



CONTRIBUTOS DA NANOTECNOLOGIA PARA O AUMENTO DA DURABILIDADE DE BETÕES: ESTADO DA ARTE

Hugo J.R. Oliveira¹, F. Pacheco-Torgal

¹ Universidade do Minho, Dep. de Eng^a Civil, Guimarães, a37999@alunos.uminho.pt

² Universidade do Minho, Centro C-TAC, Guimarães, torgal@civil.uminho.pt

Palavras-chave: Nanotecnologia, durabilidade, betão, nanoindentação, nano partículas

Sumário: O presente artigo aborda alguns contributos da nanotecnologia para o aumento da durabilidade dos betões. O mesmo incide na compreensão dos produtos de hidratação do cimento Portland à nano escala e na utilização de nano partículas para o aumento da durabilidade do betão.

1. INTRODUÇÃO

Com uma produção de quase 10 km³/ano, o betão continuará a ser a curto e a médio prazo o material mais consumido no Planeta Terra [1].

Relativamente às emissões de CO₂ do betão, a produção de cimento Portland representa 74-81%, a produção dos agregados contribui com 13 a 20%, restando um valor quase residual para a mistura, transporte e betonagem do betão [2]. Embora as emissões de carbono do betão sejam pequenas quando comparadas com as de outros materiais, o facto é que a elevada quantidade deste material que é utilizada a nível mundial leva a que as mesmas adquirem uma expressão relevante, entre 6 a 7% das emissões totais [3]. Este panorama é particularmente grave no actual contexto das mudanças climáticas e é expectável que se torne ainda pior atendendo ao facto das estimativas relativas à procura do cimento Portland duplicarem entre 2010 e 2050, atingindo naquele ano 6000 milhões de toneladas/ano.

Por outro lado sendo o betão um material poroso e permeável o mesmo permite o ingresso de substâncias agressivas para o seu interior, responsáveis pela degradação das armaduras das estruturas de betão armado, o que implica frequentes operações de conservação e de reabilitação ou mesmo relativas à sua substituição integral.

Neste contexto os contributos recentes da nanotecnologia, para o aumento da durabilidade do betão adquirem um importância indiscutível, os quais constituem o âmbito do presente resumo alargado.

No mesmo aborda-se a modelação molecular dos produtos de hidratação do cimento Portland e o caso dos betões com adição de nano partículas.

2. UTILIZANDO A NANOTECNOLOGIA PARA UMA MELHOR COMPREENSÃO DOS PRODUTOS DE HIDRATAÇÃO DO CIMENTO PORTLAND

O estudo à nanoescala das diversas fases dos produtos de hidratação do cimento Portland (silicatos de cálcio hidratados-CSH e hidróxido de cálcio-Ca(OH)₂), constitui um passo importante como forma de ultrapassar as

limitações em termos da durabilidade do betão, sendo que as investigações nesse sentido decorrem desde há alguns anos a esta parte [4].

Enquanto as técnicas de microscopia electrónica permitiam visualizar e conhecer a composição dos compostos de hidratação do cimento, a utilização da nanotecnologia veio permitir que esse conhecimento possa também abarcar o conhecimento da rigidez/módulo de elasticidade das fases CSH e $\text{Ca}(\text{OH})_2$, através de técnicas de nanoindentação, abrindo assim novas possibilidades no controlo das propriedades destas fases.

Recentemente, Mondal [5], utilizou esta técnica tendo obtido os seguintes módulos de elasticidade para as várias fases dos compostos cimentícios: 35MPa para a fase de $\text{Ca}(\text{OH})_2$, 26 e 16 MPa para dois tipos diferentes de CSH e 10MPa para a fase porosa.

3. AUMENTO DA DURABILIDADE DOS BETÕES PELO RECURSO À UTILIZAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS

Investigações realizadas há já algum tempo [6], mostraram que os betões contendo nanopartículas de sílica apresentam uma menor permeabilidade à água que se fica a dever ao facto das mesmas reduzirem a quantidade de hidróxido de cálcio - $\text{Ca}(\text{OH})_2$ tornando mais densa a interface pasta de cimento-agregados.

Reduções na permeabilidade de betões foram observadas em investigações mais recentes, utilizando nano- Fe_2O_3 até 4% por massa de cimento [7]. Inclusive em betões com substituição de 45% do cimento Portland por escórias de alto forno e até nano- TiO_2 até 4% por massa de cimento [8].

O aumento da durabilidade do betão passa também pela redução da lixiviação do hidróxido de cálcio. Gaitero et al. [9], comprovaram que a utilização de nanopartículas de sílica correspondendo a 6% em massa de cimento, permite reduzir a lixiviação do hidróxido de cálcio, contudo os resultados estão dependentes do tipo de nano sílica utilizada, sendo melhores quando se utilizam misturas de base coloidal comparativamente à utilização de nano sílica em pó.

4. REFERÊNCIAS

- [1] Gartner, E.; Macphee, D. - *A physico-chemical basis for novel cementitious binders*. Cement and Concrete Research 41 (2011) 736–749.
- [2] Pacheco Torgal, F.; Jalali, S. - *Betão eco-eficiente: O futuro da indústria do betão pronto*. Revista de Betão Pronto. APEB, 26 (2011) 22-27.
- [3] Shi, C.; Fernández Jiménez, A.; Palomo, A. - *New cements for the 21st century: The pursuit of an alternative to Portland cement*. Cement and Concrete Research 41 (2011) 750–763.
- [4] Porro, A.; Dolado, J. - *Overview of concrete modeling*. In: Proceedings of the international conference on applications of nanotechnology in concrete design; 2005. p. 35–45.
- [5] Mondal P. - *Nanomechanical properties of cementitious materials*. PhD Thesis in civil and environment engineering, Northwestern University, Illinois, USA; 2008.
- [6] Ji, T. - *Preliminary study on the water permeability and microstructure of concrete incorporating nano- SiO_2* . Cement and Concrete Research 35 (2005)1943–1947.
- [7] Khoshakhlagh et al. - *Effects of Fe_2O_3 nanoparticles on water permeability and strength assessments of high strength self-compacting concrete*. Journal of Materials Science & Technology 28 (2012) 73-82.
- [8] Nazari, A.; Riahi, S. - *TiO_2 nanoparticles effects on physical, thermal and mechanical properties of self compacting concrete with ground granulated blast furnace slag as binder*. Energy and Buildings 43(2011) 995-1002.
- [9] Gaitero et al. - *Reduction of the calcium leaching rate of cement paste by addition of silica nanoparticles*. Cement and Concrete Research 38 (2008) 1112–1118.