

ESTUDO DE AUTOCICATRIZAÇÃO DE FISSURAS EM CONCRETO COM FIBRAS METÁLICAS UTILIZANDO ADITIVO CRISTALIZANTE

ALEXANDRE MAINES¹, DOUGLAS ARAUJO SILVA², GEORGE LUCAS SENS³, LUCAS MARTINS⁴

¹ Dr. em Engenharia, Prof. Titular, Engenharia Civil, UNIFEBE, BRUSQUE-SC, alexandremaines@gmail.com;

² Discente, Engenharia Civil, UNIFEBE, BRUSQUE-SC, douglasaraujo_silva@unifebe.edu.br;

³ Discente, Engenharia Civil, UNIFEBE, BRUSQUE-SC, george.sens@unifebe.edu.br;

⁴ Engenheiro Civil e Laboratorista, Engenharia Civil, UNIFEBE, BRUSQUE-SC, lucasmms98@gmail.com;

RESUMO: O concreto armado é amplamente utilizado na construção civil e apresenta importantes vantagens em sua utilização, podendo-se destacar sua alta resistência à compressão. Entretanto, a interação com o meio ambiente associada com a presença de fissuras inerentes ao concreto desencadeia mecanismos de deterioração. O objetivo geral dessa pesquisa é avaliar a ação e efetividade de aditivo cristalizante no fechamento das fissuras ao longo do tempo e verificar potencial recuperação das propriedades mecânicas e de permeabilidade que possam ampliar a durabilidade do concreto. O concreto produzido utiliza fibras metálicas em sua composição. Foram produzidos 28 corpos de prova de concreto com fibras e com aditivo cristalizante, curados em água por 28 dias. Em seguida foi verificada a resistência a compressão do concreto produzido e foram pré-fissurados os demais corpos de prova. Na sequência, aos 7, 14, 21 e 28 dias após a pré-fissuração foram realizados ensaios de resistência e porosidade do concreto. Os resultados mostram em geral um aumento de resistência a compressão do concreto em relação a resistência inicial com pré-fissuras, embora tenha ocorrido uma redução da resistência aos 21 e 28 dias. Com relação a porosidade verificou-se um aumento da porosidade aos 7 e 14 dias e uma menor porosidade aos 21 e 28 dias.

PALAVRAS-CHAVE: Concreto, autocicatrização, aditivo cristalizante.

SELF HEALING STUDY OF FISSURES IN CONCRETE WITH METALLIC FIBERS USING CRYSTALLIZING ADDITIVE

ABSTRACT: Reinforced concrete is widely used in civil construction and has advantages in its use, including its high resistance to construction. Interaction, however, with the environment associated with the presence of cracks inherent in concrete triggers. The general objective of the research is to evaluate the supply and construction of this planning structure and verify the potential for recovery of the properties of time and permeability that can increase the durability of the objective. The concrete produced uses metallic fibers in its composition. Twenty-eight specimens with fibers and with a crystallizing additive were made of concrete, cured in water for 28 days. It was verified a reliable resistance together produced and the other specimens were pre-prepared. Subsequently, at 7, 14, 21 and 28 days after pre-cracking, resistance and permeability tests were performed. The yarn-results show an increase in strength at the initial² with a pre-concrete strength ratio, although there was an increase in strength at the early days¹ and in relation to strength. Regarding porosity and porosity, there was an increase in porosity at 7 and 14 days and a porosity at 21 days.

KEYWORDS: *crystallizing aditive, self healing, concrete.*

INTRODUÇÃO

O concreto armado é uma técnica construtiva amplamente usada e apresenta importantes vantagens em sua utilização, podendo-se destacar sua alta resistência à compressão. Entretanto, a interação com o meio ambiente associada com a presença de fissuras inerentes ao concreto desencadeia mecanismos de deterioração.

A fissuração do concreto e sua deterioração podem ser originárias de causas intrínsecas ou extrínsecas, e tem influência na durabilidade e nas propriedades mecânicas do material, pois constituem caminhos preferenciais para a passagem de água e agentes agressivos para o interior da estrutura, podendo desencadear manifestações patológicas.

OLIVEIRA (2019) aponta o emprego de aditivo cristalizante como uma alternativa promissora para potencializar o processo de autocicatrização de produtos cimentícios. O apelo tecnológico e operacional do aditivo cristalizante referente à facilidade de aquisição, implementação e aplicação na mistura cimentícia torna-o uma opção prática e atraente para investigar seus mecanismos físico-químicos como promotor de autocicatrização.

A fissuração do concreto e sua degradação podem ser originárias de causas intrínsecas ou extrínsecas, e tem influência na durabilidade e nas propriedades mecânicas do material, pois constituem caminhos preferenciais para a passagem de água e agentes agressivos para o interior da estrutura, podendo desencadear danos.

O presente trabalho estuda a autocicatrização do concreto com fibras metálicas com uso aditivo cristalizante.

O objetivo da pesquisa é avaliar a ação e efetividade de aditivo cristalizante no fechamento das fissuras ao longo do tempo e verificar potencial recuperação das propriedades mecânicas e de porosidade que possam ampliar a durabilidade do concreto.

O uso de fibras de aço no concreto é uma alternativa que possibilita melhorar as propriedades do concreto aumentando sua tenacidade, resistência a tração ou ainda, a inclusão de fibras serve como elemento de controle da fissuração, estabelecendo limites ao aparecimento de fissuras. As fibras naturais podem ser utilizadas tanto para controlar a propagação das fissuras, quanto para atuar como reservatórios de umidade, auxiliando o mecanismo de hidratação tardia (FERRARA et al. 2014, apud OLIVEIRA 2019).

MATERIAL E MÉTODOS

Este item apresenta os materiais empregados a produção do concreto e os ensaios realizados.

Os materiais utilizados foram os mesmos utilizados em (ALVES, 2021). Os ensaios de caracterização dos agregados foram realizados no laboratório no Centro Universitário UNIFEFE pelo citado autor. Também a dosagem do concreto foi a mesma definida por este autor.

Para atingir os objetivos da pesquisa serão realizados ensaios de resistência e porosidade do concreto com fibras aos 28 dias dos corpos de prova produzidos. Aos 28 dias também serão produzidas fissuras nos concretos, e serão realizados ensaios de resistência e porosidade nos concretos pré-fissurados aos 7, 14, 21 e 28 dias após fissuração.

Na reprodução do concreto foi utilizado o **Cimento Portland CP IV-32-RS**, com resistência 32 MPa. O peso específico do cimento é de 3.100 kg/m³.

O **agregado miúdo** utilizado foi uma areia média com peso específico de 2.580 kg/m³, peso unitário de 1.421 kg/m³ e com módulo de finura, MF=2,59. Anterior ao uso, a mesma foi seca em estufa a 100° Celsius, e constipada a temperatura ambiente por aproximadamente 24 horas para ser utilizada.

O **agregado graúdo** utilizado foi uma brita com peso específico de 2.840 kg/m³, peso unitário de 1.496 kg/m³ e diâmetro máximo característico, DMC = 9,5 mm. Anterior ao uso, a brita foi lavada para a remoção dos resíduos de poeira que possivelmente poderiam influenciar no desempenho dos concretos. Posteriormente foi seca na estufa a 100°C por 24 horas.

A **água** utilizada na construção do concreto para os corpos de prova é distribuída pela rede pública regional de Brusque (SAMAE).

O **aditivo** utilizado para a elaboração do concreto foi o ADMIX C-500 NF da marca Xypex. Este produto possui uma mistura de cimento Portland, aliado a sílica e diferentes tipos de substâncias químicas ativas.

As **fibras de aço** utilizadas na produção do concreto, caracterizam-se por possuir ancoragem em suas extremidades, sendo considerada como fibras tipo “A” e oriunda de arame trefilado a frio, segundo a norma brasileira NBR15530 (2007).

Na produção do concreto foi utilizada a proporção de materiais 1:2,4:3:0,5 com adição de 2% de fibras metálicas. Este traço foi definido em (ALVES, 2021) para uma resistência de dosagem de 25

MPa. Na sequência foram moldados 28 corpos de prova em moldes cilíndricos com diâmetro 100mm e altura 200mm.

Após 24 horas os corpos de prova foram desmoldados e colocados em água para realizar a cura por um tempo de 28 dias.

Após o período estipulado de 28 dias de cura em água os corpos de prova foram retirados da câmara com água para realização de ensaios previstos.

Inicialmente foram realizados ensaios de compressão em 6 corpos de prova para determinar a resistência a compressão do concreto produzido, segundo os procedimentos prescritos em NBR 5739 (1994).

Para realizar ensaios de porosidade do concreto produzido foram separados 3 corpos de prova que foram preparados, pesados e postos em estufa para verificar sua porosidade.

Em seguida, nos corpos de prova restante, realizou-se o ensaio de tração por compressão diametral.

Posteriormente os corpos de prova foram inseridos na câmara de água para induzir a autocatrização. Por fim, aplicaram-se testes aos 7, 14, 21 e 28 dias pós fissura.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os ensaios realizados objetivam avaliar a ação e efetividade do aditivo impermeabilizante por cristalização, além de determinar as propriedades mecânicas e sua porosidade do concreto.

A seguir apresenta-se os resultados obtidos nos testes e sua análise.

Os ensaios de resistência a compressão foram feitos antes e depois do concreto fissurado. Antes de fissurar o concreto busca-se determinar a resistência a compressão do concreto produzido.

Após induzir fissuras no concreto os corpos de prova ficaram em cura por 28 dias.

Em seguida foram ensaiados aos 7, 14, 21 e 28 dias e verificada sua resistência a compressão com objetivo de verificar recuperação de suas propriedades mecânicas.

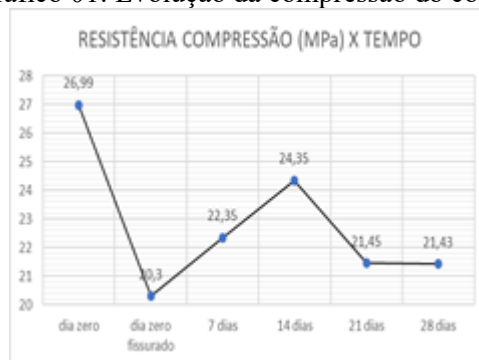
A tabela 01, mostra estes resultados.

Tabela 01 – Resistência a compressão do concreto em MPa

Corpo de Prova	Intacto dia zero	Fissurado dia zero	Fissurado 7 dias	Fissurado 14 dias	Fissurado 21 dias	Fissurado 28 dias
CP1	25,55	20,50	21,80	25,00	20,40	20,50
CP2	27,12	19,40	22,90	23,70	22,50	22,10
CP3	27,91	21,00	--	--	--	21,70
CP4	25,89	--	--	--	--	--
CP5	26,33	--	--	--	--	--
CP6	29,22	--	--	--	--	--
Média	26,99	20,30	22,35	24,35	21,45	21,43

O gráfico 01 a seguir mostra a evolução da compressão do concreto.

Gráfico 01: Evolução da compressão do concreto.



OBS: O dia zero é o primeiro dia de análise do concreto, ou seja, 28 dias após sua produção e cura.

Analisando os resultados mostrados na tabela 01 e no gráfico 01, pode-se destacar as seguintes observações:

- Os corpos de prova produzidos apresentam uma resistência média de 26,99 MPa,
- Após pré-fissurados a resistência média baixa para 20,30 MPa,
- Nos seguintes 7, 14, 21 e 28 dias a resistência dos corpos de prova apresentam valor superior do que aos 0 dias fissurado, indicando ganho de resistência.
- Apesar de resultados com valores superiores ao do dia 0 fissurado, os valores aos 21 e 28 dias eram esperados maiores.

O aditivo cristalizante utilizado (XYPEX ADMIX C500-NF) indica em sua ficha técnica eficiência em fissuras até 0,4 mm aos 28 dias,

Pode-se concluir pelos resultados mostrados que o concreto obteve ganhos de resistência, apesar de redução não esperadas aos 21 e 28 dias quando o aditivo deveria ter ação maior.

4.2 RESULTADOS DE POROSIDADE DO CONCRETO.

Os ensaios de porosidade do concreto foram feitos antes e depois do concreto fissurado. Antes de fissurar o concreto busca-se determinar a porosidade do concreto produzido. Após induzir fissuras no concreto os corpos de prova ficaram em cura por 28 dias.

Em seguida estes foram ensaiados aos 7, 14, 21 e 28 dias e verificada sua porosidade com objetivo de verificar a capacidade do aditivo cicatrizante em diminuir volume de poros em concretos fissurados.

A tabela 02, mostra estes resultados.

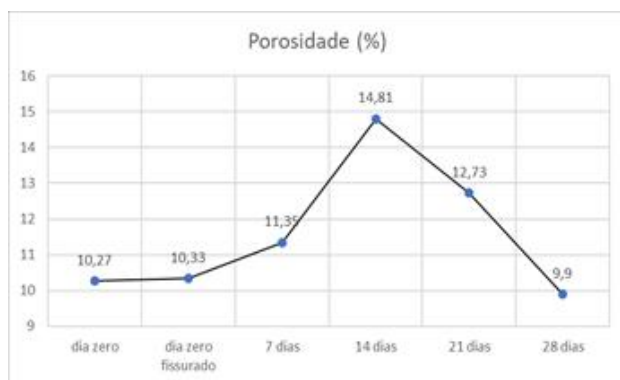
Tabela 02 – Porosidade do concreto em porcentagem

Corpo de Prova	Intacto dia zero	Fissurado dia zero	Fissurado 7 dias	Fissurado 14 dias	Fissurado 21 dias	Fissurado 28 dias
CP1	10,50 %	9,90 %	10,90 %	14,83 %	12,73 %	9,90 %
CP2	10,20 %	11,10 %	11,80 %	14,78 %	---	---
CP3	10,10 %	10,00 %	---	---	---	---
Média	10,27 %	10,33 %	11,35 %	14,81 %	12,73 %	9,90 %

Fonte: Elaborado pelos autores

O gráfico 02 a seguir mostra a evolução da porosidade do concreto.

Gráfico 02 – Evolução da porosidade do concreto



OBS: O dia zero é o primeiro dia de análise do concreto, ou seja, 28 dias após sua produção e cura.

Analisando os resultados mostrados na tabela 02 e no gráfico 02, pode-se destacar as seguintes observações:

- Os corpos de prova produzidos apresentam uma porosidade de 10,27%,
- Após pré-fissurados a porosidade aumentou bem pouco para 10,33%. Apesar do aumento da porosidade esperava-se um aumento maior.
- Nos seguintes 7 e 14 a porosidade aumenta para 11,35% e 14,81, resultados estes não esperados, principalmente o aumento do dia 7 para o dia 14.

- Aos 21 e 28 dias a porosidade cai substancialmente, sendo que aos 28 dias a porosidade resulta inferior ao concreto intacto.

O aditivo cristalizante utilizado (XYPEX ADMIX C500-NF) indica em sua ficha técnica eficiência em fissuras até 0,4 mm aos 28 dias,

Pode-se concluir pelos resultados mostrados, principalmente se analisarmos a porosidade no dia zero e no dia 28 que houve uma ação do aditivo cristalizante em diminuir a porosidade do concreto.

CONCLUSÃO

Os testes realizados em laboratório, puderam demonstrar a eficácia do aditivo cristalizante na autocatrização, com recomposição da resistência do concreto com fibras e também com diminuição da porosidade.

Desta forma, com o desenvolvimento e a conclusão do trabalho foram cumpridos os seguintes objetivos específicos:

- Realizar estudos preliminares de formulação de projeto inicial, estudo de trabalhos realizados,
- Caracterizar os materiais componentes do concreto com fibras e definir formulação deste concreto a estudar,
- Produzir corpos de prova de concreto com fibras com aditivo cristalizante e realizar sua cura em água,
- Realizar ensaios de resistência e porosidade do concreto com fibras aos 28 dias dos corpos de prova produzidos,
- Aos 28 dias produzir fissuração nos concretos produzidos,
- Realizar ensaios de resistência e porosidade nos concretos pré-fissurados aos 7, 14, 21 e 28 dias após fissuração.

Em conclusão, o aditivo cristalizante incorporado e aliado ao concreto com fibras teve um papel fundamental na recomposição das propriedades mecânicas e na indução da autocatrização, possibilitando assim, a maior durabilidade do concreto.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS. NBR 5738. Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto. Rio de Janeiro, 1994.

ALVES, Dhiego de Dliveira. Métodos de dosagem do concreto. 2021. TCC. Centro universitário UNIFEFE.

OLIVEIRA, A. S. Estudo do potencial de aditivo cristalizante como estimulador de autocatrização de fissuras de matrizes cimentícias. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), 2019.