

AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DE CONCRETO AUTO ADENSAVEL POR ESPECTROSCOPIA DE IMPEDÂNCIA ELETROQUÍMICA

ALINE TABARELLI¹; ESTELA O. GARCEZ²; CÉSAR A. O. AVELLANEDA³

¹Universidade Federal de Pelotas – tabarellialine@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – estelagarcez@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas– cesaravellaneda@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

No cenário atual na construção civil, a questão da sustentabilidade está muito presente. A escassez de recursos naturais e as mudanças climáticas exigem sustentabilidade e com responsabilidade social (NASCIMENTO, 2016).

Saleh e Alalouch (2015) afirmam que a expansão da consciência do desenvolvimento sustentável está surgindo algumas ações proativas dos órgãos governamentais e profissionais nas tentativas de introduzir o conceito de sustentabilidade para a indústria. Mas a falta de provas nos processos sugere que estes valores ainda são muito inferiores na indústria da construção. O concreto é o material construtivo de mais utilização em todo o mundo, destacando pelo seu ótimo desempenho mecânico e sua facilidade de execução. Ele apresenta alta complexidade e heterogeneidade microestrutural devido, entre outros fatores, a ser formado por componentes de diferentes granulometrias e composições químicas. Sua microestrutura compreende então os poros, vazios capilares e cristais presentes na pasta, nos agregados e na zona de transição da interface (BRAGANÇA, 2014). Entretanto, existe certa deficiência principalmente no que tange a durabilidade de estruturas em concreto armado (PORTO, 2015). O Concreto Auto Adensável (CAA) não é utilizado rotinamente em países de clima quente, foi desenvolvido no hemisfério norte no final do século XX, mas representa uma grande viabilidade técnica e econômica em regiões em que o clima com temperatura mais elevada possui um meio mais desfavorável à durabilidade (CALADO, 2015).

As propriedades e comportamentos do material vêm sendo estudados na busca de aplicações dos mesmos e, quando aplicada corretamente, a técnica proporciona excelentes resultados e novas oportunidades (HEMALATHA *et al*, 2015; GÜNEYISI *et al*, 2015; FERREIRA *et al*, 2016). A auto compactação do CAA, que ocorre em função das suas propriedades de fluidez, não requer energia externa para a sua compactação. Estudos apontam que o uso do CAA permite uma execução até 73% mais rápida que a execução em concreto convencional, mas a barreira econômica ainda é significativa na sua ampla adoção (RICH *et al*, 2015). A normalização Brasileira de Concreto Auto Adensável é dada pela NBR 15823 (ABNT, 2010) e classifica o CAA no estado fresco em função de sua auto adensabilidade, e estabelece diretrizes para a realização do controle por ensaios e para a aceitação do CAA no estado fresco. Estudos compararam os resultados de ensaios realizados no estado fresco (seguindo a ABNT NBR 15823:2010) e realizados no estado endurecido (VALCUENDE, 2015) demonstram a importância do estudo do material, suas características tanto no estado fluido, como endurecido, composição granulométrica, características mecânica, fluência, módulo de elasticidade, retração, permeabilidade, porosidade e a influência das condições do ambiente e idade de carregamento. Deste modo, ensaios realizados no estado fresco e endurecido permitem a definição das propriedades físicas e mecânica e a durabilidade do material.

Entre as técnicas mais utilizadas para a avaliação e estudo da corrosão (durabilidade) em concreto estão as técnicas eletroquímicas, entre elas a espectroscopia de Impedância Eletroquímica (EIE) (RIBEIRO et al, 2015).

A espectroscopia de impedância eletroquímica (EIS) consiste na análise da resposta de um determinado material diante da aplicação de um sinal de corrente alternada (AC), para uma varredura de frequências e os resultados obtidos pela técnica podem ser analisados matematicamente, possibilitando a estimativa dos principais parâmetros físico-químicos do material (BONDARENKO, 2012).

O presente estudo tem como interesse pesquisar o comportamento de corpos de prova de Concreto Auto Adensável em relação a sua durabilidade (porosidade) utilizando a técnica de Espectroscopia de Impedância Eletroquímica (EIE). A análise dos resultados do EIE baseado na frequência angular de relaxação característica de cada fenômeno e associando as capacitâncias e frequências típicas estudadas podem ser comparadas com estudos do concreto armado convencional.

2. METODOLOGIA

Primeiramente, prepararam-se as amostras dos corpos de prova de CAA moldando-os em laboratório em corpos cilíndricos segundo a norma NBR 7215 (ABNT, 1997) e utilizando os métodos de dosagem propostos por Tutilian e Dal Molin (2008). Foi utilizado o cimento CPV – ARI (Cimento Portland de alta resistência Inicial) de acordo com a NBR 5733 (ABNT, 1991) que é um aglomerante hidráulico que atende às exigências de alta resistência inicial, obtido pela moagem de clínquer Portland, constituído em sua maior parte de silicatos de cálcio hidráulicos, ao qual se adiciona, durante a operação, a quantidade necessária de uma ou mais formas de sulfato de cálcio.

Foi adotada granulometria de 30 abaixo de 0,125 mm e idade de sete dias.

Foi utilizado um aditivo superplastificante, Glenium 54 da BASF, baseado em uma cadeia de éter policarboxílico modificado que atua como dispersante do material cimentício, propiciando super plastificação e alta redução água, tornado o concreto com maior trabalhabilidade sem alteração do tempo de pega.

As medidas de EIE baseado na frequência angular de relaxação característica de cada fenômeno e associando as capacitâncias e frequências típicas foram determinadas através de um potenciostato Autolab-PGSTAT 302N, em um intervalo de frequência de 0,1Hz a 10^7 Hz, com voltagens aplicadas em amplitude de 5mV, das quais todas as análises foram realizadas em temperatura ambiente. As análises foram realizadas nas instalações do curso de Engenharia de Materiais, UFPel.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As amostras para as medidas de EIE foram adotadas um traço de água/cimento do CAA de 0,5 e o consumo do aditivo de 1%. Esta taxa de a/c foi encontrada para que as condições sejam de CAA.

Para a análise de Espectroscopia de Impedância Eletroquímica (EIE), foram obtidas amostras de área 1,76 cm², ou seja, foram moldados corpos de prova com 1,5cm²(Figura 1a e 1b). Analisamos através da EIE, os dois melhores resultados das amostras (1 e 2) obtidas estão obtidas nas figuras 2 (a e b). Este gráfico é o diagrama de Nyquist onde, é uma curva de impedância real x impedância imaginária. A figura 2a é para as baixas frequências e a figura 2b representa para as altas e baixas frequências.

O cálculo da condutividade elétrica do material é dado pela Equação 1:

$$\sigma = \frac{L}{RA} \quad \text{Equação 1}$$

O valor da condutividade do material (CAA) das amostras calculado foi de $5,5 \times 10^{-5} \text{ S.cm}^{-1}$ onde o valor da resistividade do material é retirado pelo encontro da curva com o eixo horizontal.



Figura 1- Corpos de Prova (a), Amostra acoplada no Autolab-PGSTAT 302N (b)

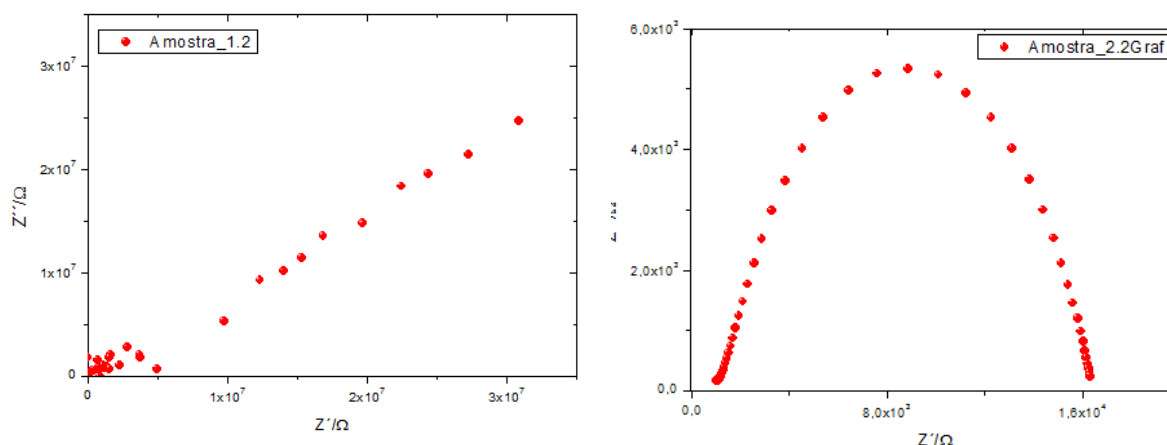


Figura 2 - Impedância Eletroquímica da amostra 1 (a), Impedância Eletroquímica da amostra 2 (b).

4. CONCLUSÕES

Os resultados demonstram que o estudo do EIE em materiais cimentícios e no estudo do concreto auto adensável é um instrumento poderoso na análise da durabilidade do material e processos corrosivos (sua permeabilidade e condutividade do material), e a associação das curvas (arcos), resistividade do material, sua frequência e capacitância para análise de processos de deterioração.

De acordo com os resultados obtidos e análise do diagrama o EIE promove a análise da diminuição ou não dos poros/vazios e condutividade. Se comparando o resultado do CAA com concreto convencional (BRAGANÇA, 2014) os resultados parciais dos ensaios demonstram que o CAA possui condutividade menor que o concreto convencional ($10^{-4} \text{ S.cm}^{-1}$).

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

NASCIMENTO, P. A. do. **Compras sustentáveis em empresas construtoras de edifícios**. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 2016.

SALEH, M. S.; ALALOUC, C. **Towards Sustainable Construction in Oman: Challenges & Opportunities**. Procedia Engineering. Vol 118, p. 177 – 184, 2015.

PORTO, T. B.; FERNANDES, D. S. G; **Curso Básico de Concreto Armado: conforme NBR 6118/2014**. São Paulo, Oficina de Textos, 2015, 208 p.

CALADO, C. F. A. **Concreto auto-adensável: alternativa ao concreto convencional em climas quentes**. Tese de Doutorado. Universidade do Minho. Escola de Engenharia. 2016.

HEMALATHA, T.; RAMASWAMY, A.; KISHEN, J. M.; **Micromechanical analysis of self compacting concrete**. Materials and Structures. Vol 48, p. 3719-3734, november, 2015.

GÜNEYISI, E.; GESOGLU, M.; BOOYA, E.; MERMERDAS, K **Strength and permeability properties of self-compacting concrete with cold bonded fly ash lightweight aggregate**. Construction and Building Materials. Vol 74, p. 17-24, 2015.

FERREIRA, D. B.; Gomes, R. B. ; Carvalho, A. L.; Guimarães, G. N. **Behavior of reinforced concrete columns strenghtened by partial jacketing**. Revista IBRACON de Estruturas e Materiais, v. 9, n. 1, p. 1-21, 2016

RICH, D.; GLASS, J.; GIBB, A. G.; GOODIER, C. I.; SANDER, G.; **Optimising construction with self-compacting concrete**. Construction Materials. p. 1-11, september, 2015.

VALCUENDE, M. et al. **Shrinkage of self-compacting concrete made with blast furnace slag as fine aggregate**. Construction and Building Materials, Vol. 76, p. 1-9, 2015.

BRAGANÇA, P.G. M.; **Avaliação e Monitoramento dos Mecanismos de Deterioração do Concreto Exposto aos Íons Cloreto e Sulfato e o Efeito da Adição de Nano-Fe₃O₄ por Espectroscopia de Impedância Eletroquímica**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

RIBEIRO, D. V.; SOUZA, CAC; ABRANTES, JCC. **Use of Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS) to monitoring the corrosion of reinforced concrete**. Revista IBRACON de Estruturas e Materiais, Vol. 8, n. 4, p. 529-546, 2015.

BONDARENKO, A. **Analysis of large experimental datasets in electrochemical impedance spectroscopy**. Analytica Chimica Acta, p. 41-50, 2012.

TUTIKIAN, B.F.; DAL MOLIN, D.C. **Concreto Auto-adensável**. 1 ed. São Paulo: PINI, 2008, pg.140.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15823:2010** Concreto auto-adensável. Rio de Janeiro, 2010.