

ESTUDO DA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO E À COMPRESSÃO EM ARGAMASSAS TRANSLÚCIDAS COM FIBRA ÓTICA

Gabriel Thomaz Pilz (1)

Helena Ravache Samy Pereira (2)

(1)Graduando em Engenharia Civil, Centro Universitário de Santa Catarina

(2)Professora Doutora, Centro Universitário Católica de Santa Catarina

helena.pereira@catolicasc.org.br

RESUMO

Um dos conflitos atuais diz respeito aos materiais que devem proporcionar iluminação natural e ter alta resistência mecânica. Neste contexto surgem materiais inovadores entre eles os materiais cimentícios translúcidos com a incorporação de fibra ótica. Este trabalho tem como objetivo analisar a resistência à tração na flexão e à compressão em argamassas com fibra ótica. Foi adotado um planejamento de experimentos com dois fatores, o traço da argamassa e o teor de fibra ótica incorporada na mistura. Os resultados obtidos indicam um aumento da resistência à tração na flexão e à compressão nas argamassas com incorporação da fibra ótica.

Palavras-chave: argamassa translúcida, fibra ótica, resistência.

INTRODUÇÃO

Os primeiros registros da argamassa como material de construção são da pré-história, há cerca de 11 mil anos. No sul da Galileia, em Israel, foi descoberta em 1985, quando de uma escavação, foi encontrado e considerado o registro mais antigo de emprego de argamassa pela humanidade: um piso polido de 180m², composto de pedras e uma argamassa de cal e areia, estimando ser produzida entre 7.000 a.C. e 9.000 a.C⁽¹⁾.

As argamassas podem ser identificadas segundo os tipos de aglomerantes em argamassas mistas ou simples. As argamassas simples constituem-se de apenas um aglomerante sendo o cimento ou cal, já as argamassas mistas contêm mais de um aglomerante como o cimento e cal⁽²⁾.

A argamassa tem propriedades tanto no estado fresco como no estado endurecido. Logo, para determinar tais propriedades, é fato considerar sua interação com o material com o qual está em contato, pois as argamassas se comportam

diferentemente quando aplicadas sobre distintos materiais⁽³⁾, como é o caso da fibra ótica.

O concreto translúcido é um material inovador na área da construção civil e arquitetura. Essa inovação é decorrente de suas características e propriedades, onde a incorporação de fibra ótica pode mudar consideravelmente tais comportamentos.

Esse concreto possui características de transparência, lucidez, solidez e resistência assim como o concreto comum. Como elemento estrutural ainda não há normas, apenas ensaios realizados em laboratório que possam estudar seu comportamento, como a sua resistência e sua estética⁽⁴⁾.

O desenvolvimento do concreto translúcido cria forma em 2001, que foi patenteado pelo arquiteto Húngado Aron Losonczí, onde sua incorporação de fibras óticas à argamassa não prejudicaram a resistência à compressão que é a principal propriedade da argamassa. As fibras óticas poliméricas são as mais adequadas para serem incorporadas aos materiais cimentícios⁽⁵⁾. As fibras óticas nela empregados são dispostas paralelamente nos blocos e suas extremidades ficam expostas nas superfícies, para que assim possam ser transmitidas as luzes naturais ou artificiais. A luz atravessa o material pelas fibras, e ilumina o meio oposto, onde os objetos dispostos no meio iluminado são vistos no meio incidente, geralmente sombreados, com pouca distorção em relação á forma real ou cor, mas possível à identificação dos objetos que pela superfície e pela fibra ótica são transpassados⁽⁶⁾.

A eficiência energética pelo aumento do consumo trazido pelo grande avanço também de tecnologias⁽⁷⁾. O crescimento urbano preocupa o maior uso dos materiais utilizados pelo homem em meio à construção civil fazendo com que se deva ter maior enfoque na questão de materiais inovadores, que podem ser estudados a fim de melhorar ou substituir os quadros de resistências mecânicas, consumo de energia e de matéria, economia e até mesmo estético.

O acesso da luz natural em uma edificação acontece principalmente através de vidros ou ainda de outros materiais geralmente não tão resistentes aos esforços mecânicos. Há ainda uma questão de crescimento da população, que através disso, faz com que o crescimento da construção civil acompanhe tal crescimento. Logo, os edifícios estão sendo fabricados cada vez mais próximos, fazendo com que haja menos privacidade entre os moradores. Nesse contexto, surgem materiais como os cimentícios translúcidos com a incorporação de fibras ótica. O uso desses materiais

permite certa privacidade e pode reduzir o consumo de energia elétrica minimizando a necessidade de lâmpadas acessas durante o dia. Sendo assim, seria possível reduzir custos com a utilização da luz natural e essa é uma energia totalmente limpa que pode ser utilizada até mesmo como um material decorativo.

Esse artigo visa através da incorporação de fibras ótica para que haja a transmissão de luz pela argamassa mista de cimento e cal analisar as propriedades de resistência da argamassa. São analisadas essas propriedades da argamassa e verificado se a quantidade de fibra ótica na argamassa altera ou não suas propriedades, na sua resistência à tração na flexão e à compressão.

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização do agregado miúdo

Para caracterizar o agregado miúdo foram realizados alguns ensaios como a determinação da distribuição granulométrica pela norma NBR NM 248 (2003)⁽⁸⁾, determinação da massa específica e massa específica aparente pela norma NBR NM 52 (2009)⁽⁹⁾, determinação do material fino que passa através da peneira 75µm por lavagem pela norma NBR NM 46 (2003)⁽¹⁰⁾ e determinação das impurezas orgânicas pela norma NBR NM 49 (2001)⁽¹¹⁾.

Determinação do traço da argamassa

Diferentemente do que ocorre atualmente com o concreto, para o qual existem vários métodos racionais de dosagem, para a argamassa ainda não se dispõe, no contexto nacional, de métodos totalmente consagrados e difundidos com essa finalidade⁽³⁾.

Mesmo assim, para obter padrões nas pesquisas no meio científico ou em outros fins, foi estabelecido por norma alguns tipos de traços pré-fixados utilizados nas diferentes funções. Nesta pesquisa foram utilizados dois tipos de traços segundo critérios de uso.

O primeiro traço (A) utilizado nos corpos de prova foi o traço da argamassa do tipo de uso geral, sem contato com o solo. Este foi escolhido, por se tratar de uma argamassa bastante usual.

O segundo traço (B), foi um traço para argamassa do tipo alvenaria sujeita a esforços de flexão, pelo fato da pesquisa estar estudando os esforços tanto na compressão como na flexão.

Índice de consistência

Após a determinação dos traços, foi feito o preparo das misturas de argamassas e determinados seus respectivos índices de consistência (ver Fig. 01). O preparo da mistura e a determinação do índice de consistência deve seguir o procedimento descrito da norma brasileira NBR 13276 (2005)⁽¹²⁾.

Figura 01- Índice de consistência e a determinação do valor de três diâmetros.



Fonte: O autor, 2015.

Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão

Foram produzidos nove corpos de prova de argamassa utilizando o traço A, onde os três primeiros corpos de prova serviram de referência (sem nenhuma incorporação de fibra ótica). Três corpos de prova com o traço A tiveram a incorporação de 3% de fibra ótica em massa e finalmente os últimos três corpos de prova tiveram a incorporação de 4% de fibra ótica em massa.

Posteriormente foram produzidos mais nove corpos de prova de argamassa utilizando a mistura do traço B, onde novamente os três primeiros corpos de prova serviram de referência (sem incorporação de fibra ótica). Os próximos três corpos de prova com o traço B tiveram a incorporação de 3% de fibra ótica em massa e finalmente os últimos três corpos de prova tiveram a incorporação de 4% de fibra ótica em massa. A moldagem dos corpos de prova cilíndricos, foi realizada de acordo com a determinação da norma brasileira NBR 13279 (1995)⁽¹³⁾. A Tab. 01

mostra a porcentagem de fibra ótica incorporada na argamassa em relação ao traço utilizado.

Tabela 01 - Porcentagem de fibra ótica em relação ao traço de argamassa

<i>Traço utilizado na produção da argamassa</i>	<i>Porcentagem da fibra ótica em relação à massa de argamassa.</i>
A	0% (referência)
B	0% (referência)
A	3%
B	3%
A	4%
B	4%

Fonte: O autor, 2015.

As fibras óticas foram inseridas manualmente nos corpos de prova (ver Fig. 02), e a cura aconteceu ao ar num período de 28 dias. Posteriormente todos os corpos de prova foram submetidos ao ensaio de resistência à compressão e à tração na flexão no Laboratório de Ensaios mecânicos do Centro Universitário Católica de SC. A determinação da resistência à compressão utilizando de corpos de prova cilíndricos seguiu as indicações da norma brasileira NBR 13279 (1995)⁽¹³⁾.

Figura 02 – Corpo de prova com as fibras inseridas



Fonte: O autor, 2015.

A resistência à tração na flexão é calculada segundo a Eq. A:

$$Rf = \frac{1,5 \cdot Ff \cdot L}{40^3} \quad (A)$$

Onde:

Rf é a resistência à tração na flexão, em megapascals;

F_f é a carga aplicada verticalmente no centro do prisma, em newtons;

L é a distância entre os suportes, em milímetros.

A resistência à compressão é calculada segundo a Eq. B:

$$R_c = \frac{F_c}{1600} \quad (B)$$

Onde:

R_c é a resistência à compressão, em megapascal;

F_c é a carga máxima aplicada, em newtons.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Agregado miúdo

No ensaio de granulometria, o agregado miúdo foi caracterizado como sendo uma areia fina, com módulo de finura (MF) menor do que 2,4 mm e diâmetro máximo de 1,18mm. O valor da massa específica do agregado miúdo foi de 2,60g/cm³ e ficou dentro do valor convencional para agregados brasileiros.

O valor obtido para o material fino que passa através da peneira 75µm por lavagem foi de 3,0%. Em relação às impurezas orgânicas, a solução está dentro da norma, pois o resultado deve estar entre 100 e 300 (ppm). Assim, na comparação com o colorímetro, se verifica o resultado obtido menor que 200 ppm, no qual a quantidade de impurezas orgânicas fica abaixo da máxima estipulada, significando que o agregado adequado é à utilização.

Índice de consistência, resistência à tração na flexão e à compressão das argamassas

Após os 30 golpes da mesa de consistência, com o auxílio de uma escala é medido o raio de espalhamento da argamassa. Foram feitas três medidas. As duas misturas de argamassa com traços A e B obtiveram um índice médio de 26cm (± 0,5) e 27cm (± 0,5) respectivamente.

Foram obtidos os seguintes resultados da resistência à tração na flexão conforme a Tab. 02.

Tabela 02 - Média e o desvio padrão da resistência à tração na flexão

<i>Corpo de prova</i>	<i>Média da resistência à tração na flexão (MPa)</i>	<i>Desvio Padrão (Mpa)</i>
A (referência)	1,09	0,12
A 3% de Fibra ótica	1,41	0,20
A 4% de Fibra ótica	1,44	0,22
B (referência)	1,84	0,24
B 3% Fibra ótica	1,97	0,17
B 4% Fibra ótica	2,08	0,26

Fonte: O autor, 2016.

Os resultados obtidos através do ensaio de resistência à compressão podem ser observados na Tab. 03.

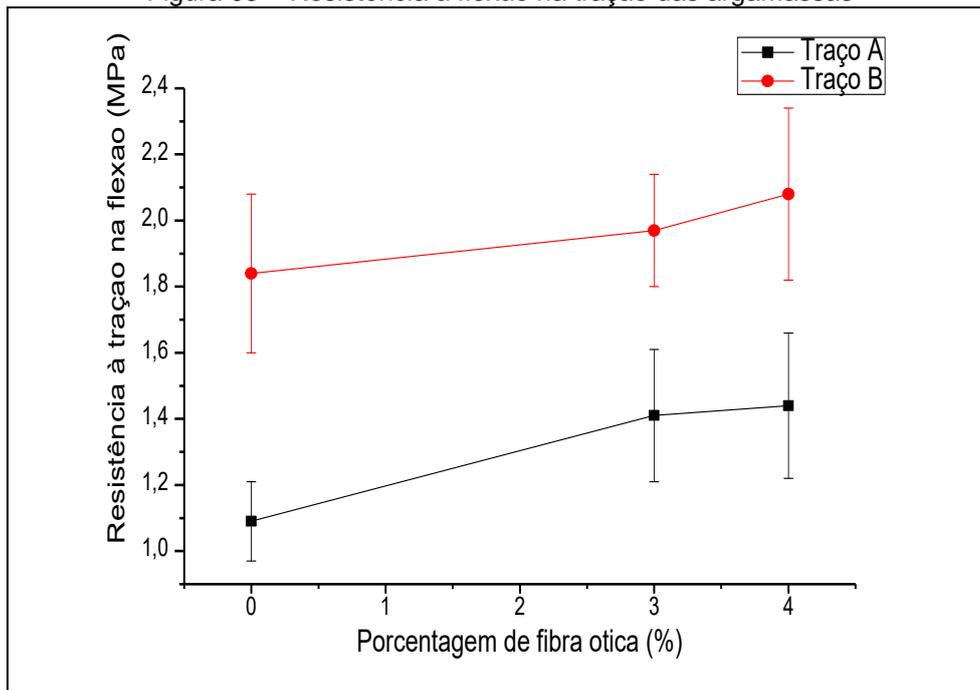
Tabela 03 - Média e desvio padrão da resistência à compressão

<i>Corpo de prova</i>	<i>Média da resistência à compressão (MPa)</i>	<i>Desvio Padrão (Mpa)</i>
A (referência)	3,75	0,20
A 3% de Fibra ótica	4,53	0,18
A 4% de Fibra ótica	4,51	0,43
B (referência)	5,82	0,39
B 3% Fibra ótica	7,20	0,67
B 4% Fibra ótica	7,18	0,29

Fonte: O autor, 2016.

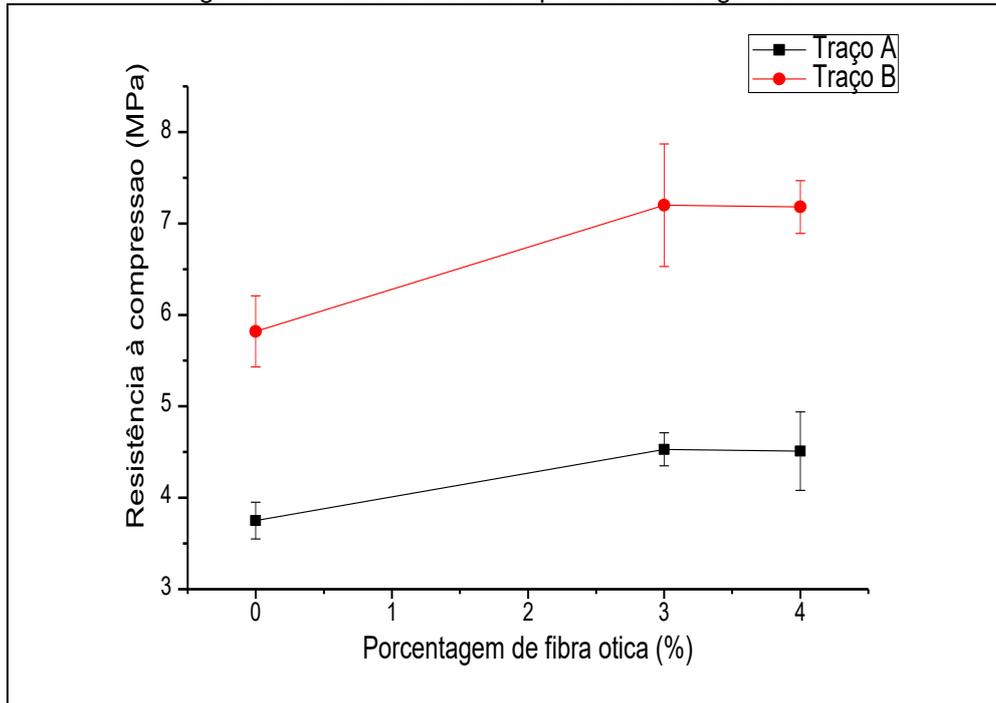
As figuras 03 e 04 mostras os resultados encontrados na forma gráfica. Pode-se observar que o traço B tem maior resistência mecânica que o traço A e que a mesma cresce com a incorporação de maior quantidade de fibra ótica.

Figura 03 – Resistência à flexão na tração das argamassas



Fonte: Os autores, 2016

Figura 04 – Resistência à compressão das argamassas



Fonte: Os autores, 2016

Os corpos de prova prismáticos apresentaram o aspecto geral conforme a Fig. 05.

Figura 05 – Aspecto visual dos corpos de prova prismáticos



Fonte: O autor, 2016

CONCLUSÕES

O agregado miúdo foi caracterizado segundo as normas de determinação, onde foram realizados todos os procedimentos como: a distribuição da curva granulométrica, determinação da massa específica e massa específica aparente, determinação do material fino que passa através da peneira 75 μ m por lavagem e a

determinação das impurezas orgânicas, nos quais todos esses procedimentos ficaram de acordo com a norma. Estas determinações são importantes para verificar a qualidade do agregado, para que o mesmo não prejudique a argamassa e a mesma se comporte de forma adequada ao uso.

Foram estabelecidos alguns tipos de traços mais utilizados nas diferentes funções como a utilizada em uso geral sem contato com o solo e alvenaria sujeita a esforços de flexão. Estes traços tem desempenho adequado em relação à aplicação de revestimentos e assentamentos de paredes e tetos.

Os índices de consistência ficaram dentro do estipulado, que era entre 25 e 30 cm de diâmetro, pois o resultado foi de 26 cm para a amostra A e 27 cm para a amostra B. Esses índices representam que a argamassa tem uma boa consistência plástica.

No resultado da resistência à tração na flexão, obteve-se um significativo aumento da propriedade com o uso de fibras óticas. Na resistência à compressão, os resultados obtidos, mostraram também, um aumento do valor com a adição de fibra ótica. A argamassa teve maior resistência comparada ao corpo de prova sem a adição de fibras óticas, tanto para o traço A como para o B.

Há uma maior necessidade de análise e adequação ao uso de fibras óticas na argamassa mista de cimento e cal translúcida para que se possa chegar a uma análise mais crítica e exata para que ela seja utilizada em obras.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a empresa FASA Fibra ÓTICA pelo fornecimento das amostras de fibra ótica sem as quais não seria possível a realização dos experimentos. Em especial ao Sr. Wilson Salouti pela atenção dedicada a nossa equipe de trabalho.

REFERÊNCIAS

1. EMO – European Mortar Industry Organization. **History**. Disponível em: <http://www.euromortar.com/index2.php?page=3>. Acesso em: 05 fev. 2016.

2. RIBEIRO, Carmen Couto; PINTO, Joana Darc da Silva; STARLING, Tadeu. **Materiais de construção civil**. 3. ed. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2011.

3. CARASEK, H. Argamassas. In: ISAIA, Geraldo Cechella. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia dos Materiais**. São Paulo: Arte Interativa, 2010. Cap. 26, p. 894-928.
4. SANTOS, Daiana dos; LIMA, Ramison de; SILVA, Amanda cordeiro da; GOMES, Leandro da Silva; FILHO, Mauricio Fernandes da Paz; ABREU, Valentim, Dilma Kelly Magalhães. **O concreto translúcido: características e aplicações**. Centro Universitário das Faculdades Metropolitanas Unidas. São Paulo: 2014.
5. URIBE, L. J. M. **Desenvolvimento e avaliação de argamassa translúcida com fibra ótica polimérica**. Programa de pós-graduação da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2010.
6. RIBEIRO, Raquel de Macedo. **Concreto aparente: uma contribuição para a construção sustentável**. Monografia - Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia UFMG. Belo Horizonte: 2010.
7. HENRIQUES, T. S. **Análise da influência da fibra ótica polimérica inserida em blocos de argamassa**. Programa de pós-graduação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2013.
8. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR NM 248: Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.
9. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR NM 52: Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente**. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.
10. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR NM 46: Determinação do material fino que passa através da peneira 75 µm, por lavagem**. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.
11. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR NM 49: Agregado fino – Determinação de impurezas orgânicas**. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.
12. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13276 Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos: preparo da mistura e determinação do índice de consistência**. 2. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2005. 3 p.

13. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13279: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão.** Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

STUDY OF TENSILE STRENGTH IN BENDING AND COMPRESSION IN TRANSLUCENT MORTARS WITH OPTICAL FIBER

ABSTRACT

One of the current conflicts relates to materials that should provide natural light and high mechanical strength. In this context arise innovative materials including translucent cementitious materials with optical fiber incorporation. This article aims to analyze the tensile strength in bending and compression in mortars with optical fiber. It was adopted a planning experiments with two factors, the trace of the mortar and the optical fiber content incorporated in the mixture. The results indicate an increase of tensile strength in bending and compression in mortars with incorporation of optical fiber.

Key-words: translucent mortars, optical fiber, resistance.