

ABSORÇÃO POR CAPILARIDADE EM CONCRETO PRODUZIDO COM ADIÇÃO DE SÍLICA ATIVA

FLÁVIA FAVACHO ARRUDA¹; DIONE LUIZA DA SILVA^{2*}; ADEGILSON JOSÉ BENTO³; JULIANA MARIA MCCARTNEY DA FONSECA

¹Eng. Civil, UPE, Recife-PE, flavia.arruda2@gmail.com;

²MSc. em Engenharia Civil, UPE, Recife-PE, dione_luiza@hotmail.com;

³Graduando em Engenharia Civil, UPE, Recife-PE, adegilsonjose19@gmail.com;

⁴Eng. Civil, UPE, Recife-PE, mccartney.juliana@gmail.com.

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2018
21 a 24 de agosto de 2018 – Maceió-AL, Brasil

RESUMO: A sílica ativa é um subproduto da fabricação do silício, constituída por partículas muito finas. O concreto produzido foi avaliado quanto a absorção capilar na idade de 28 dias. Para essa avaliação, foi utilizado o cimento Portland CII-Z 32. As porcentagens de sílica ativa utilizadas como aditivo no concreto foram de 5%, 8% e 10%. Para cada porcentagem de sílica ativa utilizada, foram moldados 3 corpos de prova para análise da absorção por capilaridade do concreto. Também foram produzidos 3 corpos de prova padrão, ou seja, sem adição de sílica ativa. Aos 28 dias de cura do concreto, foi realizado o ensaio de absorção por capilaridade, com base na norma NBR 9779 (ABNT, 2002). Observou-se que o uso de sílica ativa melhorou as propriedades do concreto, preenchendo os vazios dos grãos de cimento e permitindo que os espaços entre as partículas maiores fossem preenchidos por partículas imediatamente menores. Com isso, houve uma redução da porosidade do concreto e observou-se uma diminuição na absorção de água por capilaridade. Com a adição de 10% de sílica ativa, foram obtidos resultados mais relevantes, pois houve uma maior redução na absorção de água. As conclusões desse trabalho contribuem para possibilitar o aumento da durabilidade de estruturas de concreto, devido a diminuição da absorção capilar, a qual é um dos fatores que favorecem a entrada de substâncias agressivas para o interior do concreto e que acabam diminuindo a vida útil das estruturas.

PALAVRAS-CHAVE: Sílica ativa. Absorção capilar. Pozolanas. Finura. Durabilidade.

ABSORPTION BY CAPILLARITY IN CONCRETE PRODUCED WITH ADDITION OF ACTIVE SILICA

ABSTRACT: Active silica is a by-product of silicon manufacture, made up of very fine particles. The concrete produced was evaluated for capillary absorption at the age of 28 days. For this evaluation, the CII-Z 32 Portland cement was used. The percentage of active silica used as an additive in concrete was 5%, 8% and 10%. For each percentage of active silica used, 3 specimens were molded to analyze the capillary absorption of the concrete. Also, 3 standard specimens were produced, that is, without the addition of active silica. At 28 days of curing of the concrete, the capillary absorption test was carried out, based on the norm NBR 9779 (ABNT, 2002). It was observed that the use of active silica improved the properties of the concrete by filling the voids of the cement grains and allowing the spaces between the larger particles to be filled by immediately smaller particles. Thus, there was a reduction of the porosity of the concrete and a decrease in the water absorption by capillarity was observed. With the addition of 10% active silica, more relevant results were obtained, as there was a greater reduction in the water absorption. The conclusions of this work contribute to increase the durability of concrete structures due to the decrease of the capillary absorption, which is one of the factors that favor the entry of aggressive substances into the concrete and that end up shortening the useful life of the structures.

KEYWORDS: Active silica. Capillary absorption. Pozolanas. Fineness. Durability.

INTRODUÇÃO

O meio mais frequente de agentes agressivos entrarem em contato com o concreto é através dos poros, que possuem como vetor a água através do mecanismo de absorção capilar (HELENE, 1993). A utilização de adições minerais no concreto diminui bastante a porosidade e, também, a sua absorção capilar de água. Estudos realizados em concretos com adição de sílica ativa tiveram como resultado que a absorção capilar em um concreto com 8% de sílica ativa é aproximadamente metade comparado à um concreto sem adição (LOPES et al., 1999). A cura do concreto influencia sua porosidade e como consequência, em sua absorção de água.

A sílica ativa se caracteriza como um tipo de pozolana que pode melhorar bastante as propriedades do concreto, uma vez que as pozolanas possuem efeito microfiller e efeito pozolânico. O efeito microfiller ocorre devido às partículas de sílica possuírem diâmetros bem menores que os grãos de cimento, o que possibilita melhor preenchimento entre os grãos e diminui o espaço disponível para a água. O efeito pozolânico se deve à composição das partículas de sílica ativa, pois estas são compostas por dióxido de silício, o qual possui área superficial elevada e reage rapidamente com o hidróxido de cálcio. Assim, os produtos dessa reação parecem bastante com os produtos resultantes da hidratação do cimento. (NITA; JOHN, 2007).

A utilização de adições pozolânicas como a sílica ativa, por serem partículas bem menores que os grãos do cimento, contribuem para o preenchimento dos vazios entre as partículas de cimento e com isso, ocorre uma redução da porosidade do concreto. Consequentemente, ocorre uma diminuição da absorção de água pela estrutura de concreto e ocorre também a redução da probabilidade de ocorrência de manifestações patológicas, pois haverá uma menor entrada de água e substâncias agressivas em seu interior. O estudo terá como contribuição a análise do comportamento do concreto com a adição da sílica ativa, visando a utilização de resíduo industrial para a melhoria das propriedades do concreto.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada na Cidade do Recife-PE, no laboratório de materiais de construção civil da Universidade de Pernambuco e em um laboratório de tecnologia de concreto, em Recife. Para atingir os objetivos propostos, os ensaios e procedimentos foram executados de acordo com as diretrizes das seguintes normas regulamentadoras:

- Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. NBR 5738 (ABNT, 2015)
- Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone NBR 67 (ABNT NM, 1998)
- Absorção de água por capilaridade NBR 9779 (ABNT, 2012)
- Resistência à tração à compressão diametral NBR 7222 (ABNT, 2011)

Utilizou-se um cimento Portland, CII Z - 32, em conformidade com a NBR 11578 (ABNT, 1991). Foi utilizado o cimento CP II Z - 32 por ele conter em sua composição adição de material pozolânico que varia de 6% a 14% em massa, o que confere ao cimento menor permeabilidade. Foi escolhido esse tipo de cimento porque o objetivo do estudo foi de avaliar a permeabilidade do concreto produzido com adição pozolânica de sílica ativa, e esse cimento já contém em sua composição material pozolânico podendo assim, contribuir para o resultado de menor absorção de água por capilaridade.

Utilizou-se sílica ativa industrializada, adquirida de fabricante nacional, do tipo não densificada, pronta para uso. No Quadro 1, é são apresentadas as composições da sílica ativa utilizadas conforme informação do fabricante.

Quadro 1- Composições da sílica ativa utilizada

Módulo de finura	~19.000 m ² /kg
Diâmetro médio	0,2 µm
Massa específica	2.220 kg/m ³
Teor de SiO ₂	>90%
Formato da Partícula	Esférica
Superfície específica (B.T.E.)	~19.000 m ² /kg

Fonte: Fabricante

Como agregado miúdo utilizou-se areia natural. Esta areia foi comprada ensacada e seca e peneirada na peneira # 6,3mm. A distribuição de tamanho de grãos enquadrou-se dentro dos limites compostos pela NBR 7211 (ABNT, 2009). Foi empregado ainda, como agregado graúdo, pedra britada

de rocha basáltica, oriunda de jazida da região, com partículas na maioria de forma equidimensional e diâmetro máximo de 19 mm. A brita foi armazenada em sacos para posterior uso.

No Quadro 2, são apresentadas as quantidades de materiais utilizados em cada traço. O traço utilizado foi 1:2:3 A alta relação água cimento foi um modo a garantir a trabalhabilidade do concreto durante o ensaio, pois nota-se que com a adição de sílica ativa tem-se um consumo maior de água devido a suas partículas serem finas, tendo, portanto, uma área superficial elevada.

Quadro 2 – Traço utilizado

Traço utilizado	
Material	Quantidade
Areia	5 kg
Brita	10 kg
Água	15 kg
Sílica ativa 5%	250 kg
Sílica ativa 8%	400 kg
Sílica ativa 10%	500 kg
Relação água Cimento	0,63

Foram moldados 3 corpos de prova sem adição de sílica ativa, estes foram utilizados como referência no ensaio. Em seguida foram moldados 3 corpos de prova de cada teor de adição, ou seja, 5, 8 e 10%. Esses teores foram escolhidos com base em trabalhos anteriores que apresentaram resultados satisfatórios. A consistência do concreto foi determinada através do ensaio de abatimento do tronco de cone, conforme especificado na norma NBR 67 (ABNT NM, 1998). Este ensaio consiste na determinação do assentamento do concreto adensado dentro de uma fôrma em formato de tronco de cone.

Logo após a moldagem, os corpos de prova permaneceram no molde por 24 horas. Após esse período, foram desmoldados e levados para um recipiente com solução saturada de cálcio em temperatura ambiente por um período de 28 dias para a cura do concreto.

Após o período de 28 dias, os corpos de prova foram retirados da água saturada com cálcio e foram determinadas suas massas. Em seguida, os corpos de prova foram levados diretamente para a estufa com temperatura de (105 ± 5) °C até constância de massa, ou seja, quando a diferença entre duas pesagens consecutivas do mesmo corpo de prova, entre períodos de 24h de permanência na estufa, não exceder 0,5% do valor obtido. Após isso, os corpos de prova foram resfriados a uma temperatura de (23 ± 2) °C e foram determinadas suas massas.

Para a realização do ensaio de absorção de água por capilaridade, logo após a última pesagem dos corpos de prova estes eram imersos parcialmente em água. O recipiente do ensaio era aberto e durante o ensaio, foi coberto com lona para evitar a evaporação da água. Foi colocado um suporte no fundo do recipiente de modo os corpos de prova ficassem afastados do fundo e o nível de água permanecesse constante a (5 ± 1) mm acima de face inferior do corpo de prova, evitando a molhagem de outras superfícies. O recipiente foi posicionado em temperatura ambiente.

Durante o ensaio, foi determinada a massa dos corpos de prova com 3h, 6h, 24h, 48h e 72h, contadas a partir da colocação destes em contato com a água. Os corpos de prova eram previamente enxugados com pano úmido antes da pesagem. Completada cada etapa, os corpos de prova retornavam imediatamente ao recipiente de ensaio.

Após a última pesagem, os corpos de prova foram rompidos por compressão diametral, conforme Resistência à tração à compressão diametral NBR 7222 (ABNT, 2011), de modo a permitir a anotação da distribuição de água em seu interior.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

No Quadro 3, encontram-se os resultados dos valores máximos do ensaio de absorção de água por capilaridade das amostras analisadas. Também são expostos os resultados da altura máxima (h) que a água atingiu no interior do corpo de prova.

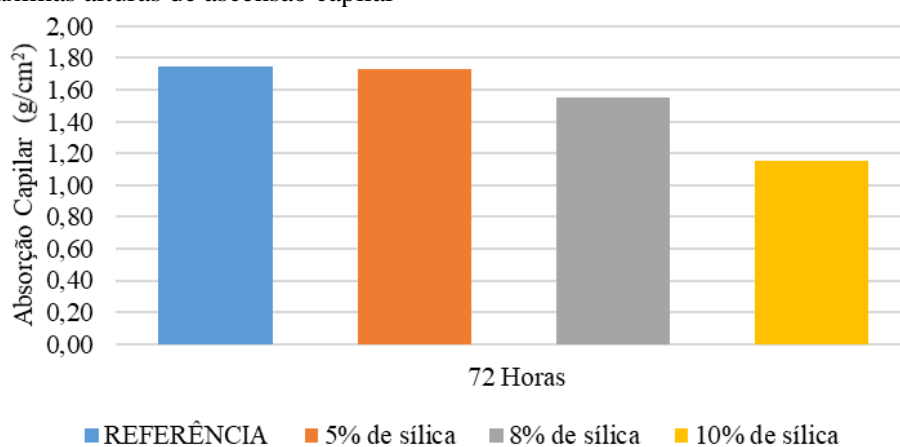
Quadro 3 – Resultados de absorção capilar

Maiores valores de absorção de água por capilaridade (g/cm ²)						
TIPO	3h	6h	24h	48h	72h	h (cm)
REFERÊNCIA	0,447	0,565	2,296	1,810	1,758	12,51
5% de sílica	0,591	0,741	1,311	1,707	1,730	13,30
8% de sílica	0,481	0,607	1,075	1,467	1,552	14,46
10% de sílica	0,535	0,624	0,903	1,096	1,132	15,42

Analisando o Quadro 3, e verificando a máxima absorção entre as 3 amostras de cada teor de sílica aos 28 dias de cura, notou-se que quando o concreto recebe uma adição de sílica ativa, ele reduz a absorção capilar. Também se nota que quanto maior a porcentagem de adição de sílica ativa, menor é a absorção capilar.

Na Figura 1, são apresentadas as máximas alturas obtidas de ascensão capilar para cada teor de sílica utilizado.

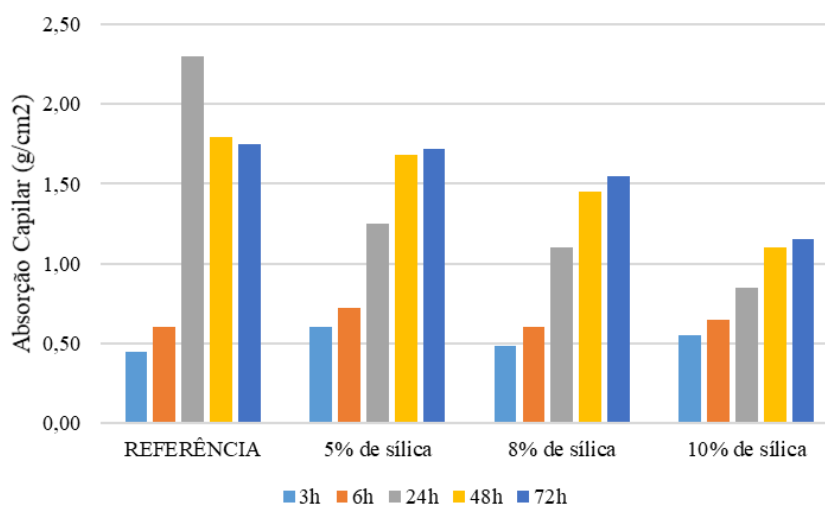
Figura 1- Máximas alturas de ascensão capilar



Analisando as alturas máximas de ascensão capilar no Figura 1, verifica-se que conforme aumentamos a quantidade de adição em sílica ativa, maior é a altura de ascensão capilar. Como a sílica ativa refina os poros, existe um maior acréscimo em tensões capilares, fazendo com que haja maiores valores de ascensão capilar.

Na Figura 2, são mostrados os valores máximos de absorção capilar de acordo com a quantidade de sílica ativa e o tempo de imersão.

Figura 2 – Valores de absorção capilar com adições de diferentes valores de Sílica

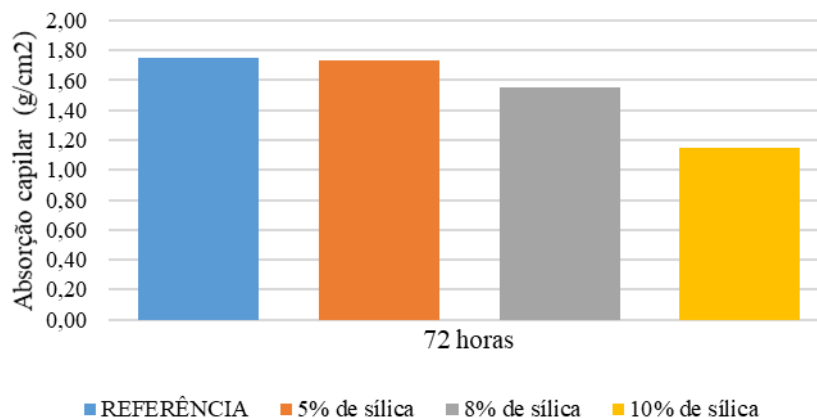


A Figura 2 apresenta a taxa de absorção capilar em função do tempo medidos respectivamente

com 3 horas, 6 horas, 24 horas, 48 horas e 72 horas. É interessante perceber que os valores medidos com 3 horas e 6 horas são parecidos nas amostras. Já quando analisamos nos intervalos de 24h começamos a perceber uma queda mais brusca na absorção do concreto conforme aumenta-se a quantidade de adição em sílica ativa.

Na Figura 3, apresenta-se o gráfico referente aos valores máximos de absorção capilar ao final do ensaio, com 72 horas de aplicação do corpo de prova em água.

Figura 3 – Valores máximos de absorção capilar ao final do ensaio, com 72 horas de imersão em água



De acordo com a Figura 3, nota-se a diferença entre a absorção de água por capilaridade entre o concreto de referência e o concreto com aditivos. O concreto referência e o concreto com 5% de adição, possuem resultados bem parecidos ao final de 72 horas de ensaio. Já o concreto com aditivo de 10% de sílica ativa, mostra um resultado bem melhor com relação à absorção de água por capilaridade, ou seja, absorve uma menor quantidade de água em relação aos demais.

CONCLUSÃO

Os ensaios de absorção por capilaridade mostraram que houve diminuição na absorção de água por capilaridade em concretos com aditivo da sílica ativa. Em todos os corpos prova, foi percebido que as primeiras 3 e 6 horas de imersão em água tiveram resultados bem parecidos. A partir de 24 horas, percebe-se um aumento na absorção capilar e de acordo com os maiores teores de sílica, notou-se menores valores de absorção.

As adições de sílica ativa proporcionaram uma redução na absorção de água por capilaridade, com relação ao corpo de prova de referência sem adição. Isso se deve ao efeito de diminuição da porosidade do concreto com adição de sílica ativa e ao efeito pozolânico de suas partículas.

O ensaio mostrou que houve redução na absorção de água em concretos com adição de sílica ativa e essa redução ficou mais evidente com a adição de 10%. A trabalhabilidade do concreto foi reduzida devido às partículas de sílica possuírem alta área superficial e acabarem consumindo maior quantidade de água, por isso foi necessário aumentar a relação água/cimento. Esse estudo contribuiu de forma positiva para a engenharia pois o uso da sílica ativa melhorou as propriedades do concreto e preencheu os vazios entre os grãos de cimento. Com isso, foi reduzida a porosidade e permeabilidade do concreto o que contribuirá para o aumento da vida útil das estruturas devido à diminuição da entrada de água e substâncias agressivas.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738: Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.
- _____. NBR NM 67:1998 – Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.
- _____. NBR 9779 – Absorção de água por capilaridade. Rio de Janeiro, 2012.
- _____. NBR 7222 – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2011.
- _____. NBR 11578 – Cimento Portland composto. Rio de Janeiro, 1991.

- _____. NBR 7211 – Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro, 2009.
- BARBOSA, C.; BARDELLA, S.; CAMARINI, G. Avaliação da Carbonatação Natural em Concretos Produzidos com e sem sílica ativa submetidos a diferentes procedimentos de cura. 47º Congresso Brasileiro do Concreto. Anais. IBRACON, 2005.
- EMMONS, Peter H. Concrete Repair and Maintenance. Kingston: R. S. Means Company, 1993. 295 p. ISBN 0- 87629- 286- 4
- HELENE, P. Contribuição ao Estudo da Corrosão em Armaduras de Concreto Armado. 1993. 248 f. Tese de Livre Docência – Universidade de São Paulo
- ISAIA, C. Carbonatação do concreto: uma revisão. Workshop sobre corrosão da armadura do concreto – Colloquia 99, São José dos Campos. Anais.1999.
- KIRCHHEIM, P. Concreto de cimento Portland branco estrutural: avaliação da carbonatação e absorção capilar. 2003, 167p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul Porto Alegre, 2003.
- LOPES, M.; SILVA, F.; NEPOMUCENO, A. Avaliação da durabilidade de concretos com e sem adição de sílica ativa para resistências entre 50 e 60 MPa. CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 41. São Paulo, 1999. Anais. São Paulo: IBRACON, 1999.
- MARQUES, P. Análise Comparativa da Absorção por capilaridade de um concreto com adição de Metacaulim e Sílica Ativa. Monografia - UNICAP – Universidade Católica de Pernambuco, 2015
- MENDES, S. Estudo experimental de concreto de alto desempenho utilizando agregados graúdos disponíveis na região metropolitana de Curitiba. Dissertação de Mestrado – ST/PPGCC, Universidade Federal do Paraná, 2002.
- MOTTA E AGUILAR. Sustentabilidade e processos de projetos de edificações. Gestão & Tecnologia de Projetos, v. 4, n. 1, p. 88-123, 2009.
- MEHTA, P. K. MONTEIRO J. M. Concreto: Microestrutura, propriedades e materiais. 3ªEdição. São Paulo: Instituto Brasileiro do Concreto, 2008. 674p.
- AÏTCIN ,P. C. Concreto de alto desempenho. São Paulo: Editora PINI, 2000.
- NITA, C; JOHN, V. Materiais pozolânicos: o metacaulim e a sílica ativa. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. São Paulo, 2007.