

## **DESENVOLVIMENTO DE ARGAMASSA E PLACA DE CONCRETO PARA PAVIMENTO INDUSTRIAL COM ADIÇÃO DE FIBRA DE POLIÉSTER E CATALISADOR CRISTALINO**

### **Etapa 2: Ensaios e Estudo de Durabilidade**

**Davyson Conceição Santos**  
davyson.tj@hotmail.com

**Flávio Oliveira Santana**  
flavio.eng16@gmail.com

**Nayara Bispo Barros**  
nayara\_bb@hotmail.com

**Tainar Rodrigues dos Santos**  
tainarrodrigues@outlook.com

**Silvia do Amparo Soares**  
silviasoares.amp@gmail.com

**Thiago Augustos Remacre Munareto Lima**  
thiago.remacre@gmail.com

**Resumo** – As estruturas de concreto necessitam de uma série de reparos e manutenções ao longo de sua vida útil, pois o concreto em si, apreseta-se com um material sucessetivél ao aparcimento de fissuras no estado fresco ou endurecido, e essas manutenções muitas das vezes possuem custos bem elevados. Sendo assim, esta pesquisa visa o desenvolvimento de concreto autocicatrísante e antifissurante com adições de fibras a base de poliéster, cujo objetivo principal é diminuir ou dirimir o aparecimento de fissuras, mantendo-as, a uma espessuras mínima de 0,4 mm e com a adição do catalisador cristalino, reparar totalmente essas fissuras. Diminuindo assim os gastos com reparos e manutenções durante toda a vida útil da estrutura. Após a realização dos ensaios foi possível constatar que a fibra a base de poliéster configura-se como material promissor quando incorporado ao concreto, pois a resistência, índice de vazios e absorção, se mantiveram ou melhoraram a partir dasadições, quando comparado ao concreto sem adições.

**Palavras-Chave:** Autocicatrização. Fissuras. Ambientes agressivos. Degradação.

### **INTRODUÇÃO**

As estruturas de concreto necessitam de uma

séries de reparos e manutenções ao longo de sua vida útil, e essas, muitas das vezes possuem custos bem elevados. Nos casos em que os danos são irreparáveis a estrutura é totalmente substituída, porém quando os danos são menos extensos a estrutura pode ser reparada.

De acordo com Takagi. M. (2013), o concreto é um material muito suscetível à formação de fissuras, estando elas diretamente ligadas a durabilidade do concreto.

Uma das alternativas mais recentes, visando diminuir os custos com manutenções em estruturas de concreto, estudadas a partir da formulação do Comitê técnico SHC 221 da RILEM em 2005, é a capacidade do concreto de recuperar suas propriedades mecânicas. Onde segundo estudos realizados por Takagi E. M. (2003), a autocicatrização autógena, tem a propriedade de aprimorar o mecanismo de colmatação natural do concreto utilizando materiais genéricos que estariam presentes na sua composição, como é o caso da hidratação residual e da carbonatação, e a cicatrização autônoma que consiste em envolver os agentes cicatrizantes em microcápsulas.

Segundo Qureshi T.S., Kanellopoulos A. et al. (2016), a cicatrização autônoma foi desenvolvida para lidar com as deficiências da cicatrização autógena, uma vez que, este depende da idade do concreto, pois quanto

mais velha a estrutura menos hidratado estará o cimento, além da falta de cura em fendas maiores que 0,15 mm. Entretanto de acordo com Mori. et al. 1996, apud Takagi E. M. (2013), alguns estudos revelaram, que a adição de um impermeabilizante, que tem como base o catalisador cristalino, podem repara totalmente fissuras de até 0,4mm em pavimentos a base de concreto.

Sendo assim, esta pesquisa visa contribuir significativamente com o desenvolvimento de concreto autocicatrizante e antifissurante adicionando fibras a base de poliéster no concreto, cujo objetivo é de diminuir ou dirimir o aparecimento de fissuras, mantendo-as a uma espessuras mínima de 0,4 mm e com a adição do catalisador cristalino, reparar totalmente essas fissuras.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

A presente pesquisa trata-se da continuação do projeto aprovado no Edital 06/2018/PIBIC/PROPEX/IFS, intitulado “Desenvolvimento de placas em concreto para pavimento suspenso em indústria com adição de fibra em poliéster e catalisador cristalino”. Sendo assim, o traço utilizado nesta nova etapa da pesquisa foi o mesmo desenvolvido através dos métodos da Associação Brasileira de Cimento Portland - ABCP na primeira fase do projeto. Com resistência a compressão de 25 Mpa aos 28 dias, fator água/cimento de 0,59 e traço em massa apresentado no Tabela 1.

Traço em massa:
<b>1 : 1,51 : 2,84 : 0 : 0,59</b>

**Tabela 1** – Traço em massa  
Fonte: Autor, 2020.

### **Moldagem e cura dos corpos de prova**

Dando continuação ao projeto na etapa II, foram moldados corpos de prova cilíndrico para confirmação do traço, conforme metodologia descrita na NBR 5738:2015 – Procedimento

para Moldagem e Cura de Corpos de Prova, de modo que fosse possível garantir um resultado confiável dos ensaios realizados posteriormente na primeira etapa. E estes foram submetidos aos ensaios de compressão axial, segundo a NBR 5739:2018 - Ensaio de compressão em corpos de prova cilíndricos, e ao ensaio de compressão diametral, segundo a NBR 7222/2011 – Concreto e argamassa – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos, aos 7 e 28 dias. Após confirmação do traço, deu-se início as moldagens com adições. Onde foram moldados três corpos de prova controle (sem adições), para cada três corpos de prova com adições de 0,075% e 0,1% de fibra a base de poliéster.

Foram moldados os corpos de prova, controle (sem adições) e com adições de 0,075% e 0,1% de fibra, para a realização dos ensaios de: compressão axial segundo a NBR 5739:2018 e resistência a tração por meio do ensaio de compressão diametral segundo a NBR 7222/2011, aos 7 e 28 dias.

Também foram moldados corpos de prova controle e com as mesmas adições para a realização dos ensaios de absorção de água, índice de vazios e massa específica segundo a NBR 9778/2009 – Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção, índice de vazios e massa específica e ensaio de absorção de água por capilaridade segundo a NBR 9779/2013 – Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água por capilaridade, aos 28 dias

### **Degradação das fibras a base de poliéster em soluções agressivas**

As fibras utilizadas no decorrer desta pesquisa tratam-se de um tipo de refugo da indústria têxtil, proveniente da produção de jeans na indústria Sergitex situada no município de Estância. E segundo informações fornecidas pela empresa em questão, esta é constituída por 92% de poliéster e 8% de elastano, Figura 1.



Figura 1 – Fibra a base de poliéster  
Fonte: Autor, 2020.

Sua utilização tem se mostrado compatível aos objetivos almejados, quando adicionadas em pequenas porcentagens entre 0,05% a 0,1% em relação ao volume total, não interferindo substancialmente na resistência a compressão. Sendo assim, foram realizados ensaios de degradação em soluções agressivas, para analisar a durabilidade dessa fibra quando incorporada ao concreto. Para tal, foi realizado uma adaptação dos ensaios de degradação adotado por BETIOLI, 2003. Onde as fibras foram imersas em quatro diferentes soluções durante 150 dias, e após esse período, serão realizadas análises por espectroscopia de infravermelhos (FTIR) e microscopia eletrônica de varredura (MEV). E por meio de comparação qualitativa com as fibras vigem (não expostas aos ambientes agressivos) será avaliado se de fato houve a degradação da fibra. As amostras as quais as fibras foram imersas estão dispostas na Tabela 2.

Soluções	Composição
Solução de Lawrence (Hidróxido de cálcio + Hidróxido de potássio + Hidróxido de sódio),	0,48 g/L de Ca (OH)2 + 3,45 g/L de KOH + 0,88 g/L de NaOH
Ácido sulfúrico (H2SO4)	0,1, 1 e 10M
Hidróxido de sódio (NaOH)	0,1M
Água destilada	Controle

Tabela 2 – Soluções para ensaio de degradação  
Fonte: Autor, 2020.

Inicialmente foram pesadas e lavadas com água destilada, duas porções de 50g da fibra, para cada solução e posteriormente deixadas

em estufa a 50°C durante 24h.

Então foram separadas duas amostras de cada solução contendo 250ml em cada recipiente e inseridas as porções de fibras já seca. Os recipientes foram vedados e estão sendo mantidos a 5°C ± 2°C, sendo estes armazenados em uma geladeira, e a 25°C ± 2°C, mantidos em uma caixa de isopor, como mostra a Figura 2.

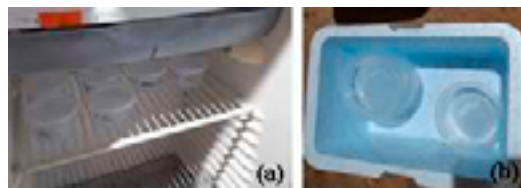


Figura 2 – Fibras inseridas em soluções agressivas (a) armazenadas em geladeira; (b) caixa de isopor.  
Fonte: Autor, 2020.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Compressão axial

Após a realização dos ensaios, com a finalidade de confirmar o traço, este apresentou um Fcj de 31,48 ± 0,38 MPa. E apartir das moldagens dos corpos de prova com adição de 0,075% e 0,1% de fibra a base de poliéster, estes apresentaram valores de resistência a compressão axial média de 25,80 ± 1,97 MPa e 25,05 ± 2,02MPa, respectivamente, Como disposto no Gráfico 1.

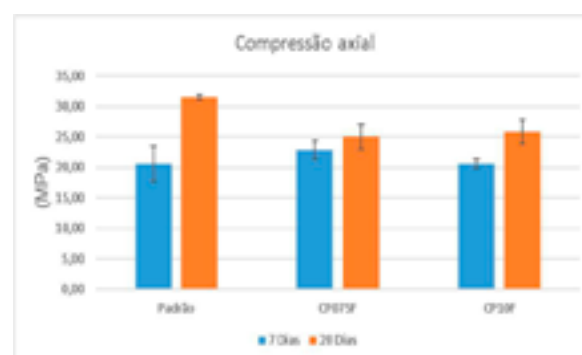


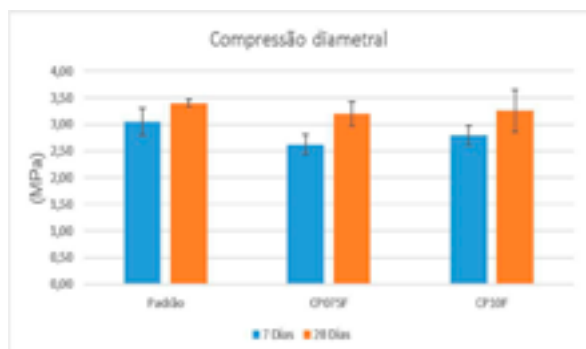
Gráfico 1 – Resistência a compressão axial Padrão: Sem adições; CP075F: Com adição de 0,075% de fibra; CP10F: Com adição de 0,1% de fibra.  
Fonte: Autor, 2020.

Após analisar o Gráfico 1 foi possível constatar que houve uma diminuição da

resistência à compressão do concreto com adições de 0,075% e 0,1% de fibra. Mas se compararmos suas respectivas resistências com o traço padrão, podemos constatar que, mesmo havendo essa redução na resistência a compressão aos 28 dias, ambas se mantiveram próximo ao  $f_{cj}$  esperado.

### Compressão diâmetral

Já para os ensaios de tração por compressão diâmetral, a resistência esperada era de 2,5 MPa e a obtida a partir de novas moldagens, foi de  $3,40 \pm 0,07$  MPa. E para os corpos de prova com adição de 0,075% e 0,1% de fibra a base de poliéster, estes apresentaram valores de resistência média de  $3,25 \pm 0,39$  MPa e  $3,20 \pm 0,23$  MPa, respectivamente, Como está disposto no Gráfico 2.



**Gráfico 2** – Resistência a tração por compressão diâmetral  
Padrão: Sem adições; CP075F: Com adição de 0,075% de fibra; CP10F: Com adição de 0,1% de fibra.  
**Fonte:** Autor, 2020.

Após analisar o Gráfico 2 foi possível constatar que houve uma diminuição da resistência à tração do concreto com adições de 0,75% e 0,1% de fibra. Mas ainda assim é importante ressaltarmos que essa diminuição não afetou na resistência de projeto calculada previamente. Apesar do decréscimo, as resistências mantem- se acima de 2,5MPa, como esperado.

### Absorção

NBR 9778/2009

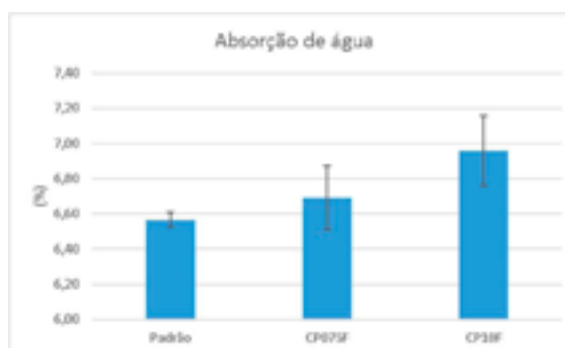
A Tabela 3 representa a média de três valores encontrados para os ensaios de índice de vazios e massa específica, com os respectivos desvio padrão.

Formulação	Índice de vazios (%)	Massa específica (Kg/m <sup>3</sup> )
Padrão	15,49 ± 0,11	2,58 ± 0,01
0,075%	14,59 ± 0,30	2,55 ± 0,03
0,100%	15,10 ± 0,51	2,56 ± 0,01

**Tabela 3** – Resultados obtidos a partir da NBR 9778/2009  
**Fonte:** Autor, 2020.

Conforme resultados apresentados na Tabela 4 é possível observar que para o índice de vazios houve decréscimos de 5,81% nos corpos de prova com 0,075% de fibra e de 2,52% na com 0,1% de fibra em comparação ao concreto de referência. Pode-se concluir que houve uma redução nos valores de massa específica, porém, o decréscimo não foi significativo ao se analisar cada formulação adotada.

Já para o ensaio de absorção de água pela mesma NBR, foram encontrados uma média de  $6,56 \pm 0,04$  para os corpos de prova controle,  $6,96 \pm 0,20$  para os corpos de prova com adição de 0,075% de fibra e  $6,69 \pm 0,18$  para os corpos de prova com adição de 0,1% de fibra, como exposto no Gráfico 3.



**Gráfico 3** – Absorção de água, conforme a NBR 9778/2009  
Padrão: Sem adições; CP075F: Com adição de 0,075% de fibra; CP10F: Com adição de 0,1% de fibra.  
**Fonte:** Autor, 2020.

Conforme resultados apresentados no Gráfico 2 é possível analisarmos que houve

um acréscimo de 1,98% de absorção de água nos corpos de prova com 0,075% de fibra e 6,10% na com 0,1% de fibra em comparação ao concreto de referência.

### NBR 9779/2013

O Gráfico 4 apresentam a média de três corpos de prova encontrados nos ensaios com o desvio padrão respectivo.

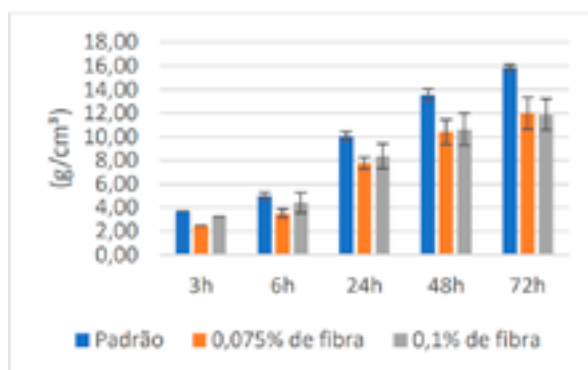


Gráfico 4 – Absorção de água por capilaridade Padrão: Corpos de prova sem adições.  
Fonte: Autor, 2020.

Com os dados apresentados no Gráfico 4, podemos observar o decréscimo de absorção com o passar do tempo, além de apresentar que nas 3 horas iniciais houve um decréscimo na absorção de 33% nos corpos de prova com 0,075% de fibra e de 13% na com 0,1% de fibra em comparação ao concreto de referência. Fazendo essa comparação para as 72 horas de ensaio observamos um decréscimo de 24% nos corpos de prova com 0,075% de fibra e de 25% na com 0,1% de fibra em comparação ao concreto de referência.

## CONCLUSÕES

Em termos gerais, é possível concluir que a fibra a base de poliéster configura-se como material promissor quando incorporado ao concreto, quanto a sua resistência, uma vez que, as adições nas referidas porcentagens não interferiram substancialmente na resistência a compressão axial e resistência a tração aos 28

dia. Em relação ao índice de vazios, houve uma redução maior, quando incorporado um teor de 0,075% de fibra, em comparação ao traço padrão e o traço com adição de 0,1% de fibra. E quanto a redução de absorção de água, onde o concreto com adição de 0,075% e 0,1% de fibra, apresentaram decréscimos muito próximos, após 72h, do ensaio pelo método de absorção por capilaridade.

Já as análises a cerca da degradação da fibra em substância agressivas, os ensaios ainda não puderam ser realizados, uma vez que, as análises por FTIR e MEV, só serão realizadas a partir de 150 dias das fibras imersas nas respectivas soluções e que o cronograma de andamento do projeto em questão continua vigente.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738: Concreto – Procedimento para Moldagem e Cura de Corpos de Prova. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7222: Concreto e argamassa – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9778: Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9779: Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água por capilaridade. Rio de Janeiro, 2013.

BETIOLI, Andrea M. Degradação de fibras

de PET em materiais à base de cimento Portland. 2003.124 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós- Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2003.

QURESHI T.S.; KANELLOPOULOS A.; AL-TABBAA A.; Encapsulation of expansive powder minerals within a concentric glass capsule system for self-healing concrete. *Construction and Building Materials*. Amsterdã, v. 121. p. 629-643. 18, jun. 2016.

RILEM. Self-healing phenomena in cement-based materials. 2005. (Technical Committee 221-SHC) Disponível em: <<https://www.rilem.net/groupe/221-shc-self-healing-phenomena-in-cement-based-materials-228>>. Acesso em 04 de setembro de 2019.

TAKAGI, E M. Concretos autocicatrizantes com cimentos brasileiros de escória de auto-forno ativados por catalisador cristalino. 2013. p. 130. Dissertação de mestrado em Engenharia de Infraestrutura Aeroportuária- Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.