



COMPARATIVO DE MÉTODOS UTILIZADOS PARA REFORÇO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

CORRÊA, Quimberli Maia (1); SANTOS, Amaro Francisco Codá (2)

(1) Universidade Federal do Rio de Janeiro, quimberlicorrea@outlook.com

(2) CEFET/RJ, coda.engenharia@uol.com.br

RESUMO

Atualmente existem diversas tecnologias aliadas ao reforço estrutural em peças de concreto armado que, por motivos variados, encontram-se em estado crítico. A deterioração da peça pode ser associada a causas naturais aliadas ao desgaste temporal e desastres ambientais ou decorrentes da má utilização da estrutura como a falta de manutenção e a utilização da construção para fins diferentes aos projetados inicialmente. Este trabalho tem por finalidade apresentar, através da realização de revisão bibliográfica, as metodologias usuais de reforço para reverter patologias de cunho estrutural no concreto armado, apontando as principais características, metodologias de aplicação, preparação de superfícies, vantagens e desvantagens de cada sistema. Em virtude do exposto constata-se que a pesquisa esclarece o principal ponto de vista de diversos autores do assunto: que não existe uma metodologia melhor que outra e sim, uma metodologia que se adéque melhor ao tipo de situação em que a estrutura está inserida, como local, geometria da peça e resultado esperado.

Palavras-chave: Reforço Estrutural, Concreto Armado, Patologia.

ABSTRACT

Currently there are several technologies combined with structural reinforcement in reinforced concrete parts that, for various reasons, are in critical condition. The deterioration can be associated with natural causes coupled with weathering and environmental disasters or due to misuse of the structure such as lack of maintenance and the use of construction for purposes other than originally designed. The purpose of this paper is to present, through literature review, the usual reinforcement methodologies to reverse structural pathologies in reinforced concrete, pointing out the main characteristics, application methodologies, surface preparation, advantages and disadvantages of each system. Given the above, it is clear that the research clarifies the main point of view of several authors of the subject: that there is no better methodology than another, but a methodology that best fits the type of situation in which the structure is inserted, such as location, part geometry, and expected result

Keywords: Structural Reinforcement, Reinforced Concrete, Pathology.

1 INTRODUÇÃO

O concreto é composto por uma mistura de agregados graúdos e miúdos, cimento, areia e água. Quando adicionado uma armadura passiva, se torna concreto armado com capacidade de resistência as tensões de tração (armadura passiva) e compressão (concreto). (GONÇALVES, 2015)

Além da complementação de resistências, o concreto possui a função de proteger o aço contra as ações de agentes externos desde que

respeitada a espessura mínima de cobrimento e a qualidade do concreto executado, conforme NBR 6118 (ABNT, 2014).

Segundo Gonçalves (2015), mesmo sendo respeitadas as normas de execução do Concreto armado, a inexistência ou realização não periódica de manutenção fazem com que manifestações patológicas com pequeno grau de complexidade, que teriam baixo custo de recuperação, progridam para situações de desempenho falho com ambientes deletérios, de aspecto estético defeituoso, passíveis de insegurança estrutural e de alto custo de recuperação.

Patologias de cunho estrutural são aquelas que comprometem a estabilidade de uma estrutura. Sendo esta causada por diversos motivos, como: falhas de projeto, erros de execução, má qualidade dos materiais, utilização para fins diferentes dos de projeto e falta de manutenção no decorrer do tempo de utilização. (BRONZE, 2016)

De acordo com Gonçalves (2015) a patologia sendo parte integrante da engenharia, estuda os sintomas, mecanismos, causas e origens dos defeitos das construções civis e à terapia cabe estudar a correção e a solução desses problemas patológicos, inclusive aqueles devidos ao envelhecimento natural.

A qualidade dos serviços de reforço de estruturas de concreto está diretamente relacionada à investigação da origem da adversidade e estudo das consequências apresentadas. Estas informações possibilitam a escolha do método adequado, bem como a apuração dos materiais, equipamentos e mão de obra essenciais a execução do serviço. (SOUZA, RIPPER, 1998)

A investigação supracitada versa sobre a determinação das partes das estruturas onde serão necessárias as intervenções de reforço, definição da capacidade portante da peça existente, denotação da necessidade de escoramento durante a execução dos serviços, bem como apreciação do grau de segurança que a estrutura se encontra.

Vale ressaltar que os serviços de reforço requerem a prévia elaboração de trabalhos de cálculo estrutural. (SOUZA, RIPPER, 1998)

Deste modo, serão abordadas as metodologias relacionadas às intervenções mais utilizadas para execução de serviços de reforço estrutural de concreto armado.

2 REFORÇO ESTRUTURAL COM CHAPA DE AÇO COLADA

Segundo Souza e Ripper (1998) esta metodologia se traduz em uma opção de comprovada eficácia no que tange a rapidez na execução e apresentação dos resultados esperados.

Devido à rápida execução é recomendada para situações de emergência em que não se permitam elevadas alterações na geometria da peça.

É aplicada através de colagem de chapas metálicas nas peças afetadas. A espessura da cola deve ser pequena, na ordem de milímetros, tendo em vista que valores mais altos de resistência à tração são obtidos com menores espessuras da camada de adesivo. (Reis, 2001) Não sendo favoráveis em situações em que o concreto possua $f_{ck} < 17.5$ MPa. (SOUZA,RIPPER, 1998)

Segundo Souto Filho (2002) esta técnica se destaca no tratamento de patologias causadas por deficiência na armadura de aço da peça. Neste caso é importante que a qualidade e dimensões do concreto estejam favoráveis. Visto que a ligação aço-resina-concreto depende diretamente da área e principalmente da largura de contato. (SOUZA,RIPPER, 1998)

A desvantagem apresentada por esta metodologia gera em torno da falta de resistência mecânica presente no sistema, que em decorrência da má aplicação, da ação do tempo e do peso próprio da chapa de aço, pode acarretar no desprendimento da chapa utilizada como técnica para o reforço da estrutura.

Figura 1 – Reforço em chapas metálicas coladas



Fonte: SOUZA,RIPPER (1998)

De acordo com Souza e Ripper (1998) o aumento da aderência química do sistema chapa de aço – concreto está totalmente ligado à rugosidade das superfícies.

Sendo assim, se faz necessária a consecução de uma superfície rugosa homogênea, para que a aplicação e funcionamento do conjunto sejam apropriados.

A rugosidade da peça de concreto pode ser atingida através do uso de jatos com granalha de aço, ou pelo apicoamento manual aplicados sobre a estrutura.

Ambos os processos possuem resultados semelhantes e colaboram para o atendimento do nível de rugosidade esperado para que seja realizada com eficácia a colagem da chapa de aço.

Após ser atingido o nível de rugosidade necessário, a superfície deve ser limpa com jatos d'água sob pressão e seca com jatos de ar comprimido, estas medidas são necessárias para assegurar a melhor aderência da resina à superfície.

As fissuras por ventura existentes na superfície de concreto devem ser vedadas antes da execução do reforço, com o intuito de impossibilitar que a resina escape por estas aberturas.

Assim como a superfície de concreto, a da chapa metálica deverá ser igualmente tratada. Souza e Ripper (1998) recomendam que a superfície da chapa seja desengordurada com tricloruretano. Após este processo será realizada a decapagem a jato abrasivo obedecendo o grau de rugosidade fixado pela Norma vigente.

Em seguida, as superfícies que serão coladas necessitarão ser protegidas com filme autocolante para que não sejam danificadas. O filme deverá ser retirado imediatamente antes da aplicação. A face da placa exposta ao meio necessitará receber tratamento de pintura anticorrosiva, com aplicação de uma demão de primário epoxídico com pó de zinco.

A ligação entre a estrutura antiga e a estrutura nova deste tipo de reforço pode ser realizada por meio de resina epóxi.

De acordo com Souza e Ripper (1998) a aplicação deve ser executada através da colagem das chapas metálicas no concreto utilizando resina epoxídica com alta capacidade de aderência. Após a aplicação da resina sobre a chapa deve-se atentar ao correto posicionamento desta.

O próximo passo é a aplicação de pressão sobre as chapas recém-coladas, a fim de que seja retirado o excesso de resina existente. Este método pode ser realizado a partir de escoras metálicas ajustáveis, que deverão ser retiradas após o endurecimento da resina, não podendo este tempo ser inferior a 24 horas.

As soldagens necessárias ocorrerão ao final do processo de colagem, sendo realizada nas juntas das chapas metálicas. Posteriormente é realizada a limpeza com escova de aço e em seguida a aplicação de tinta anticorrosiva sobre as superfícies expostas ao meio.

3 REFORÇO ESTRUTURAL COM CHAPA DE AÇO CHUMBADA

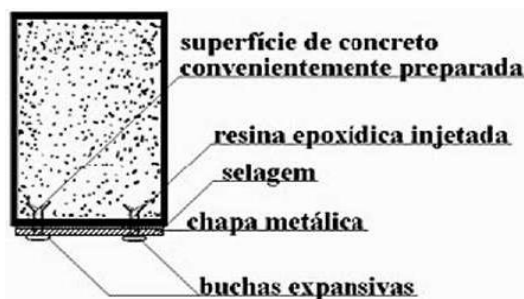
Esta metodologia pode ser considerada um complemento à técnica previamente citada, que versa sobre a utilização de chapas de aço coladas à estrutura de concreto. Sendo comum mesmo em situações de colagem a introdução de um pino chumbador na extremidade do comprimento de ancoragem da chapa, visto que este trabalha como contribuição mecânica à transferência de esforços, uma vez que a colagem provoca apenas aderência química.

O chumbamento é realizado habitualmente através do uso de buchas expansivas alocadas na extremidade do comprimento de ancoragem da chapa, conforme figura 2.

A metodologia de aplicação é a mesma utilizada nos reforços com aplicação de perfis metálicos, conforme item 4.

A desvantagem desta metodologia esta na possibilidade de perda da resistência da chapa devido a erros na locação dos furos realizados para receber o chumbamento da peça junto ao concreto. Usualmente este erro ocorre, pois quando da instalação do sistema, a localização do furo da chapa vai de encontro com a armadura da estrutura de concreto, sendo assim necessária a realização de outra perfuração.

Figura 2 – Reforço em chapas metálicas com colagem e chumbamento



Fonte: SOUZA,RIPPER (1998)

4 REFORÇO ESTRUTURAL COM APLICAÇÕES DE PERFIS METÁLICOS

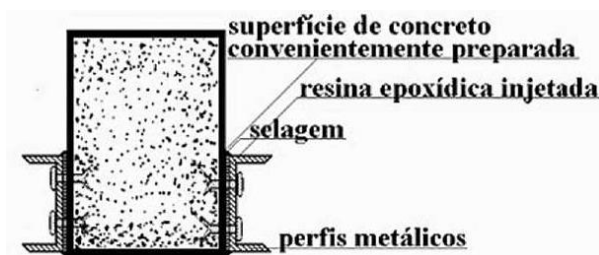
É considerado um dos métodos mais tradicionais, sendo utilizado em situações de emergência. Na maioria dos casos não apresenta grandes mudanças na arquitetura da peça. (SOUZA,RIPPER, 1998)

A preparação da superfície para aplicação desta técnica é similar à descrita no item 2, tanto para o concreto quanto para o perfil metálico, devendo ser igualmente seguidos os passos correspondentes a proteção da peça. (SOUZA,RIPPER, 1998)

A metodologia de aplicação conta com chumbamento da chapa ao concreto com buchas expansivas e preenchimento com resina injetável para o enchimento de vazios existentes entre o concreto e o aço.

As desvantagens desse sistema são as mesmas descritas no item 3, em seu último parágrafo, este que discorre sobre erros na perfuração da chapa de aço causando diminuição da resistência inicial da peça.

Figura 3 – Reforço com perfis metálicos



Fonte: SOUZA,RIPPER (1998)

5 REFORÇO ESTRUTURAL COM APLICAÇÃO DE TECIDO DE FIBRA DE VIDRO (TFC)

O uso desta metodologia destacou-se devido ao seu alto desempenho mecânico, baixo peso, alta resistência, grande rigidez e ampla durabilidade. Podendo ainda, diferentemente das chapas metálicas, assumir formas complexas. (Beber, 2003)

Para reforço estrutural são utilizados TFC de alta resistência à tração e com módulo de elasticidade semelhante aos dos aços utilizados nas construções. (SOUZA,RIPPER, 1998)

Diferentemente da preparação utilizada em reforços com chapas de aço, não é necessário que a superfície do concreto seja submetida ao apicoamento. Neste caso é requerida a cuidadosa esmerilagem ou utilização de jatos com granalha de aço para limpeza e remoção da fina camada de nata de cimento existente, a fim de que a absorção dos elementos que serão aplicados seja eficaz.

Deverá ocorrer o desbaste das quinas envolvidas na aplicação, arredondando-as até que apresentem raio mínimo de curvatura de 30 mm.

De acordo com Araújo e Silva Júnior (2018) as superfícies em que serão aplicados os reforços deverão estar limpas, sãs e livres de quaisquer partículas soltas. Deste modo todas as adversidades existentes necessitarão ser tratadas e recuperadas antes da aplicação do sistema, incluindo fissuras, que precisarão ser injetadas com resinas ou seladora com o intuito de cobrir a abertura evitando a corrosão da armadura e promovendo a eficácia na aplicação da fibra de carbono.

Para que haja a correta transferência de esforços entre o sistema concreto – TFC, é necessário que seja estabelecida uma metodologia de colagem eficiente. (Machado, 2011)

Sendo assim, o resultado do reforço executado com Tecido de Fibra de Carbono vai depender diretamente da qualidade da aplicação deste substrato sobre a superfície de concreto. (SOUZA,RIPPER, 1998)

Após a preparação da superfície é iniciada execução do sistema. O primeiro passo é a aplicação do imprimador primário, este que possui a função de penetrar nos poros do concreto formando assim uma ponte de aderência eficiente entre o concreto e o sistema utilizado.

Decorrendo o tempo necessário para fixação do imprimador, quaisquer irregularidades significativas presentes no concreto precisarão ser corrigidas antes da aplicação da Fibra. Seja através da remoção ou da aplicação de argamassa epoxídica bi componente para fins de preenchimento das falhas.

As lâminas de fibra de carbono serão previamente cortadas com tesoura de aço respeitando rigorosamente às medidas do local onde o reforço será executado.

Consecutivo ao corte o TFC deverá ser aderido à superfície de concreto. Segundo Machado (2011), existem duas formas de execução desta atividade. A primeira é conhecida como saturação via úmida, em que o tecido de fibra de carbono é saturado com resina fora do local de aplicação, ou seja, a colocação da resina é realizada em uma espécie de bancada e ao término desta etapa, o TFC saturado é transportado e aplicado sobre o concreto. Já a segunda é conhecida como Saturação Via Seca, em que o TFC é saturado diretamente sobre a estrutura de concreto.

Ainda segundo Machado (2011) a diferença entre os tipos de saturação está na quantidade de resina utilizada, facilidade de aplicação e no tamanho máximo de deslocamento da fibra. Onde a saturação via úmida consome menos resina, possui aplicação menos trabalhosa, mas em contrapartida limita o comprimento de tecido a ser transportado para execução do serviço.

A escolha da forma de saturação será de responsabilidade do profissional que irá executar a atividade.

A colocação do TFC sobre o concreto deverá ser realizada imediatamente após a saturação, visto que o tempo de manuseio da resina saturante é de no máximo 30 minutos. Durante este tempo ainda é possível fazer ajustes no posicionamento da fibra de modo que não ocorram ondulações ou desvios de direção.

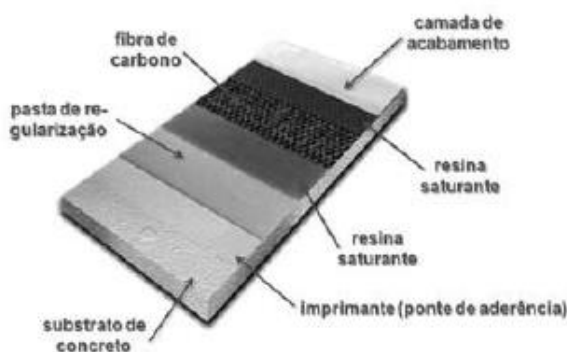
Com o intuito de garantir a total aderência da lâmina da fibra a superfície de concreto, é necessário realizar um procedimento denominado rolagem de bolhas de ar em que são passados roletes de aço por cima do TFC recém aplicado, com a finalidade de empurrar as bolhas de ar existentes até as extremidades para que sejam eliminadas.

Ao final do posicionamento da fibra é efetuada a segunda demão da camada de saturação sobre a lâmina instalada para assegurar a total submersão da fibra.

Usualmente, para reforços de estruturas, são utilizadas mais de uma camada de Tecido de Fibra de Carbono. Devendo este processo ser repetido nas camadas posteriores.

Cada camada de fibra necessita de duas camadas de imprimação, não podendo a segunda camada de saturação ser utilizada para aderência da camada subsequente.

Figura 4 – Etapas construtivas dos sistemas compostos estruturados com fibras de carbono



Fonte: MACHADO (2011)

6 REFORÇO ESTRUTURAL MEDIANTE AUMENTO DE SEÇÃO TRANSVERSAL COM CONCRETO

Conhecida como uma das metodologias mais antigas, este tipo de reforço pode ser utilizado quando a peça apresenta insuficiência de armadura, seja por degradação devido a corrosão ou por qualquer outro meio externo que tenha ocasionado tal situação. (REIS, 1998)

O objetivo desta técnica é restabelecer a capacidade portante da peça. Sendo assim, é realizado acréscimo de armadura e posterior recobrimento com concreto, aumentando a seção da peça original.

O acréscimo de armadura deve respeitar os limites impostos pelas normas vigentes e se condicionar ao estado de deterioração em que se encontra a armadura atual da estrutura para qual se deseja o reforço.

O recobrimento da armadura de reforço pode ser realizado através da concretagem convencional, do uso de concreto projetado e concreto de alto desempenho. Tanto o primeiro quanto o segundo causam um aumento considerável na seção existente, já o terceiro devido as suas características, não demanda alterações significativas na arquitetura original da peça.

A fim de garantir a aderência da estrutura antiga com a estrutura nova é realizado o apicoamento da peça e, posteriormente, a aplicação de resina epoxídica, esta que funcionará como ponte de ligação entre as

estruturas e impedirá que agentes externos entrem em contato com as barras de ferros iniciais. (SILVA, 2006)

Além do aumento considerável da seção da peça, outro inconveniente encontrado nesta metodologia é o fato de que, quando comparada com outras técnicas, esta demanda um tempo maior para que a estrutura de reforço possa desempenhar sua função. Dado o tempo necessário para que o concreto atinja a resistência para a qual foi projetado.

7 REFORÇO ESTRUTURAL MEDIANTE PROTENSÃO EXTERNA

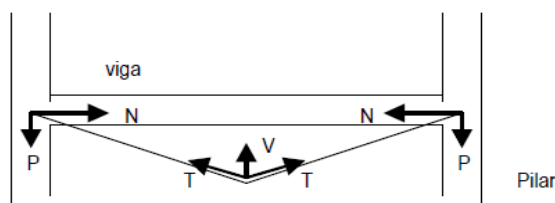
De acordo com SOUZA,RIPPER (1998) a maneira mais simples de se operar o reforço de estruturas, seria através da introdução de uma força externa com capacidade de contrapesar a existência de aumento de tensões interiores indesejáveis ou colaborar para o acréscimo da capacidade portante da peça.

Segundo Beber (2003), a aplicação de protensão externa é capaz de atender a concepção da ideia expressada por SOUZA,RIPPER (1998).

Em contrapartida com sua definição que se mostra como uma metodologia simples, a aplicação no campo não apresenta essa semelhança. Souza e Ripper (1998) dizem que para se obter um bom resultado é necessário a utilização de mão de obra especializada, bem como equipamentos e materiais com certo nível de complexidade.

Este método de reforço é amplamente aplicado em obras de grande porte como pontes e viadutos. (REIS, 2001)

Figura 5 – Mecanismos da protensão externa



Fonte: REIS (2001)

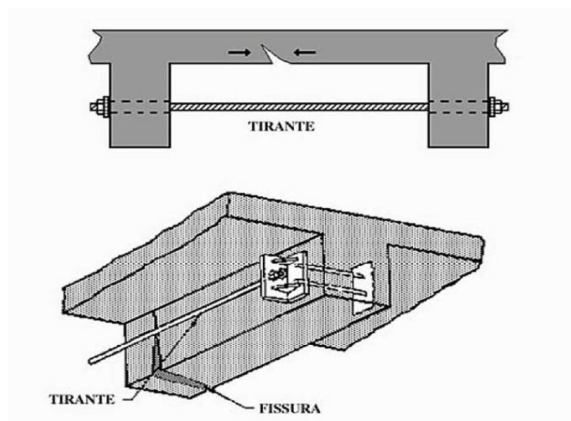
A partir da Figura 5 é possível notar que a protensão externa possui princípios similares aos do concreto protendido. Segundo o qual o esforço de tração T , proveniente da protensão do cabo, gera a compressão da viga (N), aumento de carga no pilar (P) e adiciona uma carga vertical (V) que age na redução das deformações e deslocamentos da estrutura. (REIS, 2001)

Ainda de acordo com Reis (2001), diferentemente de outras técnicas de reforço como o uso de perfis metálicos e chapas de aço, a protensão externa tem a vantagem de não necessitar que as cargas atuantes sobre a peça sejam descarregadas para que a eficácia do novo sistema seja

comprovada. Esta metodologia soluciona patologias que não seriam revertidas utilizando nenhum outro tipo de reforço, sendo esta capaz de trabalhar sobre elementos deformados e sobre a atuação de cargas de serviço.

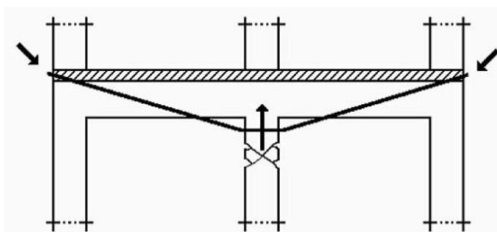
A aplicação do sistema de protensão exterior não aderente tem sido realizada em reforço de estruturas em casos justificados pela costura de fendas em vigas e pela redistribuição de esforços em peças contínuas por exemplo. O primeiro tem por finalidade a introdução de deformação no sentido contrário ou paralelo ao de formação da fissura, já o segundo consiste na retirada de esforços de pontos da peça mais críticos e realocação desses em pontos com capacidade portante mais adequada. (SOUZA,RIPPER, 1998)

Figura 6 – Costura de fissuras por aplicação de protensão exterior



Fonte: SOUZA,RIPPER (1998)

Figura 7 – Substituição de um pilar danificado, com a conseqüente redistribuição de esforços, através da aplicação de protensão exterior



Fonte: SOUZA,RIPPER (1998)

Esta metodologia apresenta vantagens como a possibilidade de reaplicação de esforços com finalidade de corrigir erros e perdas conseqüentes do atrito dos cabos e erros de execução, bem como facilidade na substituição de cabos danificados. Além de proporcionar a associação de concreto armado e protendido, através da utilização da estrutura existente mesmo que deformada.

No entanto, por estar localizada do lado de fora dos elementos estruturais, apresenta vulnerabilidade contra aos agentes externos que podem gerar corrosão dos cabos e ações de vandalismo. Este risco pode ser minorado através do encapsulamento com concreto convencional ou projetado.

Com relação ao dimensionamento e metodologia de aplicação deste sistema, devem-se seguir as normas de concreto armado e protendido, considerando que esta deve portar as cargas para as quais foi projetado incluindo esforços secundários porventura existentes. (REIS, 2001)

Vale ressaltar que a garantia da eficiência da ancoragem neste caso está relacionada à correta execução do sistema. Posto que, diferentemente da ancoragem em cabos aderentes ao concreto, no caso de falha desta, o cabo se ressentirá em toda extensão, deixando de cumprir a função de elemento resistente para a qual foi dimensionado. (SOUZA,RIPPER, 1998)

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apresentadas as principais metodologias para reforço de estruturas de concreto armado, é percebido que existe no mercado atualmente tipos adequados de tecnologia para combate de problemas estruturais específicos.

Vimos que a chapa de aço quando colada a superfície de concreto desempenha papel semelhante à chapa chumbada, com a diferença que, a primeira não produz resistência mecânica, esta que é adquirida através do chumbamento da peça.

Em contrapartida, a metodologia que faz a utilização de perfis metálicos ocupa uma seção maior que a utilizada nas chapas de aço chumbadas.

As três técnicas supracitadas possuem métodos de aplicação compatíveis, e as divergências encontradas em cada uma delas será o principal ponto para tomada de decisão a respeito da escolha do reforço a ser executado.

A aplicação da fibra de carbono é essencial para reforços em estruturas de geometria singular, uma vez que esta apresenta insumos de aplicação flexíveis e passíveis de moldagem segundo a arquitetura da peça.

O aumento da seção de concreto da peça é uma das metodologias mais conhecidas, mas ao contrário das demais, não é flexível e gera um aumento considerável da seção original.

Em contrapartida, a aplicação de protensão externa é utilizada para solucionar todas as patologias estruturais que não podem ser revertidas através de nenhuma outra técnica existente no mercado. Sendo executada em sua maioria em estruturas de grande porte. Possui metodologia de aplicação similar à do concreto protendido, exceto pelo cuidado maior no sistema de ancoragem e pelo fato do aço de protensão se encontrar na parte externa da estrutura.

Sendo assim é possível constatar que não existe metodologia melhor que outra e sim, uma metodologia que se adéque mais ao tipo de situação em que a estrutura está inserida.

REFERÊNCIAS

- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). NBR 6118. Projeto de estruturas de concreto — Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.
- ARAÚJO, T. T. de.; SILVA JÚNIOR, W. N. Reforço estrutural em fibra de carbono para estruturas de concreto armado. 6ª Conferência sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios. Rio de Janeiro, Abril, 2018.
- BEBER, A. J. **Comportamento estrutural de vigas de concreto armado reforçadas com compósitos de fibra de carbono**. 2003. 317f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- BRONZE, R. A. **Estudo comparativo: uso do sistema de fibras de carbono e sistema convencional para reforço de estruturas de concreto**. 2016. 93f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- GONÇALVES, E. A. B. **Estudo de patologias e suas causas nas estruturas de concreto armado de obras de edificações**. 2015.174f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- MACHADO, A. de P. **Manual das estruturas de concreto armado com fibra de carbono**. 120p. 2011.
- REIS, A. P. A. **Reforço de vigas de concreto armado por meio de barras de aço adicionais ou chapas de aço e argamassa de alto desempenho**. 1998. 239f. Tese (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- REIS, L. S. N. **Sobre a recuperação e reforço de estruturas de concreto armado**. 2001. 114f. Tese (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- SILVA, E. A. da. **Técnicas de recuperação e reforço de estruturas de concreto armado**. 2006. 84f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo.
- SOUTO FILHO, M. V. **Modelagem numérica de reforço estrutural em vigas de concreto armado**. 2002. 127f. Tese (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- SOUZA, V. C.; RIPPER, T. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto**. 1 ed. São Paulo: Editora Pini, 1998. 255p.