de uma resistência inferior, o que explica a diferença entre os resultados.

Conclusões

É conclusivo afirmar que as rupturas das vigas da primeira etapa aconteceram de forma brusca e com fissuras visíveis, a ruptura das vigas reforçadas aconteceu em geral por cisalhamento conforme o esperado pelo dimensionamento das vigas. O reforço com os perfis fibra de vidro não foi satisfatório nos dois grupos de vigas, uma vez que o objetivo é reabilitar a estrutura com segurança.

Em termos de incremento de carga as vigas do grupo 175 em média, apresentam um melhor resultado com de 61,82% da carga de ruptura em relação as vigas da primeira etapa, as vigas do grupo 100 obtiveram resultados menores, apresentando um desempenho médio de 31,93% da carga de ruptura. Entretanto estatisticamente, através da análise (ANOVA) apresentou que os dois grupos de espaçamentos são estatisticamente iguais.

Com relação ao deslocamento vertical, as vigas do grupo 175 apresentaram melhor resultado, obteve em média 89,55% do deslocamento da primeira etapa. Enquanto as vigas do grupo 100 apresentaram um deslocamento 63,20% em média.

O adesivo estrutural demonstrou eficiência, apesar do descolamento das chapas. A baixa resistência do concreto foi determinante para os resultados obtidos.

Referências bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 5738**: Concreto - procedimento para moldagem e cura de corpos de-prova. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 5739**: Concreto - ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 7222**: Concreto e argamassa—determinação da resistência a tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2011.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 8522**: Concreto – determinação do módulo estático de elasticidade à compressão. Rio de Janeiro, 2008.
- ACHINTIA, Mithila; BALAN, Bogdan. **Characterisation of the mechanical behaviour of annealed glass–GFRP hybrid beams**. Construction and Building Materials. Southampton. 2017.184p.
- ARAVIND, N. et al. **An experimental study on the effectiveness of externally bonded corrugated GFRP laminates for flexural cracks of RC beams**. Construction and Building Materials .2017. 360p.
- BAGHERPOUR, Salar. **Fibre Reinforced Polyester Composites**.2012.166p.
- BATTI, Marília Marcon Bez. **Análise experimental de vigas de concreto armado reforçadas ao cisalhamento com chapa de aço**. Criciúma, 2015. 16p
- CANALLI, Isabel Calegari. **Estudo do comportamento de estrutura mista de concreto e perfil pultrudado de prfv sob flexão**. Florianópolis, 2010.148p.
- CORREIA, J.R., BRANCO, F.A & FERREIRA, J.G. **Structural solutions for floors of buildings with GFRP-concrete hybrid beams**. [2008]. Disponível em: <http://www.iifc.org/proceedings/CICE_2008/papers/4.D.4.pdf> Fourth International Conference on FRP Composites in Civil Engineering (CICE 2008). Acesso em: Abr 2018.
- CUNHA, J. Materiais Compostos. Uberlândia: UFU, 2006. Apostila.
- GARCEZ, Mônica 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.
- LOPES, Sabrina Arcenego. **Análise do comportamento de vigas de concreto armado, reforçadas com polímero estrutural a base de fibra de vidro na região cisalhante**. Universidade do extremo sul catarinense, Criciúma, 2017. 23p.
- MENON, Nara Villanova. **Estudo experimental de sistemas de reforço ao cisalhamento em vigas de concreto armado utilizando-se polímero reforçado com fibras de carbono (PRFC)**. [2018].
- PIERIN, Igor. **Estudo de estabilidade de perfis pultrudado de materiais PRFV**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PPGEC. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Dissertação de Mestrado. Florianópolis, 2005.

REIS, Livia Silveira Nogueira. **Sobre a recuperação e reforço de estruturas de concreto armado.** [2001]. Dissertação Pos-Graduação, Universidade Federal de Minas Gerais. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/BUDB-8AKG76/sobre_a_recupera_o_e_refor_o_das_estruturas_do_concreto_armado.pdf;sequence=1> Acesso em: Mar 2018.

RUSCH, Hubert. **Concreto Armado e Protendido: Propriedades dos Materiais e dimensionamento.** Editora Campus, 1980.

SOUSA, João M. et al. **Effects of thermal cycles on adhesively bonded joints between pultruded GFRP adherends.** Composite Structures. Lisboa .2018. 529p.

ZUCCHI, Luiz Fernando. **TÉCNICAS PARA O REFORÇO DE ELEMENTOS ESTRUTURAIS.** Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2015.