

Avaliação do fenômeno de autocicatrização em concretos com diferentes cimentos

Autora: Luciana Vanni Frantz

Bolsista de Iniciação Científica - NORIE UFRGS

Orientadora: Denise Carpena Coitinho Dal Molin

Colaboradoras:

Vanessa Giaretton Cappelleso e Natália dos Santos Petry

INTRODUÇÃO

A baixa resistência às solicitações de tração torna comum a ocorrência de fissuras em concretos, que comprometem a durabilidade, já que amplificam a incidência de agentes agressivos e antecipam os consequentes serviços de reparos da estrutura. Nesse âmbito, o desenvolvimento de propriedades autocicatrizantes representa uma economia com manutenções destas manifestações patológicas.

De acordo com a bibliografia, a capacidade autocurativa ocorre de maneira autóloga ou autônoma, com capacidade intrínseca e natural de autorreparar suas fissuras e com a adição externa de algum mecanismo de reparação, respectivamente. A autocicatrização autóloga, foco desta pesquisa, tem a eficácia limitada à pequenas fissuras (em torno de 0,15mm) e à presença de água, e ocorre principalmente devido à fatores químicos, que são:

- a lixiviação de hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), que resulta em carbonato de cálcio (CaCO_3) através da reação com o gás carbônico (CO_2);
- a contínua e tardia hidratação de materiais anidros, com formação de C-S-H.

Esse trabalho faz parte de uma pesquisa vinculada ao mestrado de Vanessa Giaretton Cappelleso, que estudou a influência do tipo de cimento na autocicatrização de fissuras em concreto, e ao doutorado de Natália dos Santos Petry, que tem avaliado diferentes ambientes de exposição para autocicatrização autóloga em concretos. Como se trata de uma análise pioneira e não existem normativas para os métodos utilizados em suas respectivas pesquisas, a metodologia será apresentada brevemente, pois alguns processos estão em fase de patente e não poderão ser divulgados de maneira detalhada.

OBJETIVO

Avaliar o fenômeno da autocicatrização autóloga em concretos dosados com diferentes cimentos.

METODOLOGIA

As variáveis da pesquisa (cimentos e idade de abertura de fissuras, mantendo-se fixa a relação água/cimento) estão discriminadas abaixo, bem como suas justificativas de escolha (Figura 1).

Figura 1: Fluxograma com as variáveis da pesquisa.



Para a análise da influência de cada variação citada, foram moldados corpos de prova prismáticos de duas dimensões: 69 ± 5 mm de arestas e 310 ± 1 mm de comprimento e 100 ± 1 mm de arestas e 50 ± 1 mm de largura, além dos corpos cilíndricos para o ensaio resistência à compressão (de acordo com a NBR 5739, ABNT 2007). Todas as amostras permaneceram em câmara úmida sob temperatura e umidade controladas até a idade de abertura das fissuras e, posteriormente foram submetidas a ciclos de secagem-molhagem, monitorando-se a ocorrência de autocicatrização ao longo do tempo. Esta ciclagem consta no processo de imersão em água por dois dias e de secagem por doze dias, escolhida por englobar os agentes principais dos processos químicos da autocicatrização autóloga: água e gás carbônico.

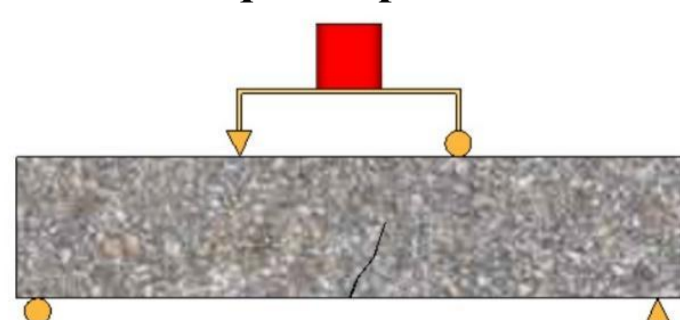
Foi realizado periodicamente o **ensaio de velocidade de propagação de ondas ultrassônicas** (de acordo com a NBR 8802, ABNT 2013), para determinar a continuidade do material e a recuperação da estanqueidade (Figura 2). E as amostras foram acompanhadas por meio de **microscopia óptica**, que permite uma visualização mais precisa e clara das fissuras e da deposição dos cristais de forma qualitativa. Estes ensaios não destrutivos foram realizados a cada ciclo, no último dia antes da imersão em água.

Figura 2: Aparelho para o ensaio de velocidade de propagação de ondas ultrassônicas.



Fonte: <http://www.directindustry.com/pt/prod/proceq/product-7242-589132.html>

Figura 3: Esquemática do ensaio de tração na flexão em quatro pontos.



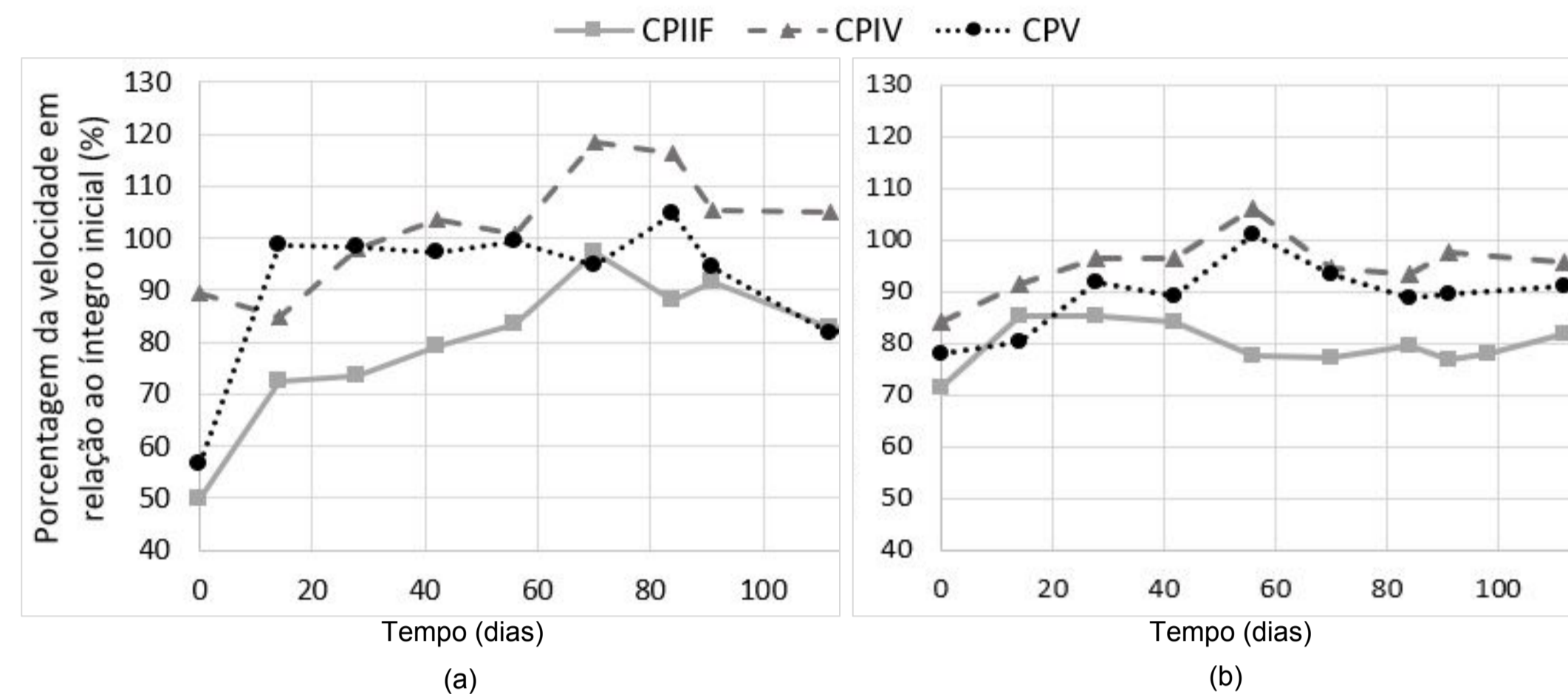
Fonte: CAPPELLESSO, 2018.

Os corpos de prova prismáticos com 69 ± 5 mm de arestas e 310 ± 1 mm de comprimento também foram avaliados quanto à capacidade de se autorreparar mecanicamente, sendo rompidos após 91 dias da abertura de fissuras, completando seis ciclos e utilizando nas duas datas o **ensaio de tração na flexão em quatro pontos** (de acordo com a NBR 12142, ABNT 2010), onde são aplicadas cargas nos terços médios para que a fissura ocorra na parte inferior da amostra (Figura 3).

RESULTADOS

Com as análises dos dados coletados com o aparelho de medição de velocidade de propagação de ondas ultrassônicas foram obtidos os seguintes resultados (Figura 4).

Figura 4: Porcentagem da velocidade em relação ao inteiro inicial ao longo do tempo para diferentes idades de abertura de fissuras (a) 3 dias; (b) 28 dias.



Fonte: CAPPELLESSO, 2018.

Como destaque observa-se que o cimento CPIV apresentou o melhor comportamento nesse ensaio em comparação aos demais cimentos, devido aos compostos pozolânicos reagirem e formarem C-S-H na matriz cimentícia, aumentando a velocidade da onda ultrassônica, visto que ela se propaga mais facilmente em meios mais densos. Já o cimento CPV apresenta um pico inicial de aumento de velocidade aos 3 dias, o que indica uma maior quantidade de grãos anidros de um cimento com característica de alta reatividade inicial, o que não se repete aos 28 dias já que a hidratação está praticamente completa.

Com as imagens obtidas pelo acompanhamento das fissuras por microscopia óptica, observam-se alterações que constam nas Figuras 5, 6 e 7.

Figura 5: Imagens de microscopia óptica do CPII-F, a/c 0,30, para 28 dias de idade de abertura de fissura (a) 0 dias; (b) 91 dias; (c) detalhe de fechamento com resolução 5x.

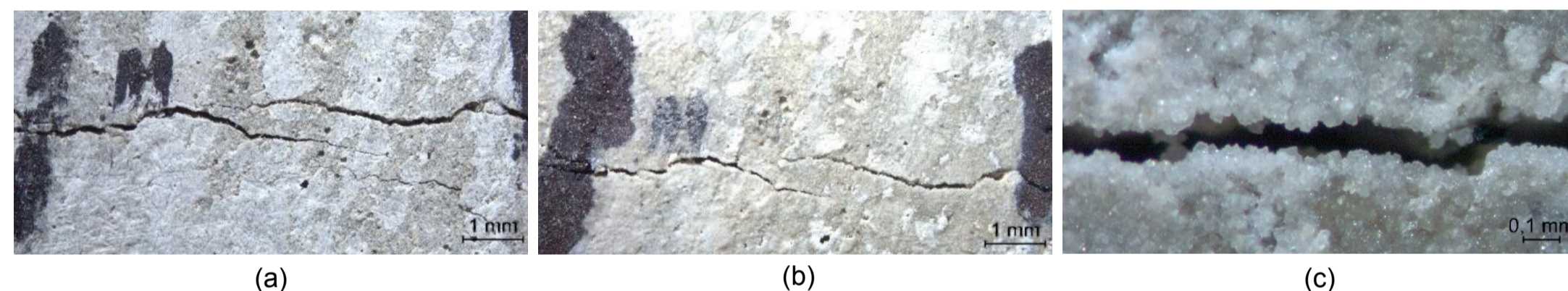


Figura 6: Imagens de microscopia óptica do CPV, a/c 0,30, para 28 dias de idade de abertura de fissura (a) 0 dias; (b) 91 dias; (c) detalhe de fechamento com resolução 3,2x.

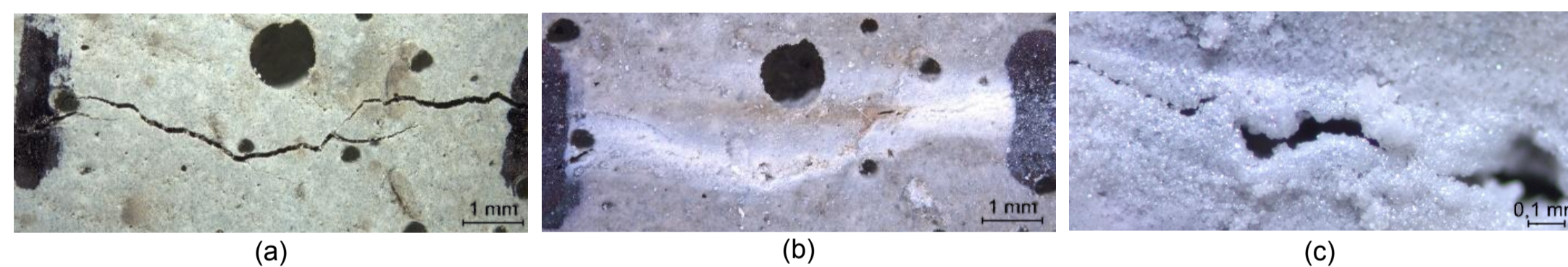
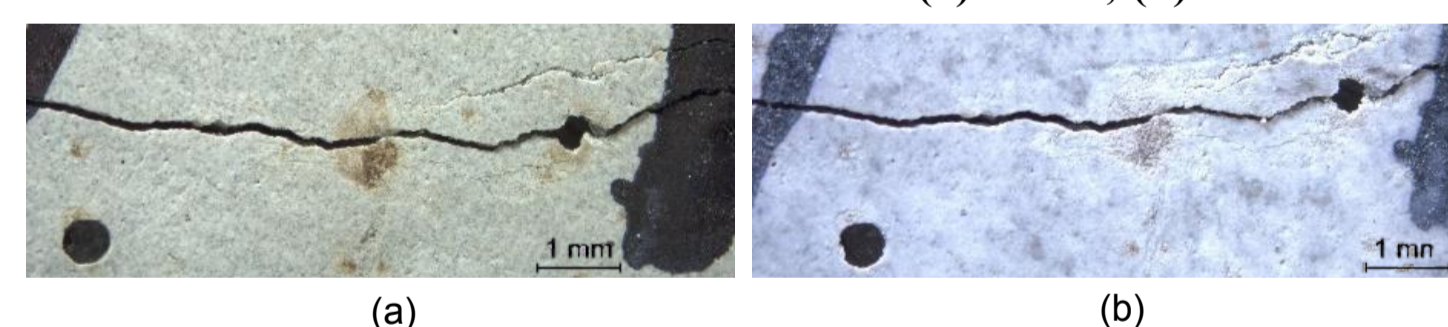


Figura 7: Imagens de microscopia óptica do CPIV, a/c 0,30, para 28 dias de idade de abertura de fissura (a) 0 dias; (b) 91 dias.



Fonte das imagens: CAPPELLESSO, 2018.

Nas imagens é possível observar o fechamento da fissura em alguns trechos para os cimentos CPII-F e CPV com a aglomeração dos produtos da possível precipitação do carbonato de cálcio (CaCO_3) próximo à abertura superficial. Já para o cimento CPIV não há a visualização de fechamento, pois o hidróxido de cálcio é consumido na reação pozolânica e não se deposita superficialmente.

O ensaio de tração na flexão se mostrou insatisfatório, devido aos resultados não apresentarem uma melhoria da capacidade de carga suportada, isso porque o concreto não resiste bem à tração e o tipo de ciclo ao qual as amostras foram expostas pode ter causado a hidrólise dos produtos constituintes do concreto com consequente redução na resistência.

CONCLUSÃO

O cimento CPIV tem maior grau de recuperação quando analisado pelo ensaio de velocidade de propagação de onda ultrassônica e não forma grãos visíveis para a análise por microscopia óptica, sendo possivelmente a formação de C-S-H o produto de fechamento. Já o CPII-F e o CPV autocicatrizam menos se analisados pelo ensaio de velocidade de propagação de onda ultrassônica, mas apresentam uma maior formação de precipitados de CaCO_3 que fecham a fissura superficialmente, sendo a lixiviação mais evidente para o CPV.

Além disso, o patamar inicial de comparação que é a espessura de fissura na idade de abertura não é o mesmo para os diferentes cimentos, não sendo possível comparar a autocicatrização a partir de um mesmo ponto. Portanto, não é possível afirmar qual o melhor cimento para o processo de autocicatrização.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAPPELLESSO, V. G. **Influência do tipo de cimento na autocicatrização de fissuras em concreto**. 2018. Dissertação (mestrado em engenharia) – Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Construção e Infraestrutura, UFRGS, Porto Alegre. Trabalho em fase de publicação.