

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

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

MAINES Alexandre, RIFFEL Elias, SENS, George Lucas, SILVA, Douglas
Araujo, MARTINS Lucas

alexandre.maines@unifebe.edu.br

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.

Estudo De Autocicatrização De Fissuras Em Concreto Com Fibras Metálicas Utilizando Aditivo
Cristalizante

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.*

1 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

Estudo De Autocicatrização De Fissuras Em Concreto Com Fibras Metálicas Utilizando Aditivo Cristalizante

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).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A capacidade do concreto produzido com cimento portland de cicatrizar fissuras ao longo do tempo é conhecida a muitas décadas, sendo denominada cicatrização autógena (REPETTE, 2011).

OLIVEIRA (2019) indica algumas definições no processo de autocicatrização, destacando autocicatrização como o processo que envolve a recuperação de resistência mecânica, com a restauração das propriedades do material após o fechamento das fissuras.

Esta autora ainda define autocicatrização autógena (intrínseca ou natural)

Estudo De Autocicatrização De Fissuras Em Concreto Com Fibras Metálicas Utilizando Aditivo
Cristalizante

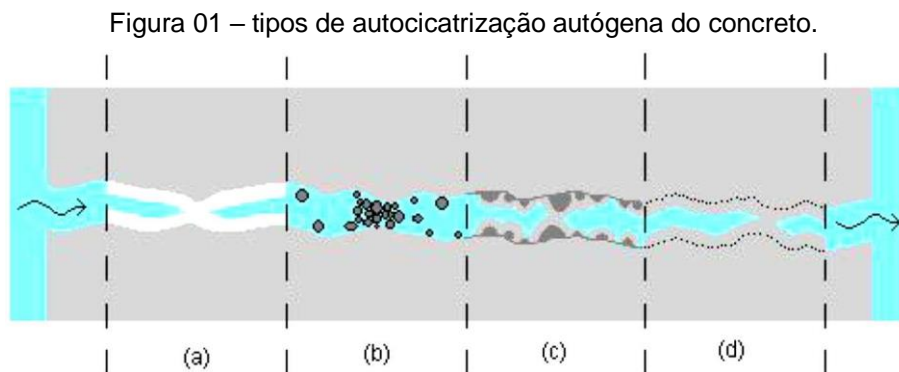
como o processo de recuperação que usa os componentes genéricos ou originais da mistura, e autocicatrização autônoma (ou engenheirada) o processo de recuperação que usa os componentes externos ou materiais engenheirados, que não são originais da mistura, por exemplo, bactérias.

O uso de aditivo autocicatrizante por ser um produto original incluído na mistura se qualifica como autocicatrização autógena. Sua ação de recuperação de fissuras apresenta eficiência em aberturas de até 0,4mm.

Os estudos sobre a autocicatrização voltados à prevenção dos danos e aumento da durabilidade do concreto são recentes. Por isso, a pesquisa nesta área é importante para o avanço desta tecnologia.

OLIVEIRA (2019) ressalta que estudos iniciais sobre autocicatrização do concreto focaram mais na descoberta e identificação do fenômeno. As abordagens mais criteriosas sobre as metodologias e as técnicas de ensaio propostas para quantificar o potencial de cicatrização datam pouco mais de 5 anos.

BIANCHIN (2018) apresenta uma figura que destaca as formas de autocicatrização do concreto, como mostra a figura 01.



Fonte: (BIANCHIN, 2018).

A figura 01 aponta 4 mecanismos de autocicatrização naturais que são: (a) formação de carbonato de cálcio ou hidróxido de cálcio; (b) deposição de impurezas transportadas pela água ou de partículas despreendidas das paredes da fissura; (c) hidratação tardia de grãos anidros de cimento; (d) expansão da matriz de cimento

Estudo De Autocicatrização De Fissuras Em Concreto Com Fibras Metálicas Utilizando Aditivo Cristalizante

O primeiro mecanismo ocorre pela formação de carbonato de cálcio obstruindo as fissuras, reduzindo a permeabilidade, entretanto não ocorre recuperação das propriedades mecânicas do concreto.

O segundo mecanismo se dá por obstrução das fissuras devido ao acúmulo de partículas sólidas transportadas pela água que flui através dela ou oriundas do próprio local na superfície do concreto. Ocorre redução da permeabilidade, entretanto não ocorre recuperação das propriedades mecânicas do concreto.

O terceiro mecanismo se dá pela hidratação tardia de partículas de cimento anidro que não foram consumidas pela água de mistura do concreto. Ocorre formação de novos cristais hidratados de cimento devido a contato com umidade que penetra pela abertura de fissuras. Neste caso, além da redução da permeabilidade, também se dá a recuperação das propriedades mecânicas do concreto.

O quarto mecanismo ocorre em estruturas submetidas à exposição contínua à umidade, a redução de permeabilidade é devida à expansão da matriz de cimento, que devido à saturação tende a apresentar um aumento do volume.

3 METODOLOGIA.

Este item apresenta a metodologia utilizada na pesquisa, 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 UNIFE pelo citado autor. Também a dosagem do concreto foi a mesma definida por este autor.

Pode-se classificar a pesquisa como exploratória e descritiva, pois possui características de ambas durante seu processo de execução.

A pesquisa é exploratória porque visa um acesso mais próximo com o problema investigado, sendo fornecidas informações sobre a temática escolhida, aprofundando conceitos e gerando a construção de hipóteses. Sendo que há um planejamento inicial das ideias a serem estudadas, junto com pesquisas bibliográficas (MANUAL DE ORIENTAÇÕES METODOLÓGICAS UNIFE, 2021).

Estudo De Autocicatrização De Fissuras Em Concreto Com Fibras Metálicas Utilizando Aditivo Cristalizante

A pesquisa é descritiva, porque, visa a observação, registro e análise, sendo executado a descrição das características da população de amostra (nesse caso a descrição das características mecânicas dos corpos de provas). Sendo correlacionados as variáveis dos dados coletados e registrados.

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.

Para atingir estes objetivos serão realizados ensaios específicos tanto no estado fresco quanto no estado endurecido do concreto produzido, compreendendo ensaios de determinação da consistência do concreto, ensaios para determinar as propriedades mecânicas e ensaios para determinar sua porosidade.

Como desenvolvimento temporal da pesquisa estão programadas cinco etapas estabelecidas da seguinte forma:

- 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.

3.1 MATERIAIS UTILIZADOS

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

Estudo De Autocicatrização De Fissuras Em Concreto Com Fibras Metálicas Utilizando Aditivo Cristalizante

kg/m³. A escolha deste produto se dá por sua disponibilidade na região e também pelo seu recorrente uso na construção civil.

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). As fibras foram disponibilizadas pelo laboratório no Centro Universitário UNIFE.

3.2 PRODUÇÃO DO CONCRETO.

Destaca-se novamente que o traço do concreto utilizado nesta pesquisa foi o mesmo definido por (ALVES, 2021). Este autor definiu um traço pelo método da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), com adaptação do método ACI 211.1-81, ABCP/ACI, para uma resistência de dosagem de 25 MPA. O traço ficou definido com a seguinte proporção de materiais 1:2,4:3:0,5 com adição de 2% de fibras metálicas.

Estudo De Autocicatrização De Fissuras Em Concreto Com Fibras Metálicas Utilizando Aditivo
Cristalizante

Para produzir o concreto inicialmente foram pesados os materiais e colocados em uma betoneira na seguinte ordem: Brita: Aditivo cristalizante: 30% água: cimento: 30% água: areia: restante da água: fibras metálicas.

Após a produção do concreto foi realizado o ensaio de abatimento do concreto (SLUMP TEST) para determinar sua consistência. Para chegar ao slump definido em (ALVES, 2021) – 100mm - o concreto foi ajustado pela adição de água e cimento na proporção do traço. A figura 02 ilustra este procedimento.

Figura 02 – Ensaio de abatimento de tronco.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Na sequência foram moldados 28 corpos de prova em moldes cilíndricos com diâmetro 100mm e altura 200mm. O adensamento do concreto foi feito com haste metálica e procedimento determinados em NBR 5738 (1994). A figura 03 ilustra os corpos de prova já enformados.

Figura 03 – corpos de prova enformados.

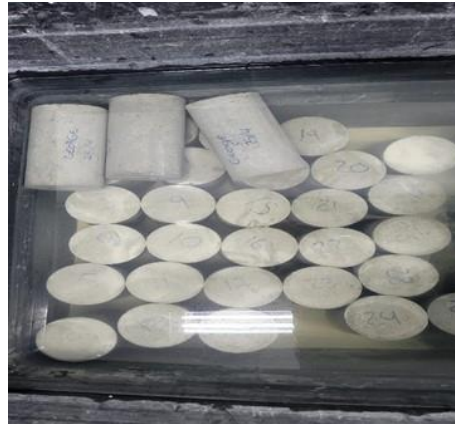


Fonte: elaborado pelos autores.

Estudo De Autocicatrização De Fissuras Em Concreto Com Fibras Metálicas Utilizando Aditivo
Cristalizante

Após 24 horas os corpos de prova foram desmoldados e colocados em água para realizar a cura por um tempo de 28 dias. A figura 04 mostra os corpos de prova em cura

Figura 04 – corpos de prova em cura.



Fonte: Elaborado pelos autores.

3.3 PRODUÇÃO DE FISSURAS.

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). A figura 05 ilustra o corpo de prova em ensaio de compressão.

Estudo De Autocicatrização De Fissuras Em Concreto Com Fibras Metálicas Utilizando Aditivo
Cristalizante

Figura 05 – ensaio de compressão.



Fonte: elaborado pelos autores.

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. a figura 06 ilustra este ensaio.

Figura 06 – Corpos de prova sendo fissurados.



Fonte: elaborado pelos autores.

Estudo De Autocicatrização De Fissuras Em Concreto Com Fibras Metálicas Utilizando Aditivo Cristalizante

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

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

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.

4.1 RESULTADOS DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL

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.

Estudo De Autocicatrização De Fissuras Em Concreto Com Fibras Metálicas Utilizando Aditivo
Cristalizante

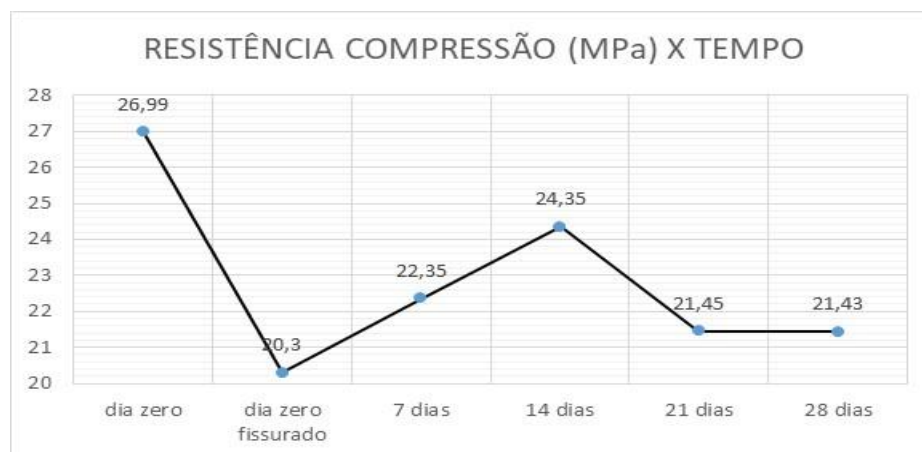
Tabela 01 – Resistência a compressão do concreto em MPa

Corpo de Prova	Intacto dia zero	Fissurado dia zero	Fissurado 7 dias	Fissurado 14 dias	Fissurado 21 dias	Fissurado 28 dias
CP1	25,55	20,5	21,8	25	20,4	20,5
CP2	27,12	19,4	22,9	23,7	22,5	22,1
CP3	27,91	21	--	--	--	21,7
CP4	25,89	--	--	--	--	--
CP5	26,33	--	--	--	--	--
CP6	29,22	--	--	--	--	--
Média	26,99	20,3	22,35	24,35	21,45	21,43

Fonte: Elaborado pelos autores

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

Gráfico 01: Evolução da compressão do concreto.



Fonte: Elaborado pelos autores

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,

Estudo De Autocicatrização De Fissuras Em Concreto Com Fibras Metálicas Utilizando Aditivo Cristalizante

- 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.

O cálculo de porosidade foi feito com a equação 1, a seguir,

$$p = (P_{\text{sat}} - P_{\text{seco}}) / V_{\text{total}} \quad \text{Eq. 1}$$

p : Porosidade

P_{sat} : Peso do corpo de prova saturado.

P_{seco} : Peso do corpo de prova seco em estufa por 24 h.

V_{total} : Volume do corpo de prova.

Estudo De Autocicatrização De Fissuras Em Concreto Com Fibras Metálicas Utilizando Aditivo
Cristalizante

A tabela 02, mostra estes resultados.

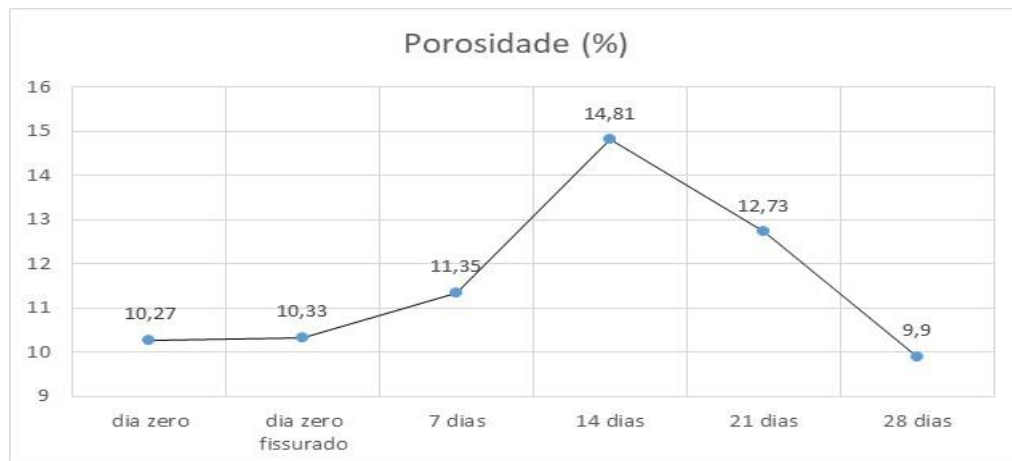
Tabela 02 – Porosidade do concreto em porcentagem

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



Fonte: elaborado pelos autores.

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%,

Estudo De Autocicatrização De Fissuras Em Concreto Com Fibras Metálicas Utilizando Aditivo Cristalizante

- 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.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os testes realizados em laboratório, puderam demonstrar a eficácia do aditivo cristalizante na autocicatrização, 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.

Estudo De Autocicatrização De Fissuras Em Concreto Com Fibras Metálicas Utilizando Aditivo
Cristalizante

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

6 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS. **NBR 15530**. Fibras de aço para concreto – Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS. **NBR 6207**. Aroles de aço – Ensaio de tração. Rio de Janeiro, 1982.

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 UNIFEBE.

BENTUR, Arnon; MENTE, Sidney. **Compósitos cimentícios reforçados com fibras**. CRC Press, 2006.

BIANCHIN, Felipe Hirata. **Avaliação da autocicatrização em concretos produzidos com aditivo cristalizante e fissurados nas primeiras Idades**. Porto Alegre. TCC, 2018.

BRASILEIRO, Ada Magaly Matias. **Manual de produção de textos acadêmicos e científicos**. São Paulo: Atlas, 2013.

FIGUEIREDO, Antonio Domingues de. **Concreto reforçado com fibras**. 2011. Tese de Doutorado. USP: Universidade de São Paulo.

Estudo De Autocicatrização De Fissuras Em Concreto Com Fibras Metálicas Utilizando Aditivo
Cristalizante

FIGUEIREDO, Antonio Domingues. **Concreto com fibras**. Instituto Brasileiro do Concreto. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Capítulo 37, 2005.

WIEGRINK, Karl; MARIKUNTE, Shashidhara; SHAH, Surendra P. **Fissuração por retração do concreto de alta resistência**. *Revista de Materiais*: v. 93, n. 5, pág. 409-415, 1996.

OLIVEIRA, Eduardo Peron de. **Análise de influência das fibras de aço na matriz do concreto**. 2021. TCC. Centro universitário UNIFEBE.

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

REPETTE W. L. **Concretos para fins especiais e de última geração**. In: *Concreto: Ciência e Tecnologia*. IBRACON, 2011. v1

SALOMOM, Delcio Vieira. **Como fazer uma monografia**. 12. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2010
TARGINO, M. G. Comunicação científica: uma revisão de seus elementos básicos. *Revista Informação & Sociedade: Estudos*, João Pessoa, v. 10, n. 2, p. 37-85, 2000.

SANTOS, Angela Sikorski et al. **Manual de orientações metodológicas**. 2021. Centro universitário de Brusque UNIFEBE.

TAKAGI, E. M. **Concretos autocicatrizantes com cimentos brasileiros de escória de alto-forno ativados por catalisador cristalino**. São José dos Campos: Instituto Tecnológico da Aeronáutica, São José dos Campos, 2013.