INFLUÊNCIA DA MICROFISSURAÇÃO POR PRÉ CARREGAMENTO NAS PROPRIEDADES DE RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL

Ana Carolina Capato Oliveira [1]

Mateus Montandon Lima [2]

Andressa Trindade da Costa [3]

Agler Honorato Marques [4]

Simone Dornelles Venquiaruto [5]

Resumo:

O concreto é o material mais utilizado na construção civil brasileira, contudo demanda diversos ciclos para sua produção e cada ciclo demanda um certo período de tempo para ser executado, o que gera maior tempo de obra. Para se tornarem mais competitivas no mercado muitas empresas recorrem a retiradas antecipadas do escoramento, sendo a estrutura muitas vezes solicitada antes de atingir a resistência necessária. A combinação dos efeitos do carregamento prematuro com as deformações devido aos fenômenos inerentes ao concreto, como a retração por exemplo, gera micro danos na estrutura. Estes micro danos podem prejudicar a performance mecânica e reduzir a vida útil da estrutura. Entretanto alguns pesquisadores descobriram que o concreto possui um potencial de autocicatrização (self-healing), ou seja, após ser danificado o concreto sob certas condições se autorecupera preenchendo as microfissuras. O processo no qual o concreto se recupera apenas com materiais inertes no sistema é chamado de autógeno e seu estudo em concretos convencionais tem encontrado resultados animadores para a indústria. Os pesquisadores descobriram que apesar dessa solicitação prematura o concreto submetido a uma cura ideal e dosagens adequadas tem seus danos reduzidos devido ao fenômeno da autocicatrização. Nesse contexto nossa pesquisa buscou estudar o comportamento à tração do concreto após ser pré-carregado e submetido a diferentes tipos de cura. Sendo uma delas a submersa em câmara úmida, com controle de temperatura e umidade representando a situação mais ideal e a outra cura ao ar, ou seja, sujeita a intempéries, representando assim a situação em campo. Os resultados encontrados mostraram que o pré-carregamento não é tão prejudicial como se pensava, já que os valores de resistência à tração dos corpos de prova que foram submetidos ao carregamento prematuro ficaram bem próximos daqueles que utilizamos como referência e que não receberam uma pré-carga. Com base nos resultados pode-se afirmar que o concreto possui realmente um potencial de autorecuperação etambém que o processo de cura influencia diretamente no fenômeno da autocicatrização.

Palavras-chave: Concreto; Autocicatrização, Self-healing

Modalidade de Participação: Iniciação Científica

INFLUÊNCIA DA MICROFISSURAÇÃO POR PRÉ CARREGAMENTO NAS PROPRIEDADES DE RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL

[1] Aluno de graduação. anacarolinacapatooliveira@gmail.com. Autor principal

[2] Aluno de Graduação. mateusmontandon@gmail.com. Co-autor

[3] Aluno de graduação. dessa.tc@gmail.com. Co-autor

[4] Aluno de Gradução. aglerhonorato@gmail.com. Co-autor

[5] Docente. simonevenquiaruto@unipampa.edu.br. Orientador

INFLUÊNCIA DA MICROFISSURAÇÃO POR PRÉ CARREGAMENTO NAS PROPRIEDADES DE RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL

1 INTRODUÇÃO

No Brasil o concreto é o material mais utilizado na construção civil, porém demanda uma série de ciclos em sua execução que exigem um maior tempo de obra. Para que se torne mais atrativo aos investidores tem-se buscado alternativas de execução mais rápidas, um deles é a redução de ciclos (SALVADOR, 2007). As estruturas de concreto estão sujeitas a diferentes solicitações durante a sua vida útil, que podem provocar danos, como as microfissuras.

Os pesquisadores Baroguel-Bouny (2006), Rooij (2013) e Wittmann (2009) são enfáticos ao afirmar que as fissuras podem se tornar um caminho preferencial para entrada de agentes agressivos no concreto. Muitos autores como White (2001), Peter (2016) e Ramachandran e Ramakrishnan (2001), tem voltado as suas pesquisas para o tema de auto cura dos concretos (*self-healing*). A auto cura pode ser entendida como uma auto recuperação do concreto sob condições de degradação ou submetido a danos. De maneira geral, é qualquer processo do próprio material que colabore em sua recuperação após ser submetido a ações que reduzam seu desempenho (ROOIJ, 2013).

Os pesquisadores Vieira (2008) e Bernardino (2016), tem observado em seus trabalhos que o concreto, quando microfissurado nas primeiras idades, tem a propriedade de se autorregenerar, recuperando parcialmente as microfissuras causadas pelo pré-carregamento. Vieira (2008) estudou o efeito do carregamento precoce dos concretos nas primeiras idades e verificou o seu comportamento frente a algumas propriedades mecânicas (resistência à tração e compressão axial). Observou a melhora parcial de suas propriedades mecânicas em relação às amostras de referência. A autora atribui a melhora das propriedades mecânicas ao rearranjo da estrutura interna do concreto e com isso, sua recuperação.

O projeto em questão tem a finalidade de observar através de ensaios mecânicos, a interferência do pré-carregamento na resistência à tração por compressão diametral de concretos submetidos a diferentes tipos de cura. Espera-se verificar se existem diferenças notáveis entre as amostras que receberam pré-carregamento nas primeiras idades e as de referência, principalmente em relação ao tipo de cura a que foram submetidas (cura em câmara úmida e cura ao ar).

2 METODOLOGIA

O programa experimental foi desenvolvido no Laboratório de Materiais de Construção Civil do curso de Engenharia Civil, campus Alegrete/RS e foi dividido em quatro etapas distintas: caracterização dos materiais, produção dos concretos, pré-carregamento e ensaios de controle.

A caracterização dos materiais utilizados foram seguidas as seguintes normas: NM 248 (ABNT, 2003) para a composição granulométrica; NM 52 (AMN, 2009) para a massa unitária e específica dos materiais.

Para o desenvolvimento desse estudo foram confeccionados corpos de provas de dimensões 10x20cm com um traço de consumo intermediário (Tabela 1), utilizando o cimento CP IV 32 e uma relação agua cimento (a/c) de 0,50 (Tabela 1).

Tabela 1 – Traço de concreto

Traço Unitário	1:2,06:2,94
Consumo de Cimento kg/m³	376

Fonte: Própria, 2017.

Um dia após a realização da moldagem, os corpos de prova foram retirados das formas e identificados. Posteriormente, foram acondicionados em cura úmida (95% ±2 UR) por sete dias, simulando o período de cura usual em obra. Na idade de 7 dias, parte das amostras foram submetidas a um pré-carregamento de compressão com intensidade de 75% da força de ruptura à compressão (obtidas através da média de duas amostras ensaiadas até a ruptura). O pré-carregamento teve por objetivo provocar danos na microestrutura dos concretos (microfissuras). O restante das amostras permaneceu sem ser carregada, para servir como referência.

A Tabela 2 apresenta o quantitativo das amostras moldadas por ensaio de controle. As idades dos ensaios foram definidas em 7, 28 e 56 dias. Os corpos de prova destinados aos ensaios de resistência à compressão axial serviram para determinar a carga de compressão utilizada para provocar danos (microfissuras) em parte das amostras, como anteriormente citado.

Tabela 2: Quantitativo de amostras por tipo de ensaio e idade de controle.

Idades de Controle	**Tração por Compressão Diametral**		**Compressão Axial**	
	Referência	**Pré-Carregado**	**Referência**	**Pré-Carregado**
7	2	4	2	-
28	2	4	-	-
56	2	4	-	-

Fonte: Própria, 2017.

Após o processo de pré-carregamento, metade das amostras de referência e metade pré-carregadas foram submetidas a um tipo de cura e outra metade submetida à outra cura. Sendo uma das curas controlada em câmara úmida (95% ±2 UR) com os corpos de prova submersos (CS) enquanto a outra metade dos corpos de prova foram expostos ao ar (CA), estando sujeitos às intempéries. Os concretos permaneceram em cura até as idades dos ensaios de controle, aos 28 e 56 dias.

Para a realização dos ensaios de ruptura à tração por compressão diametral foram seguidas as diretrizes descritas na NBR 7222 (ABNT, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o cálculo da carga de pré-carregamento foram rompidos dois corpos de prova à compressão, para que fosse feita a média dos dois valores e adotado 75% deste valor como carga de pré-carregamento, porém uma das amostras apresentou uma força de ruptura abaixo do esperado, sendo descartada. Os valores das forças são mostrados na Tabela 3.

Tabela 3 – Carga de pré-carregamento

Corpo de Prova	1	2
Ruptura	75 kN (desconsiderada)	130,31 kN
Carga de pré carregamento	97,73 kN	

Fonte: Própria, 2017.

Na Tabela 4 são mostrados os resultados dos ensaios à tração por compressão diametral, utilizando a Equação 1 para transformação da carga de compressão em tensão de resistência à tração, de acordo com a ABNT NBR 7222:2011.

$$f_{ct,sp} = \frac{2.F}{\pi.d.l} \quad (1)$$

Onde:

$f_{ct,sp}$: resistência à tração por compressão diametral (MPa);

F: força máxima obtida no ensaio (N);

d: diâmetro do corpo de prova (mm);

l: comprimento do corpo de prova (mm);

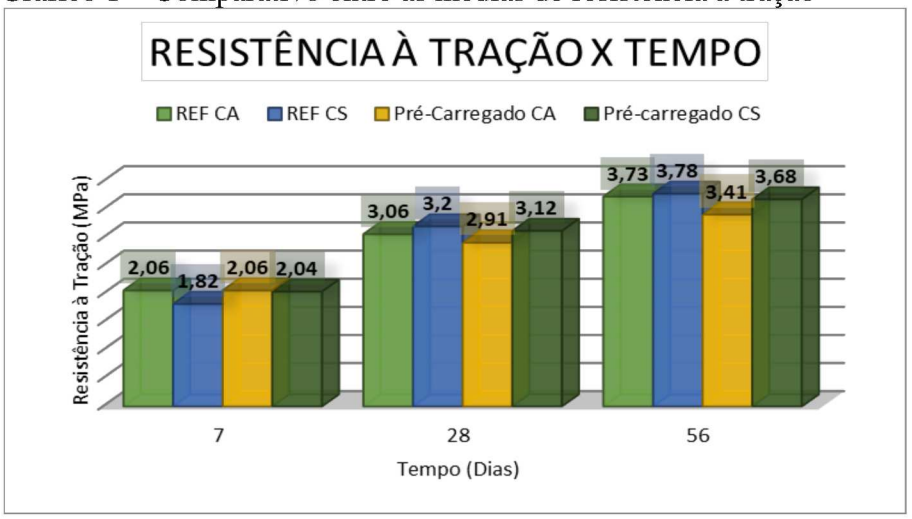
Tabela 4 – Resistência à tração

IDADE AOS 7 DIAS								
CPS	**REF CA**		**REF CS**		**Pré carregado CA**		**Pré carregado CS**	
FORÇA (kN)	64,70		57,05		63,70	65,64	63,41	64,54
RESISTÊNCIA (MPa)	2,06		1,82		2,03	2,09	2,02	2,05
MÉDIA (MPa)	2,06		1,82		2,06		2,04	
IDADE AOS 28 DIAS								
CPS	**REF CA**		**REF CS**		**Pré carregado CA**		**Pré carregado CS**	
FORÇA (kN)	102,96	89,51	105,26	95,53	92,77	90,17	98,88	97,22
RESISTÊNCIA (MPa)	3,28	2,85	3,35	3,04	2,95	2,87	3,15	3,09
MÉDIA (MPa)	3,06		3,20		2,91		3,12	
IDADE AOS 56 DIAS								
CPS	**REF CA**		**REF CS**		**Pré carregado CA**		**Pré carregado CS**	
FORÇA (kN)	109,72	124,78	104,46	133,15	118,90	95,29	97,34	133,57
RESISTÊNCIA (MPa)	3,49	3,97	3,33	4,24	3,78	3,03	3,10	4,25
MÉDIA (MPa)	3,73		3,78		3,41		3,68	

Fonte: Própria, 2017.

No Gráfico 1 é mostrado uma comparação dos valores das médias de resistência à tração da Tabela 4.

Gráfico 1 – Comparativo entre as médias de resistência à tração



Fonte: Própria, 2017.

De acordo com Vieira (2008) quando os corpos de prova ficam submetidos a ambientes úmidos a água percola, hidratando compostos ainda não hidratados, provocando um aumento de resistência. Para evidenciar este fenômeno, a Tabela 5 compara a resistência entre os diferentes tipos de cura, sendo o valor de 100% referente à resistência à cura submersa.

Tabela 5 – Comparativo resistência à tração entre os tipos de cura

Corpos de Prova	28 DIAS	56 DIAS
Referência	95,86%	98,69%
Pré Carregados	93,29%	92,76%

Fonte: Própria, 2017.

Vieira (2008) diz que para a resistência à tração é evidente que a recuperação das microfissuras não ocorre totalmente, e, ao contrário do caso de compressão, o pré-carregamento não implica em aumento de resistência. Esse comportamento foi verificado nos resultados da Tabela 6, onde o valor de 100% corresponde à resistência das amostras de referência, sendo possível verificar que apesar das amostras pré-carregadas terem obtido uma resistência próxima a de referência, só ocorreu ganho superior em um dos ensaios.

Tabela 6 – Comparativo resistência à tração diametral entre os corpos de prova de referência e os pré-carregados

	Idade		
Tipo de Cura	**7 dias**	**28 dias**	**56 dias**
Cura ao Ar	99,95%	95,05%	91,34%
Cura Submersa	112,14%	97,66%	97,18%

Fonte: Própria, 2017.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisando os resultados conclui-se que a cura influência diretamente na resistência final do concreto, sendo a cura submersa a mais eficiente, pois garante uma fonte de hidratação contínua para o cimento ainda não hidratado, sendo a água transportada através das microfissuras.

Também foi possível notar que mesmo sendo microfissuradas, as amostras pré-carregadas atingiram resistências próximas as de referência nas idades de controle, comprovando a propriedade de auto recuperação do concreto sob condições de dosagem e cura ideal.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7.222**: Concreto e argamassa** – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2011.

_____.NBR NM 248: **Agregados** - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003. 6 p.

_____. NBR NM 52: **Agregado miúdo** — Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009. 6 p.

BAROGUEL-BOUNY, V. et al. Autogenous deformations of cement pastes Part. II. W/C effects, micro-macro correlations, and threshold values. **Cement and Concrete Research**, Oxford. v. 36, p. 123 -136, 2006.

BERNARDINO, L. M. **Influência do carregamento precoce na retração por secagem do concreto.** 2016. 298 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2016.

PETER, N. et al. Silica-based self-healing microcapsules for self-repair in concrete. **Journal of Applied Polymer Science**.v. 43090, n. 10, p. 1–12, 2016.

RAMACHANDRAN, S.K., RAMAKRISHNAN, V., BANG, S.S. **Remediation of concrete using microorganisms**, ACI Mater. J., v.98, n.1, 2001.

ROOJI, M. R. et al. Self-Healing Phenomena. In: **RILEM Technical Committee** 221-SHC, [S.1] Springer, 266 p., 2013.

SALVADOR, P. F. **Influência dos ciclos de execução nas deformações das estruturas de concreto armado de edifícios de andares múltiplos.** 2007. 141 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

VIEIRA, G. L. **Influência da microfissuração causada por carregamento precoce nas propriedades mecânicas de concretos produzidos com diferentes tipos de cimento.** 2008. 189 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

WHITE, S.R. et al. **Autonomic healing of polymer composites**. Nature. p. 409-794, 2001.

WITTMANN, F.H. On the action of capillary pressure in fresh concrete. **Cement and Concrete Research**, Oxford. v.6, p. 49–76, 1976.