

Estudo do comportamento visual e mecânico do concreto reforçado com manta de fibra de vidro sobre momento fletor**Study of the visual and mechanical behavior of the concrete enhanced with glass fiber blank on flector moment**

DOI:10.34117/bjdv5n8-068

Recebimento dos originais: 14/07/2019

Aceitação para publicação: 21/08/2019

Áureo Bento Xavier Júnior

Bacharel em Engenharia Civil pela UniEVANGÉLICA
Instituição: UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis
Endereço: Avenida Universitária, Cidade Universitária.
Email: aureo_junior@icloud.com

Matheus Azarias de Queiroz

Bacharel em Engenharia Civil pela UniEVANGÉLICA
Instituição: UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis
Endereço: Avenida Universitária, Cidade Universitária.
Email: matheus_azarias@icloud.com

Wanessa Mesquita Godoi Quaresma

Mestre em Mecânica das Estruturas pela Universidade Federal de Goiás
Instituição: UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis
Endereço: Avenida Universitária, Cidade Universitária.
Email: wanessamgq@gmail.com

RESUMO

Sendo o concreto o material construtivo mais utilizado no mundo, o estudo de técnicas que tratam patologias decorrentes do uso e do tempo se tornam necessárias. Muitos materiais e técnicas são utilizadas para tratamento destas, dentre estes têm-se destaque para a manta de fibra de carbono, hoje o material mais utilizado. Porém, além de ser um material de alto custo é de difícil acesso. Portanto, este estudo tem como objetivo analisar o comportamento visual e mecânico do concreto reforçado com manta de fibra de vidro para fins de reforço estrutural. A metodologia consiste em um processo experimental qualitativo, simulando o executado em obra, no qual foram moldados quatro corpos de provas cilíndricos e quatro corpos de provas prismáticos, sendo dois corpos de provas cilíndricos e dois corpos de prova prismáticos reforçados com manta de fibra de vidro e dois corpos de provas cilíndricos e dois corpos de prova prismáticos com concreto simples em seguida, rompeu-se todos eles e comparou as características físicas e mecânicas, e comparou os resultados com trabalho já realizado, da mesma linha de pesquisa, com manta de fibra de carbono. Resultando um aumento significativo da resistência do concreto e provando que a utilização da manta de fibra de vidro é adequada em concreto; e verificou-se também as vantagens e as desvantagens do experimento, garantindo a integridade da estrutura e aumento da vida útil.

Palavras-Chave: Concreto. Fibra de Vidro. Reforço Estrutural. Fibra de Carbono. Comportamento Físico e Mecânico.

ABSTRACT

This study aims to analyze price transmission as well as the asymmetry in the transmission of beef cattle prices paid to the producer, among the main beef export markets; more precisely, Brazil, USA and Australia. By estimating an autoregressive vector model with error correction (VECM), it could be concluded that the beef cattle markets of the three main beef exporters in the world are integrated concerning the prices paid to the producers, even though there is a weak interdependence between these markets. By the Granger (1969) Causality test it was shown that Australian market volatility does not cause price changes in other markets, but changes in Brazilian beef prices cause changes in the US and Australian markets, also changes in US prices cause changes only in Australian prices. The test for asymmetry on the price transmission revealed that prices respond differently to increases or falls in other markets prices.

Keywords: Beef Cattle, Asymmetry in the price transmission, Causality, Cointegration, Price Transmission.

1. INTRODUÇÃO 2 METODOLOGIA

2.1 CARACTERÍSTICAS DO CONCRETO

Além da boa resistência mecânica do concreto armado, são conhecidas outras características que ressaltam a excelência deste material estrutural. São elas:

- Gasto: sendo o segundo material mais usado pelo homem a sua demanda é alta, tornando seu custo mais acessível. Um dos fatores dessa grande procura está associado à qualidade e ao custo do produto;
- Facilidade na execução: tal material pode ser executado com mão-de-obra barata sem a utilização de técnicas elaboradas, tornando-o simples e prático;
- Durabilidade: quando bem planejado, calculado e realizado, o material apresenta melhor e mais adequada resistência a patologias. Apresenta também melhor comportamento quando submetido ao calor;
- Versatilidade de moldagem: devido em seu estado fresco apresentar características pastosas se torna um material de fácil manuseio, podendo ser moldado em diferentes tamanhos e formas. O Hotel Unique, em São Paulo, projetado por Ruy Ohtake mostra formas que fogem do padrão provando tal versatilidade;
- Disponibilidade: material composto por matéria-prima abundante no planeta, de fácil acesso e baixo custo (ISAIA, 2011).

2.2 ASPECTOS FÍSICOS DO CONCRETO

Concreto é basicamente uma mistura de cimento e água com agregados, sendo a água a responsável por ativar a reação química que transforma o cimento em uma pasta aglomerante. Se sua quantidade for muito pequena, a reação não ocorrerá por completo e se for superior a ideal, a resistência diminuirá em função dos poros que ocorrerão quando este excesso evaporar, e sendo o cimento responsável por unir os agregados e finalizar tornando-os concreto. O cimento é basicamente uma mistura de argila e calcário que é levada a uma temperatura de 1450° C onde se fundem e é transformada em um pó tênue com propriedades aglomerantes (TANGO, 2011). A partir do momento que esse pó é misturado à água, acontecem várias reações químicas que a transforma em uma pasta que endurece.

Quanto aos agregados, são materiais de distintos volumes que servem de enchimento na fabricação do concreto. Agregado para concreto deve ser “composto por grãos de minerais duros, compactos, duráveis, estáveis, limpos e que não interfiram no endurecimento e hidratação do cimento e também na proteção contra corrosão da armadura”. As vantagens de acrescentar o agregado na mistura do concreto são as seguintes: distribuição granulométrica, retração, tamanho, resistência à compressão, densidade, porosidade, absorção de água e etc. São fabricados através da moagem de rochas ou muitas das vezes obtidas de forma natural. (NBR 7211:2009)

Pode ser necessário o uso de aditivos químicos na mistura, produtos que, adicionados em pequena quantidade a concretos de cimento Portland modificam algumas de suas propriedades, no sentido de melhor adequá-las a determinadas condições.

2.3 REFORÇO ESTRUTURAL

O reforço estrutural consiste em aumentar o fator resistência da estrutura; e se tratando de concreto, pode ser um pilar, uma viga, um muro ou algum outro elemento que contenha o concreto na sua execução, e que haja o interesse em aumentar a resistência do mesmo, fazendo com que ele suporte/resista uma carga maior. Normalmente, são pensados nesses detalhes quando há algum problema ou alguma falha na execução do projeto; pra tentar solucionar problemas anteriores, mas que agora podem ser revertidos; por algum desgaste da obra, seja ele natural ou mesmo um problema estrutural interno; mudança na forma do propósito da obra

estipulado no início do projeto; vários fatores que trazem à tona a necessidade em pensar em algum tipo de reforço estrutural.

2.3.1 Manta de vidro

A fibra de vidro (como é chamada popularmente) é composta por minúsculos filamentos de vidro que não são rígidos e apresentam alta flexibilidade, são cobertos por resina (usualmente poliéster) e endurecidos através de um catalizador de polimerização. Sua composição química é um conjunto de sílica com diversos outros óxidos como, por exemplo, óxidos de cálcio, de sódio, de boro e de ferro com temperatura de fusão se aproximando dos 1260°C. É um material que apresenta alta resistência à tração, flexão e impacto, é de fácil modelagem e baixa densidade tendo várias aplicações práticas, é também um material leve que não conduz corrente elétrica tornando-o aplicável para trabalhos estruturais e também para isolante estrutural. “Fibra de vidro é apenas o nome usual, a nomenclatura completa é Polímero Reforçado com Fibra de Vidro (PRVF), sendo utilizado como matéria-prima para aumentar a durabilidade do material. O PRFV é disponibilizado para vendas em forma de mantas prensadas, tecidos trançados, fitas ou cordéis, não enferruja e tem grande resistência ambientes altamente agressivos. Pode ser produzido também em moldes simples e baratos para melhor comercialização (TRG FIBER, 2018).

3. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

No período entre 19 de agosto e 25 de setembro, foi realizado o programa experimental referente a esse trabalho no CT (Centro Tecnológico) do Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA.

O experimento tem como intuito comparar o comportamento mecânico à compressão e à flexão e visual dos corpos de prova revestidos com a manta de fibra de vidro em comparação com os corpos de prova sem a manta. A ideia do estudo é associar os pilares representados pelos corpos de prova cilíndricos e vigas representadas pelos corpos de prova prismáticos, causando uma associação com a aplicabilidade prática das estruturas.

Para a realização do experimento em questão foram moldados 4 corpos de prova cilíndricos e 4 corpos de prova prismáticos, sendo 2 de cada tratamento revestidos com a manta de fibra de vidro e os outros 2 com concreto convencional.

3.1 REALIZAÇÃO DO TRAÇO

Logo após a caracterização dos agregados, foi feita a realização do traço segundo as normas da ABCP (Apêndice A). Seguindo os padrões da norma, os critérios necessários para a realização do mesmo são: desvio padrão, fcd e o abatimento. E os valores calculados foram, respectivamente, 5,5 MPa, 34,075 MPa e 100 ± 10 mm, adotando uma resistência de 25 MPa.

O concreto foi produzido em duas etapas, na primeira etapa foi feito o traço para 4 corpos de prova cilíndricos e 1 corpo de prova prismático e na segunda etapa foi feito o traço para os 3 corpos de prova prismáticos restantes. O traço encontrado na primeira etapa foi de 1 : 2,22 : 2,23 : 0,59; já na segunda etapa foi de 1 : 2,22 : 2,20 : 0,59 (cimento : areia : brita : água). Para a produção do concreto, foi usado o cimento CP II Z 32 (Ciplan).

A elaboração dos corpos de prova ocorreu no Centro Tecnológico da UniEVANGÉLICA nos dias 21 e 23 de agosto de 2018. Em ambos os dias o concreto foi produzido numa betoneira CS de 120 litros. Primeiramente, a quantidade necessária dos materiais foi pesada numa balança e depois colocada dentro da betoneira para o processamento. O processo é da seguinte forma: é colocado todo o agregado graúdo dentro da betoneira, depois parte da água, em seguida os agregados miúdos e o cimento e por último o restante da água. Foi necessário a adição de aditivo na composição do traço para adquirir a textura necessária para a confecção dos corpos de prova.

A NBR que regula a confecção dos corpos de prova cilíndrico ou prismático é a 5738 de 2015. Define-se que as laterais e a base do molde dever ser de aço ou de outro material não absorvente, desde que não haja reação com o cimento Portland e que consiga suportar a moldagem. A base do molde deve ser nivelada e enrijecida e ter dimensões coerentes para manter a estabilidade.

Foi utilizado para o experimento corpos de prova com 10 x 20 cm (cilíndricos) e 15 x 15 x 50 cm (prismáticos). Na parte prática, primeiramente revestiu-se todos os corpos de prova com uma camada fina de óleo para que não houvesse problemas com a desmoldagem dos mesmos.

Quanto ao abatimento, a norma também regula o número de golpes que devem ser aplicados na mistura do corpo de prova, que no caso da dimensão básica dos corpos de prova cilíndricos usados, a quantidade necessária é de 12 golpes em duas camadas; e nos corpos de prova prismáticos, a quantidade necessária é de 75 golpes em duas camadas.

Logo após a finalização do adensamento foi feito o “rasamento” da superfície com a borda do molde com o auxílio de uma espátula.

Feita a moldagem, os corpos de prova permaneceram no laboratório para a secagem por um período de 24 horas, depois disso foram colocados na câmara úmida para a prática da cura durante um intervalo de 28 dias.

3.2 REFORÇO COM MANTA DE FIBRA DE VIDRO

No primeiro passo foram feitas as retiradas dos corpos de prova da câmara úmida nos dias 18 e 20 de setembro, cumprindo os 28 dias necessários para a cura do concreto. Com os corpos de prova secos foi feita aplicação da manta de fibra de vidro da seguinte maneira: misturou-se a resina epóxi com o catalisador, ambos da marca MEK, com uma proporção de 9 gramas de catalisador para 500 ml de resina.

Com o auxílio de um pincel, foi aplicado a mistura nos arredores dos corpos de prova cilíndricos e nas superfícies inferiores e superiores dos corpos de prova prismáticos e com a manta de fibra de vidro já cortada nas devidas dimensões foi feita a aplicação da mesma nos locais citados. Esperou-se em torno de 24 horas para a secagem da cola antes dos rompimentos.

Após a colagem da manta num prazo de 24 horas, com o corpo de prova completamente seco, foram realizados os rompimentos no Centro Tecnológico de Anápolis.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com a realização dos procedimentos experimentais e mediante os objetivos desejados obteve-se os seguintes resultados e discussões listados a seguir:

4.1 PRÉ EXPERIMENTAL

A manta de fibra de vidro não é um material usual na construção civil em contrapartida é um material de fácil acesso na cidade de Anápolis. A empresa FIBROTEC, que é localizada na Avenida Universitária, número 866, no bairro Jardim Bandeirante, possui tanto o tecido quanto a manta de fibra de vidro disponíveis para a venda. A aquisição do produto vem juntamente com a resina epóxi e o catalisador da MEK.

A própria empresa se mantém disponível para qualquer informação necessária para a aplicação da manta onde quer que seja. O funcionário solucionou todas as dúvidas referentes a aplicação da manta nos corpos de prova; tanto na quantidade de catalisador quanto na de resina. Devido a secagem da mesma ser de forma rápida foi designado que o processo deve ser feito com agilidade. Conseqüentemente por ser um processo de fácil manutenção e a manta de fácil manuseio conclui-se que não é necessário mão-de-obra especializada.

4.2 RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL

Os resultados obtidos referentes ao teste de compressão axial são apresentados na Tabela 1 e após a análise dos mesmos foi identificado um aumento em média de 20% na resistência dos corpos de prova revestidos com a manta de fibra de vidro quando comparados com os corpos de prova sem a manta. Assim sendo, pode-se afirmar que o uso da manta de fibra de vidro convém ser utilizada em pilares.

Tabela 1 – Resistência à compressão dos corpos de prova cilíndricos

Leva de corpos de prova cilíndricos	Resistência à compressão
Corpo de prova simples	25,3 (MPa)
Corpo de prova com camada de manta	30,2 (MPa)

4.3 RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO

A Tabela 2 apresenta os resultados do teste de ensaio de tração na flexão. Houve um aumento de aproximadamente 10% dos corpos de prova com manta quando comparado com os corpos de prova sem manta, concluindo que o uso da manta de fibra de vidro é viável para o reforço de vigas.

Tabela 2 – Resistência à tração na flexão dos corpos prismáticos

Leva de corpos de prova prismáticos	Carga de Ruptura
Corpo de prova simples	2.735 (Kgf)
Corpo de prova com camada de manta	2.965 (Kgf)

5. ESTUDO COMPARATIVO COM MANTA DE FIBRA DE CARBONO

Existem outros tipos de reforços estruturais além da manta de fibra de vidro; e o mais comumente de ser usado é a manta de fibra de carbono, com o objetivo de trazer um ganho de resistência para a estrutura.

De acordo com CUNHA & FONTES (2017) foi estudado as propriedades físicas e mecânicas dos compósitos de fibra de carbono, e a aplicação do mesmo como um reforço estrutural usado na construção civil. Para isso, foi realizado um plano experimental com 4 corpos de prova cilíndricos sendo 2 não reforçados, 1 reforçado com uma camada de manta de carbono e 1 reforçado com duas camadas de manta de carbono; e 4 corpos de prova prismáticos, sendo 2 não reforçados, 1 reforçado com uma camada de manta de carbono e 1

reforçado com duas camadas de manta de carbono para a realização de ensaios de compressão e tração.

Após a execução dos ensaios de compressão axial e de tração na flexão realizados respectivamente em corpos de prova cilíndricos e prismáticos, constatou um ganho de resistência como previsto. Nas tabelas a seguir, estão listados os resultados dos ensaios:

Tabela 3 – Resistência a compressão dos corpos cilíndricos

Arranjo dos corpos de prova cilíndricos	Resistência à compressão
Concreto simples	33,35 (MPa)
Concreto com 1 camada de manta	42,4 (MPa)
Concreto com 2 camadas de manta	52,2 (MPa)

Tabela 4 - Resistência à tração na flexão nos corpos de prova prismáticos

Arranjo dos corpos de prova prismáticos	Carga de Ruptura
Concreto simples	2470 Kgf
Concreto com 1 camada de manta	5110 Kgf
Concreto com 2 camadas de manta	5110 Kgf

Após a comparação dos resultados encontrados em ambos os trabalhos, é clara a percepção de que a resistência dos corpos de prova com a manta de carbono é maior do que a resistência dos corpos de prova envoltos com a manta de vidro. Em relação aos corpos de prova cilíndricos, houve um aumento de resistência de 28,77% nos corpos de prova com uma camada de manta de carbono, e de 51,89% nos corpos de prova com duas camadas de manta de carbono quando comparado a resistência dos corpos de prova com manta de fibra de vidro.

Em relação aos corpos de prova prismáticos, houve um aumento de 58,02% de resistência nos corpos de prova com manta de fibra carbono em relação aos corpos de prova revestidos com a manta de fibra de vidro. Não houve diferença na resistência dos corpos de prova prismáticos com apenas uma camada comparado com o corpo de prova com duas camadas; o valor foi o mesmo.

Pode se concluir então que o ganho de resistência foi maior nos corpos de prova com a manta de carbono, sendo então o reforço estrutural mais recomendado para o ganho de resistência. Porém, a manta de carbono é de difícil acesso, não é comum de ser encontrada em estabelecimentos, e com um custo benefício mais alto comparado com a manta de vidro, que é encontrada com mais facilidade. Consequentemente, deve ser feito um estudo de viabilidade

quando houver necessidade de usar reforço estrutural, analisando os parâmetros como quantidade necessária para ganho de resistência e se existem lugares disponíveis para aquisição do material de interesse do reforço estrutural antes da aplicação dos mesmos em pilares ou em vigas.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido ter poucos estudos sobre a manta de fibra de vidro, a falta de material bibliográfico e também nenhuma norma que regulariza sua utilização, considerou-se necessário o aprofundamento dos estudos nessa área, pois o reforço estrutural é um assunto que vem sendo trabalhado com frequência na área da construção civil.

A manta de fibra de vidro é um material de fácil acesso e baixo custo em comparação com outros reforços estruturais, como por exemplo, a manta de fibra de carbono que além do difícil acesso, seu custo é bem mais elevado.

Como foi previamente proposto, foi feito a análise das propriedades mecânicas e físicas dos compósitos de fibra de vidro submetendo-os a ensaios de compressão axial e de tração na flexão para que comprovasse o aumento da resistência utilizando a fibra. Tal material é de fácil manuseio sem a necessidade de uma mão-de-obra mais especializada para a execução do serviço.

O aumento na resistência foi comprovado, provando que o uso da manta de fibra de vidro é adequado para o aumento de resistência em concreto. Tendo como vantagens o fácil acesso e o baixo custo do produto. Uma ressalta é o uso da resina, tendo seu uso para reservatórios e não para concreto, devido a isso a manta de fibra de vidro permaneceu intacta após o rompimento dos corpos de prova; provando que deve ser usada uma resina mais qualificada para o reforço estrutural em concreto.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de estruturas de concreto** - Procedimento: NBR6118. 2014

_____. **NBR 12142**: Concreto – Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos. Rio de Janeiro, 2010.

- _____. **NBR 5738**: concreto – corpo de prova. São Paulo, 2015.
- _____. **NBR 5739**: Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. 2. ed. Rio de Janeiro, 2007.
- _____. **NBR NM-ISO 3310-1**: Peneiras de ensaio – Requisitos técnicos e verificação - Parte 1: Peneiras de ensaio com tela de tecido metálico. Rio de Janeiro, 1997.
- _____. **NBR 11768**: **Aditivos para Concreto de Cimento Portland** – Requisitos. Rio de Janeiro 2011.
- _____. **NBR 7211**: **Agregados para Concreto** - Especificação. Rio de Janeiro 2009.
- _____. **NBR NM 248**: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.
- _____. **NBR NM 45**: Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.
- _____. **NBR NM 52**: Agregado miúdo - Determinação de massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.
- _____. **NBR NM 53**: Agregado graúdo - Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2009.
- _____. **NBR NM 67**: Concreto -Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.
- ABREU, V. L. M., **Estudo da deformabilidade de alvenarias de fachada executadas no bordo de zonas em consola de lajes maciças**. Universidade do Porto. Porto/Pt, 2011. Acesso em: 31 mai. 2018.
- AZEVEDO, M. T. **Patologia das Estruturas de Concreto**. Concreto: Ciência e Tecnologia , 1.ed. São Paulo, IBRACOM, p. 1096 2011. 2v

INCOPRE. **Como é feito o teste de resistência do concreto?** 2015. Disponível em: <<http://incopre.com.br/index.php/como-e-feito-o-teste-de-resistencia-do-concreto/>>. Acesso em: 30 mai. 2018.

ISAIA, Geraldo C. **Concreto: Ciência e Tecnologia vol I**. Ibracon.

LAPA, J. S. **Patologia, recuperação e reparo das estruturas de concreto**. 2008. 56 f. Monografia. Curso de Especialização em Construção Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO (SNIC). **Números: Resultados Preliminares**. Rio de Janeiro, 2018, 1p. Disponível em: <<http://snic.org.br/numerosresultados-preliminaresver.php?id=26¬icia=Resultados%20Preliminares%20de%20Junho%202020>> Acesso em 06 agosto de 2018.

TANGO, Carlos Eduardo de Siqueira. **De que é feito o cimento? Porque é misturado com areia nas construções?** 2011. Disponível em: <<https://super.abril.com.br/mundo-estranho/de-que-e-feito-o-cimento-por-que-e-misturado-com-areia-nas-construcoes/>>. Acesso em: 25 ago. 2018.

TRG FIBER. **O que é PRFV / Fibra de Vidro**. TGR FIBER Tecnologia em Fibra de Vidro. 2018. Disponível em: <http://www.trgfiber.com.br/produtos/o-que-e-prfv-fibra-de-vidro/>