

GERAÇÃO DE RESÍDUOS EM REFORÇO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO: ESTUDO COMPARATIVO

Dayane Gonçalves Ferreira¹

Bianca da Silva Maia²

Yan Carvalho Pires Alvarenga³

Ilara Rebeca Duran de Melo⁴

Gerenciamento de Resíduos Sólidos e Líquidos

RESUMO

As estruturas em concreto armado, devido à limitação de vida útil, deficiência estrutural ou mudança de utilização podem passar por reforços, que geram grande quantidade de resíduos em sua execução. O objetivo deste trabalho é comparar o método de reforço convencional, encamisamento com adição de armadura e graute, ao método com a adição de manta de compósitos estruturados com fibras de carbono (CFC) quanto à geração de resíduos. A metodologia utilizada foi a confecção de quatro vigas de seção retangular sem reforço, posteriormente reforçando duas por encamisamento e duas por CFC. Para avaliar a geração de resíduos em cada método, os procedimentos foram realizados no laboratório de materiais de construção civil da Universidade Vale do Rio Doce, e todos os resíduos gerados quantificados. Constatou-se que o encamisamento produz elevado volume de resíduos devido à escarificação da seção a ser reforçada e a necessidade de uso de fôrma para grauteamento, enquanto o reforço com CFC gera menos resíduos por utilizar somente o lixamento da seção sem necessidade de fôrma para aplicação da fibra de carbono. Quanto à classificação, o reforço com CFC produz resíduos classes A e D, e o reforço por encamisamento classes A e B. Conclui-se que para reforço em estruturas de concreto armado o método convencional produz significativamente maior volume de resíduos que o reforço por meio de CFC, contudo, devido à periculosidade dos resíduos gerados neste, há necessidade de um correto plano de gerenciamento de resíduos na construção, que garanta a destinação adequada para os mesmos.

Palavras-chave: Resíduos de construção civil; Encamisamento; Compósitos estruturados com fibras de carbono.

INTRODUÇÃO

As estruturas em concreto armado têm um determinado tempo de vida útil em função da finalidade e da forma de utilização. O reforço estrutural pode ser realizado quando existe algum tipo de deficiência na estrutura original, seja por falha de projeto ou execução, agressividade ambiental ou ainda quando se há a necessidade de mudança na sua utilização.

Com o avanço tecnológico das últimas décadas, novos materiais e novas técnicas no ramo da construção vem sendo explorados. Atualmente, novos métodos de reforço vêm

¹Profa. Universidade Vale do Rio Doce – Núcleo das Ciências e Tecnologia, dayaneferreira2105@gmail.com

²Graduanda em Engenharia Civil, Universidade Vale do Rio Doce, biancasmaia@hotmail.com.

³Graduando em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Vale do Rio Doce, yanpires@hotmail.com

⁴ Profa. Universidade Vale do Rio Doce - Núcleo das Ciências e Tecnologia, ilararduran.arq@gmail.com

ganhando espaço, pois existe a exigência de prazos cada vez menores, e intervenções que causam menos impactos à arquitetura e menor geração de resíduos, embora ainda haja predominância da utilização de métodos convencionais como o encamisamento com adição de armadura e graute (MACHADO, 2010).

Este trabalho tem como objetivo comparar, quanto à geração de resíduos, dois métodos de reforço estrutural à flexão em vigas de concreto armado: o encamisamento com adição de armadura e graute, e a adição de manta de compósitos estruturados com fibras de carbono (CFC).

METODOLOGIA

Para atender aos objetivos do presente trabalho, foram confeccionadas quatro vigas em concreto armado de seções retangulares sem reforço que após 28 dias submersas em tanque de cura foram reforçadas, divididas em dois grupos com 02 exemplares cada, o primeiro grupo constituído por vigas reforçadas por encamisamento e o segundo com reforço de CFC.

As dimensões das vigas sem reforço foram 1000 mm de comprimento, 100 mm de largura e 150 mm de altura, tendo como armadura longitudinal inferior duas barras de 8 mm de diâmetro e armadura superior duas barras de 5 mm de diâmetro. Para armadura transversal foram utilizadas barras de 5 mm de diâmetro, dispostas a cada 10 cm.

Nas vigas reforçadas por encamisamento, o concreto foi removido até exposição da armadura longitudinal das vigas para que fosse prolongados os estribos e acrescida a armadura de reforço, composta por duas barras de 8 mm, e na superfície expostas foram feitas ranhuras suficientes para adesão do graute. Após a adição da armadura de reforço, a superfície foi limpa para retirada de material pulverulento. Foram construídas novas fôrmas para grauteamento das vigas, visto que este método implica no aumento da altura, que neste caso resultou em acréscimo de 3,5 cm para cobrimento da nova armadura.

A aplicação do reforço por meio da manta seguiu as recomendações do manual do fabricante. A superfície de aplicação foi previamente lixada com lixadeira elétrica com disco abrasivo e posteriormente limpa para retirada de pó e outros materiais presentes. Para fixação da primeira camada da manta foi utilizado como camada de regularização um adesivo epóxi aplicado com uma desempenadeira metálica na superfície inferior da viga. Em seguida a manta de fibra foi pressionada contra o adesivo ainda fresco com auxílio de um rolo metálico apropriado retirando o ar aprisionado e fixando-a. Para as próximas camadas utilizou-se a resina

de laminação impregnando a manta com rolo de pelo curto e fixando a manta, repetindo o processo descrito.

Para avaliar a geração de resíduos em cada método de reforço, todos os procedimentos foram realizados no laboratório de materiais de construção civil da Universidade Vale do Rio Doce, onde todos os resíduos foram quantificados. Não foram utilizados equipamentos descartáveis, não sendo os de uso permanente quantificados no escopo deste trabalho.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A construção civil produz a maior parcela dos resíduos sólidos urbanos gerados no Brasil, provenientes de perdas, desperdícios, demolição e reformas. (PINTO, 2005).

Segundo Pinto, Melo e Norato (2016) os impactos da destinação inadequada de resíduos de construção civil será percebido ao longo do tempo, visto a grande quantidade disposta sem nenhum tratamento no meio ambiente, o que se agrava devido às condições precárias de saneamento no Brasil. Entre os impactos pode-se citar a contaminação dos leitos de rios e canais, assim como sua obstrução, o comprometimento do tráfego em vias públicas e a degradação da paisagem das cidades, entre outros.

Uma alternativa para redução da geração de resíduos em construção civil é o planejamento de uso de técnicas e/ou produtos em fase que projeto que possam reduzir desperdícios. Neste sentido, este trabalho compara a geração de resíduos em dois métodos de reforços em estruturas de concreto armado.

Os resíduos gerados nos métodos de reforço analisados são apresentados na tabela 1.

Tabela 1 - Quantificação e classificação dos resíduos gerados nos reforços de vigas de concreto armado

	Encamisamento com adição de graute	Reforço com fibras de carbono (CFC)	Classificação CONAMA 307/2002
Madeira (m ³)	0,037	-	B
Concreto (kg)	16,8	2,2	A
Prego (kg)	0,52	-	B
Embalagens de resina epóxi (und)	-	2,0	D

Quantitativamente, o método convencional de reforço (encamisamento com adição de graute) produz elevado volume de resíduos devido ao processo de escarificação da seção a ser reforçada e a necessidade de uso de fôrma para grauteamento (figura 1). Neste aspecto, o reforço

com CFC é vantajoso, posto que o volume de resíduos gerado é menor por utilizar somente o lixamento da seção sem necessidade de fôrma para aplicação da fibra de carbono (figura 2).



Figura 1 – Processo de escarificação para reforço por encamisamento



Figura 2 – Processo de lixamento para reforço por encamisamento

Ao analisar a classificação dos resíduos segundo a Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA 307/2002, alterada pela Resolução 469/2015, os resíduos gerados no reforço por encamisamento são classificados em A e B. Segundo esta Resolução, os resíduos classe A deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados ou encaminhados a aterro de resíduos classe A de reservação de material para usos futuros. Os de Classe B deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.

Os resíduos gerados no reforço com CFC são classificados em A e D. Os resíduos Classe D, segundo a Resolução CONAMA 307/2002 deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas. Segundo a NBR 14.725 (ABNT, 2017) que fornece informações sobre segurança, saúde e meio ambiente em relação à produtos químicos, a destinação dos recipientes/produtos como a resina epóxi deve seguir recomendações do fornecedor. Analisando-se a ficha técnica de resinas epóxi de diferentes fabricantes, a recomendação de descarte é semelhante: deverá atender a legislação local vigente.

Devido à capacidade de causar riscos à saúde humana e meio ambiente, os resíduos Classe D devem ser encaminhados para Áreas de Transbordo e Triagem (ATTs) ou aterros industriais licenciados para receber tais produtos.

CONCLUSÕES

O uso de novas tecnologias na construção civil é uma ferramenta importante na redução de resíduos gerados neste setor. Este estudo mostrou que para reforço em estruturas de concreto armado o método convencional, com adição de armadura e graute, produz significativamente maior volume de resíduos que o reforço por meio de compósitos estruturados com fibras de carbono. Contudo, devido à periculosidade dos resíduos gerados no reforço com CFC, há necessidade de um correto plano de gerenciamento de resíduos na construção, que garanta a destinação adequada para os mesmos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14725**: Produtos químicos - Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente. Rio de Janeiro: 2017.

BRASIL, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução nº 307, de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, nº 136, 17 de julho de 2002. Seção 1, p. 95-96.

BRASIL, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução nº 469, de 29 de julho de 2015. Altera a Resolução CONAMA nº 307, de 05 de julho de 2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, nº 144, 30 de julho de 2015. Seção 1, p. 109-110.

MACHADO, Ari de Paula. **Manual de reforço de estruturas de concreto armado com fibras de carbono**. Viapol, 2010.

PINTO, T. P. et al. **Gestão Ambiental de Resíduos da Construção Civil a Experiência do SINDUSCON/SP**: Cartilha Para Construtoras, Projeto Obra Limpa. São Paulo: SINDUSCON, 2005.

PINTO, Gilberto Júnior Ferreira; MELO, Eusileide Suianne Rodrigues Lopes de; NOTARO, Krystal de Alcantara. Geração de resíduos sólidos da construção civil: métodos de cálculo. In: VII CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 2016, Campina Grande. **Anais do VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**. Campina Grande: Ibeas, 2016.