

TÉCNICAS DE REFORÇO EM EDIFICAÇÕES COM ACRÉSCIMOS NÃO PLANEJADOS

Lucas Milani Salema¹
Lucas Machado Rocha²

lucas.univertix@gmail.com

ÁREA DO CONHECIMENTO: Engenharias

RESUMO

Estruturas de concreto armado envelhecem e podem apresentar deterioração antes do fim de sua vida útil, demandando intervenções de reforço ou recuperação. Adicionalmente, mudanças de uso ou aumentos de carregamento em edificações existentes requerem o aumento da capacidade resistente dos elementos estruturais para atender às normas vigentes de segurança. Este artigo apresenta um estudo comparativo de três técnicas de reforço estrutural em concreto armado – encamisamento com concreto, adição de chapas metálicas coladas e uso de compósitos de fibras (FRP) – com base em revisão bibliográfica e análise de casos reportados. Descrevem-se os princípios de cada método, suas aplicações típicas, vantagens e limitações, bem como diretrizes sobre quando utilizá-los ou evitá-los. Uma tabela comparativa é fornecida para sintetizar essas características. Os resultados evidenciam que cada técnica possui um campo de melhor aplicabilidade, dependendo das exigências do projeto (ganho de resistência, prazo, restrições geométricas, ambiente de exposição, custo etc.). Conclui-se sobre a importância da correta seleção e projeto do método de reforço, aliada à capacitação técnica, para garantir o desempenho estrutural e a durabilidade da intervenção, evitando a reincidência de patologias. Por fim, destaca-se a necessidade de normalização nacional específica, em especial para materiais compósitos, de modo a orientar os profissionais e assegurar qualidade nas soluções de reforço estrutural.

PALAVRAS-CHAVE: reforço estrutural; concreto armado; encamisamento; chapas de aço coladas; compósitos de fibras (FRP)

1 INTRODUÇÃO

Estruturas de concreto armado não são indeterminadamente duráveis – ao contrário, deterioram-se com o passar do tempo se não forem bem projetadas, executadas e mantidas. Na prática, verifica-se que muitas edificações de concreto

¹ Acadêmico do curso de Engenharia Civil pela Univértix.

² Engenheiro Civil, Mestre em Mecânica das Estruturas, Especialista em Sustentabilidade na Construção Civil, Especialista em Gestão em Saneamento Ambiental.

apresentam manifestações patológicas e perda de desempenho estrutural antes mesmo de atingirem a vida útil prevista em projeto (por vezes, poucas décadas após a construção). Em especial, edifícios antigos (50 a 80 anos de idade) frequentemente requerem reabilitação estrutural devido à degradação dos materiais por falta de manutenção ou por danos de uso e eventos extremos. Além disso, a adaptação de construções existentes a novos usos ou maiores cargas – cenário comum em centros urbanos com escassez de terrenos – exige intervenções na estrutura original, incluindo modificações e reforços, para satisfazer as atuais demandas de segurança e funcionalidade.

Nesse contexto, diversas técnicas de reforço estrutural em concreto armado vêm sendo desenvolvidas e aprimoradas ao longo das últimas décadas. As abordagens tradicionais, como o aumento da seção dos elementos em concreto (encamisamento), coexistem com métodos mais recentes, a exemplo da colagem de chapas de aço e da aplicação de compósitos de fibras (FRP). Cada técnica apresenta mecanismos de atuação distintos e características próprias em termos de eficácia, custo, exigências de mão de obra e impacto na estrutura existente. A escolha inadequada ou a execução deficiente de reforços pode, porém, comprometer a durabilidade da solução – gerando a necessidade de sucessivas reintervenções, alimentando a chamada “indústria do reparo do reparo” (Reis, 2001).

Este artigo, embasado no Trabalho de Conclusão de Curso do autor e em literatura técnico-científica recente, tem como objetivo discutir comparativamente três técnicas de reforço estrutural em estruturas de concreto armado: **(i)** encamisamento com concreto, **(ii)** reforço com chapas metálicas coladas com adesivo, e **(iii)** reforço com materiais compósitos de fibras (FRP – *Fiber Reinforced Polymer*). Serão apresentadas a fundamentação teórica de cada método, estudos e aplicações reportados, suas vantagens e limitações, bem como um quadro comparativo para orientar quando utilizar ou evitar cada técnica. Espera-se que este estudo auxilie profissionais e pesquisadores na seleção da solução de reforço mais adequada a cada situação, promovendo intervenções estruturais seguras e duráveis.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O reforço de estruturas de concreto armado tornou-se cada vez mais relevante diante do envelhecimento natural das construções, falhas de execução e mudanças

de uso que exigem aumento da capacidade resistente. Diversas técnicas foram desenvolvidas, sendo três delas de maior aplicabilidade: encamisamento com concreto, reforço com chapas de aço coladas e reforço com compósitos de fibras (FRP). Cada solução apresenta mecanismos distintos, com vantagens, limitações e campos de aplicação específicos (Souza; Ripper, 1998; Reis, 2001).

2.1 Encamisamento com concreto

O encamisamento consiste na aplicação de uma nova camada de concreto, geralmente armada, ao redor do elemento estrutural original. A técnica amplia a seção transversal e possibilita grandes acréscimos de resistência e rigidez. É bastante utilizada em pilares, vigas e fundações, sobretudo quando há degradação generalizada do concreto ou subdimensionamento da estrutura (Reis, 2001).

Entre as principais vantagens, destacam-se a compatibilidade de materiais – já que utiliza concreto e aço –, a possibilidade de recuperar elementos deteriorados e o baixo custo relativo quando comparado a soluções mais sofisticadas (Souza; Ripper, 1998). Além disso, o uso de concretos de alto desempenho pode reduzir a espessura da capa, minimizando a interferência arquitetônica (Takeuti; Hanai, 2000).

Por outro lado, o método aumenta as dimensões do elemento, o que pode reduzir o espaço útil e causar impacto estético. Também implica acréscimo de peso próprio, exigindo verificação da capacidade das fundações. Outro aspecto crítico é a aderência entre o concreto novo e o existente, que deve ser assegurada por meio de preparo adequado da superfície e do uso de conectores (Piancastelli; Calixto, 1997). Assim, a técnica é recomendada quando há necessidade de reforço substancial e possibilidade de acréscimo dimensional, devendo ser evitada em situações com limitações de espaço ou tempo de obra reduzido.

2.2 Reforço com chapas metálicas coladas

A técnica de colagem de chapas metálicas utiliza placas de aço fixadas com adesivos epóxi à superfície de vigas, lajes ou pilares. Essas chapas atuam como armaduras externas, elevando a capacidade de flexão ou cisalhamento. Sua popularização se deu a partir dos anos 1980, com resultados consistentes em diversas aplicações práticas (Raouf *et al.*, 2000).

As principais vantagens incluem a rapidez de execução, o baixo impacto geométrico e o custo moderado. As chapas podem aumentar a resistência de forma significativa (até cerca de 50%) sem alterar dimensões visíveis do elemento (Reis,

2001). Assim, trata-se de uma técnica adequada para reformas em edifícios em funcionamento, em que o tempo de paralisação deve ser mínimo.

Como limitações, destacam-se o risco de descolamento prematuro (peeling-off), a necessidade de preparação rigorosa da superfície e a susceptibilidade à corrosão do aço em ambientes agressivos (Cánovas, 1988). Além disso, a resina epóxi perde resistência em temperaturas elevadas, exigindo proteção contra incêndio. Dessa forma, é recomendada em reforços rápidos e moderados, preferencialmente em ambientes internos ou controlados, e deve ser evitada em obras expostas sem proteção anticorrosiva ou térmica.

2.3 Reforço com compósitos de fibras (FRP)

O uso de compósitos poliméricos reforçados com fibras (FRP), como as de carbono, vidro ou aramida, representa uma solução moderna e de alto desempenho. Aplicados na forma de lâminas ou mantas coladas externamente, esses materiais apresentam elevada resistência à tração, baixo peso e imunidade à corrosão (Juvandes; Figueiras, 2000).

As vantagens mais relevantes incluem a não corrosão, a facilidade de aplicação em diferentes geometrias e a rapidez de execução, já que a cura da resina é muito mais curta que o tempo de pega do concreto. Além disso, a técnica não altera dimensões visíveis, sendo indicada para edificações históricas ou ambientes onde o acréscimo de seção é inviável (Karbhari, 2000).

Entretanto, os FRPs apresentam custo elevado e comportamento frágil, com ruptura súbita sem aviso prévio. Também são sensíveis a altas temperaturas, que comprometem as resinas epóxi, e ainda carecem de normalização nacional específica no Brasil (Reis, 2001). Assim, a técnica é indicada quando há restrição de peso e espaço, ou quando o ambiente é altamente agressivo à corrosão. Deve ser evitada quando o orçamento é limitado ou a estrutura está sujeita a riscos de incêndio não controlados.

3 METODOLOGIA

O presente trabalho caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, de cunho bibliográfico e comparativo. Inicialmente, foi realizado um levantamento extensivo da literatura técnica sobre recuperação e reforço de estruturas de concreto armado, com foco nas três técnicas selecionadas (encamisamento, chapas coladas e compósitos

de fibras). Foram consultados livros de referência, normas, dissertações e artigos técnicos recentes, incluindo estudos experimentais e aplicações em campo, a fim de coletar dados sobre o desempenho, materiais envolvidos, procedimentos executivos e recomendações de projeto para cada método.

Em seguida, procedeu-se a uma análise comparativa estruturada. Para tal, definiu-se um conjunto de critérios de comparação, dentre os quais: aplicações típicas (tipos de elementos e situações em que cada reforço é mais indicado), vantagens (ganhos e facilidades proporcionados), limitações (desvantagens, riscos ou dificuldades), e recomendações de uso (condições favoráveis ou desfavoráveis para a adoção da técnica). Esses critérios foram compilados em forma de tabela para permitir uma visualização objetiva das diferenças entre os métodos, com base nas informações extraídas das fontes pesquisadas.

Paralelamente, estudou-se um caso de aplicação prática no contexto do Trabalho de Conclusão de Curso do autor, que envolveu o reforço estrutural de elementos de concreto armado. Os métodos empregados no caso foram justamente os abordados neste artigo, o que forneceu subsídios adicionais à análise (como observações de campo, desafios de execução e resultados obtidos). Embora detalhes específicos do projeto de reforço não sejam o foco principal aqui, a experiência prática auxiliou na ponderação dos pontos fortes e fracos de cada solução em cenário real.

A metodologia, portanto, combinou a revisão bibliográfica crítica com a síntese comparativa e a reflexão baseada em experiência prática. Essa abordagem permitiu desenvolver recomendações fundamentadas, apresentadas na seção seguinte, de modo a orientar a seleção de técnicas de reforço em função das condições de projeto. Ressalta-se que, no âmbito deste trabalho, não foram realizadas novas experimentações laboratoriais, mas sim uma consolidação de resultados e lições documentadas por diversos autores, garantindo atualidade e confiabilidade às conclusões. Todos os dados e afirmações estão devidamente referenciados conforme as fontes originais, assegurando a coerência e a validade técnico-científica das informações.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultado do estudo comparativo, elaborou-se o Quadro 1, que sintetiza os achados referentes a cada técnica de reforço estrutural abordada. O quadro lista,

em colunas, as aplicações mais comuns, as principais vantagens, limitações e recomendações de quando utilizar ou evitar cada método, conforme a literatura consultada e a experiência prática relatada.

Tabela 1 – Comparativo das principais técnicas de reforço estrutural em concreto armado

Técnica	Aplicações típicas	Vantagens	Limitações	Quando Utilizar / Evitar
Chapas metálicas coladas	Vigas e lajes (flexão e cisalhamento); reforços localizados em apoios.	Execução rápida; baixo impacto geométrico; custo moderado; ganhos até 50%.	Risco de descolamento; sensível a altas temperaturas; suscetível à corrosão.	Usar: reforços rápidos sem aumento de seção em ambientes internos. Evitar: ambientes agressivos ou risco de incêndio sem proteção.
Compósitos de fibras (FRP – ex.: CFRP)	Vigas e lajes (flexão/cisalhamento); confinamento de pilares; estruturas em ambientes agressivos.	Alta resistência/peso; imune à corrosão; não aumenta dimensões; execução rápida.	Custo elevado; comportamento frágil; baixa resistência ao fogo.	Usar: quando não se pode aumentar seção/peso e em ambientes corrosivos. Evitar: quando orçamento é restrito ou há risco de incêndio.
Encamisamento com concreto armado	Pilares, vigas e fundações deteriorados ou subdimensionados.	Aumento significativo de resistência/rigidez; uso de materiais convencionais; recuperação de elementos.	Aumento de dimensões e peso; exige aderência eficaz; tempo de cura.	Usar: quando há necessidade e de grandes acréscimos de capacidade. Evitar: quando não há espaço físico ou prazo curto.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025), com base em Souza e Ripper (1998), Reis (2001), Takeuti (1999), Juvandes e Figueiras (2000) e Karbhari (2000).

A escolha da técnica de reforço estrutural depende das condições específicas de cada obra, não havendo método universalmente superior. O encamisamento com concreto se destaca pela robustez e pela capacidade de recuperar elementos gravemente comprometidos, substituindo concreto degradado e aumentando seções, mas implica acréscimo de dimensões e maior tempo de execução (Souza; Ripper, 1998). Já a colagem de chapas de aço é rápida e de custo acessível, indicada para incrementos moderados de resistência, porém limitada pela necessidade de rigoroso preparo das superfícies, riscos de descolamento (peeling-off) e pela susceptibilidade à corrosão e à perda de resistência das resinas epóxi em altas temperaturas (Raoof *et al.*, 2000; Cánovas, 1988 *apud* Reis, 2001). Por sua vez, os compósitos de fibras (FRP) oferecem alta resistência, leveza e durabilidade intrínseca por serem imunes à corrosão, sendo recomendados quando não se pode adicionar peso ou em ambientes agressivos, embora apresentem custo elevado e menor familiaridade prática (Juvandes; Figueiras, 2000; Karbhari, 2000).

Em casos complexos, é possível a combinação de técnicas, como encamisamento parcial aliado à colagem de chapas ou uso conjunto de FRP e perfis metálicos, aproveitando as vantagens de cada método. Contudo, tais soluções híbridas requerem projeto criterioso para evitar interações desfavoráveis entre os materiais (Helene, 1992).

No aspecto executivo, cada técnica impõe exigências próprias: o encamisamento demanda fôrmas, escoramentos e preparo adequado da interface concreto novo/antigo; a colagem de chapas requer controle ambiental durante a aplicação da resina e, preferencialmente, o uso de ancoragens mecânicas; já o FRP exige controle rigoroso da saturação das fibras e da cura da resina, com inspeções visuais e ensaios não destrutivos para garantir aderência (Helene, 1992; Raoof *et al.*, 2000). Em todos os casos, a qualificação da mão de obra e a supervisão técnica são determinantes para o desempenho esperado, pois falhas de execução podem comprometer os benefícios do reforço (Reis, 2001).

Do ponto de vista da durabilidade, o encamisamento segue a manutenção típica de estruturas de concreto; chapas de aço requerem proteção anticorrosiva periódica; e os compósitos de fibras, embora resistentes à corrosão, necessitam

proteção contra radiação UV e altas temperaturas para preservar a integridade da resina (Karbhari, 2000; Juvandes; Figueiras, 2000).

Por fim, destaca-se a falta de normatização brasileira específica para projeto de reforços estruturais. A NBR 6118:2014 traz apenas diretrizes gerais, obrigando projetistas a recorrer a recomendações estrangeiras, como o ACI 440 e documentos do fib (Taerwe; Matthys, 1999; Juvandes; Figueiras, 2000). Essa lacuna reforça a importância da literatura técnica e das pesquisas nacionais como suporte às decisões de projeto, até que sejam estabelecidas normas próprias no Brasil (Reis, 2001).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A necessidade de reforço estrutural em estruturas de concreto armado é um fato cada vez mais presente, seja pela degradação natural das edificações, mudanças de uso com aumento de carregamentos, ou mesmo pela detecção de erros de projeto/construção que resultam em capacidade insuficiente. Diante desse quadro, este trabalho procurou reunir e analisar criticamente as principais técnicas disponíveis para aumentar a capacidade resistente de elementos de concreto armado – em especial encamisamento com concreto, reforço com chapas de aço coladas e reforço com compósitos de fibras (FRP). Cada uma dessas técnicas foi discutida em detalhes quanto aos seus mecanismos, vantagens, limitações e campo de aplicação, respaldado por diversas referências bibliográficas e experiências práticas documentadas.

Como conclusão geral, ressalta-se que a escolha da técnica de reforço deve ser orientada pelas características do problema estrutural a ser solucionado e pelas condições de contorno (operacionais, ambientais, econômicas). O encamisamento com concreto mostrou-se mais indicado para situações em que a estrutura precisa recuperar uma parcela substancial de capacidade ou rigidez, distribuída por todo o elemento – é o caso de pilares severamente danificados ou vigas muito subarmadas –, desde que se possa tolerar o aumento de seção e tempo de cura. Já a colagem de chapas metálicas adapta-se bem a incrementos moderados de resistência em componentes específicos, com intervenção mínima na geometria, sendo preferível em ambientes controlados e quando a rapidez é essencial. Por sua vez, os compósitos de fibras destacam-se em cenários de exigências extremas de baixa adição de peso

ou alta resistência à corrosão, justificando seu maior custo quando outras soluções encontrariam limitações técnicas.

Um achado importante é que o sucesso do reforço estrutural não depende apenas do material ou método escolhido, mas também da qualidade do projeto e execução. Estratégias como aliviar a estrutura antes do reforço, dimensionar adequadamente ancoragens (no caso de chapas/FRP) e preparar cuidadosamente as interfaces mostraram-se cruciais para evitar patologias como o descolamento prematuro de reforços ou a necessidade de reintervenções – evitando, assim, cair na “indústria do reparo do reparo” mencionada. Portanto, recomenda-se fortemente que os engenheiros responsáveis por projetos de reforço considerem não apenas a resistência final, mas também a compatibilidade de deformações, a sequência construtiva e a durabilidade da solução adotada.

Observou-se também que, embora o conhecimento sobre reforços estruturais tenha avançado muito (sobretudo com a introdução dos compósitos), a normalização brasileira carece de documentos específicos que auxiliem os profissionais na concepção e verificação dessas intervenções. Iniciativas normativas internacionais, como as do fib e do ACI, servem de referência, mas seria desejável a elaboração de guias nacionais consolidando práticas recomendadas para encamisamentos, reforços com colagem de chapas e reforços com FRP em concreto. Até que isso ocorra, recomenda-se que projetistas façam uso da bibliografia técnica disponível, consultando trabalhos acadêmicos e casos já realizados, muitos dos quais citados neste artigo, para embasar suas decisões de projeto (Juvandes; Figueiras, 2000; Helene, 1992).

Em síntese, este estudo reforça que não há solução única para reforço de estruturas de concreto, mas um leque de técnicas complementares. A decisão ótima envolverá avaliar as condições específicas da estrutura (grau de dano, solicitações atuantes, importância da obra), as condicionantes externas (meio ambiente, disponibilidade de materiais e mão de obra, custo e prazo) e então selecionar o método ou combinação de métodos que melhor atenda a esses requisitos. Com o embasamento técnico adequado e a execução criteriosa, as técnicas de reforço aqui apresentadas têm se mostrado capazes de prolongar a vida útil e a segurança de inúmeras estruturas de concreto armado, postergando demolições desnecessárias e viabilizando a adaptação de edificações às demandas contemporâneas. Espera-se

que as informações compiladas sirvam de guia para profissionais e pesquisadores, incentivando o uso consciente e eficaz dessas soluções de engenharia.

REFERÊNCIAS

HELENE, Paulo. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. 1. ed. São Paulo: PINI, 1992.

JUVANDES, Luis; FIGUEIRAS, Joaquim. Strengthening of reinforced concrete beams with CFRP laminates. **Journal of Composites for Construction**, v. 4, n. 2, p. 75–84, 2000.

KARBHARI, Vistasp M. **Fiber reinforced composites for civil engineering applications**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2000.

RAOOF, M.; ASHRAF, M.; HASSAN, T. Failure mechanisms in reinforced concrete beams strengthened with bonded plates. **Journal of Structural Engineering**, v. 126, n. 1, p. 38–45, 2000.

REIS, Lília Silveira Nogueira. **Terapia de estruturas de concreto armado deterioradas por corrosão: diagnóstico e dimensionamento de reforços**. 2001. 180 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

SOUZA, Vicente Custódio; RIPPER, Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: PINI, 1998.

TAERWE, Luc; MATTHYS, Stijn. **FRP reinforcement in RC structures: design and applications**. **fib Bulletin**, Lausanne: Fédération Internationale du Béton, 1999.