

21_24

DURABILIDADE DE ESTRUTURAS DE BETÃO ARMADO

DURABILIDADE DE BETÕES MODIFICADOS COM POLÍMEROS

F. Pacheco Torgal

Doutor em Engenharia Civil, Unidade de investigação C-TAC, Universidade do Minho
torgal@civil.uminho.pt

Said Jalali

Professor Associado com Agregação, Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Minho
said@civil.uminho.pt

RESUMO

O presente artigo aborda a temática dos betões modificados com polímeros, com especial ênfase para a sua durabilidade. É feita uma introdução sobre este tipo particular de betões, descrevem-se as diferentes variantes da associação entre betões e polímeros e sintetizam-se as principais características destes materiais, destacando-se o desempenho destes materiais relativamente a parâmetros de caracterização da durabilidade dos betões. São ainda apresentados alguns resultados pontuais de investigações recentes, que evidenciam a vantagem da utilização de polímeros na melhoria da durabilidade dos betões.

1. INTRODUÇÃO

A palavra durabilidade provém do latim *durabilis*, que significa aquilo que é durável ou seja que perdura através do tempo. Uma determinada estrutura durável em betão, deverá então ser capaz de manter o desempenho previsto, durante a sua vida útil. A durabilidade do betão, caracteriza assim em termos gerais, a capacidade deste material para resistir a ataques de natureza física ou química. Infelizmente, a deterioração precoce das estruturas correntes de betão, é um fenómeno muito mais vulgar do que seria expectável aquando da sua execução. São aliás inúmeros os casos relatados na literatura da especialidade sobre ocorrências relacionadas com a degradação de estruturas de betão [1-3]. Durante mais de um século, a durabilidade do betão, esteve equivocadamente associada à sua resistência mecânica, pelo que a utilização de um betão mais resistente pressuponha uma vida útil mais longa. Contudo, dezenas de anos

de investigação, conjuntamente com a toda a experiência colhida da análise e observação do comportamento real das estruturas de betão *in situ*, comprovam que essa era uma abordagem muito insuficiente. Sabe-se hoje, que para além dos problemas de durabilidade do betão, relacionados com eventuais deficiências ligadas à sua execução (betonagem e cura), na verdade a vulnerabilidade do betão fica a dever muito ao próprio material ligante (cimento portland), que apresenta uma elevada quantidade de cal, facilmente susceptível de ataque químico, situação que é por sua vez agravada pela incapacidade do cimento portland em conseguir uma boa aderência aos agregados o que induz elevados níveis de permeabilidade que facilitam o ingresso de água, gases e substâncias agressivas, que provocam fenómenos de carbonatação e de corrosão das armaduras [4]. Tendo em conta que quanto maior for a durabilidade de um material, maior será a sua vida útil e consequentemente menor será o seu impacto

ambiental (ao aumentarmos a durabilidade do betão de 50 para 500 anos, há uma redução do seu impacto ambiental de um factor de 10 vezes [5]), facilmente se percebe a importância da durabilidade dos betões para a sustentabilidade da indústria da construção. O aumento da população mundial, (até ao ano 2030 espera-se que aumente mais de 2000 milhões de pessoas) e as necessidades implícitas em termos de construção de edifícios e outras infra-estruturas, agravará ainda mais o consumo deste material, tornando mais premente a questão da sua durabilidade [6]. Um tal panorama, torna por isso evidente a necessidade de investigações urgentes que contribuam para aumentar a durabilidade daqueles materiais. Os betões modificados com polímeros tem vindo nas últimas três décadas a merecer uma atenção crescente quer por parte da comunidade científica, quer também já por parte do mercado da construção, sendo que a mais valia que os distingue dos betões correntes, é um desempenho



> 1

superior em termos dos parâmetros de durabilidade (permeabilidade, difusão de cloretos, carbonatação e resistência ao ataque químico). Apresenta-se por isso neste artigo uma visão introdutória à temática dos betões modificados com polímeros em especial à sua durabilidade.

2. INTRODUÇÃO AOS BETÕES MODIFICADOS COM POLÍMEROS

A utilização de polímeros em betões, remonta a 1923 quando pela primeira vez foi patenteado um betão para pavimentos contendo látex natural, sendo que o cimento portland era utilizado como filler. Somente em 1924 é que seria emitida a primeira patente sobre betões de ligantes hidráulicos modificados com polímeros [7]. Foi contudo na década de 50, que se assistiram às primeiras utilizações de betões modificados com polímeros, nomeadamente na reabilitação de estruturas de betão [8]. As referências a betões e a polímeros misturam por vezes conceitos que importa desde logo clarificar. Os betões modificados com polímeros, também designados por

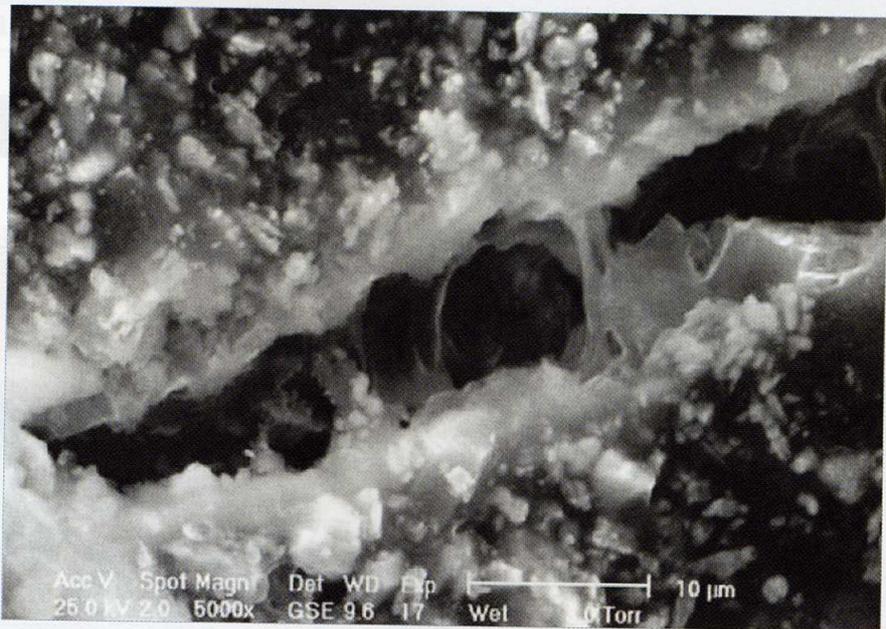
“polymer modified concrete” - PMC ou por “polymer cement concrete” - PCC, são compostos por agregados e por uma matriz ligante onde coexistem fases geradas pela hidratação do cimento portland em conjunto com fases poliméricas. Já o grupo de betões designado por “polymer impregnated concrete” - PIC, designa os betões que são impregnados por um monómero de baixa viscosidade, usualmente metilo de metacrilato, por forma a colmatar a sua estrutura porosa. Quanto aos betões compostos por agregados e por uma matriz polimérica sem cimento portland, recebem usualmente a designação de “polymer concrete” - PC [9]. No caso dos betões modificados com polímeros, estes aditivos são adicionados ao betão durante a fase da amassadura, normalmente em forma de uma suspensão coloidal de látex, em pó, ou como polímeros solúveis em água ou líquidos, sendo que a literatura refere como mais usualmente utilizados os polímeros de estireno-butadieno (SBR), de ester-poliacrílico (PAE), polietileno de acetato vinílico (EVA). Devido ao efeito plastificante dos polímeros, estes betões podem ser executados com menos água comparativamente aos betões correntes. A literatura revela também que em regra apresentam um tempo de presa superior aos betões correntes [10], a qual se fica a dever a causas diversas, entre as quais se inclui a formação de uma membrana de polímero em torno das partículas de cimento (Figura 1).

Durante o processo de endurecimento dos betões modificados com polímeros ocorre a hidratação do cimento e nalguns casos também a formação de um filme polimérico. A natureza e a extensão destes fenómenos estão no entanto dependentes da razão polímeros sólidos/cimento (P/C). Quando a razão P/C é baixa, a hidratação do cimento é preponderante e os produtos de hidratação, crescem através da matriz polimérica. Já por outro lado se a razão P/C é elevada, a matriz polimérica não é interrompida pelos produtos de hidratação do cimento, resultando num material menos frágil e menos susceptível à ocorrência de fendilhação. Alguns autores analisaram a influência do tipo de cura dos betões modificados com polímeros, observando que durante a cura húmida não há formação de filme polimérico, a qual só ocorre no momento em que se inicia um período de cura a seco, pelo que recomendam que estes betões sejam sujeitos a cura húmida durante 28 dias [12].

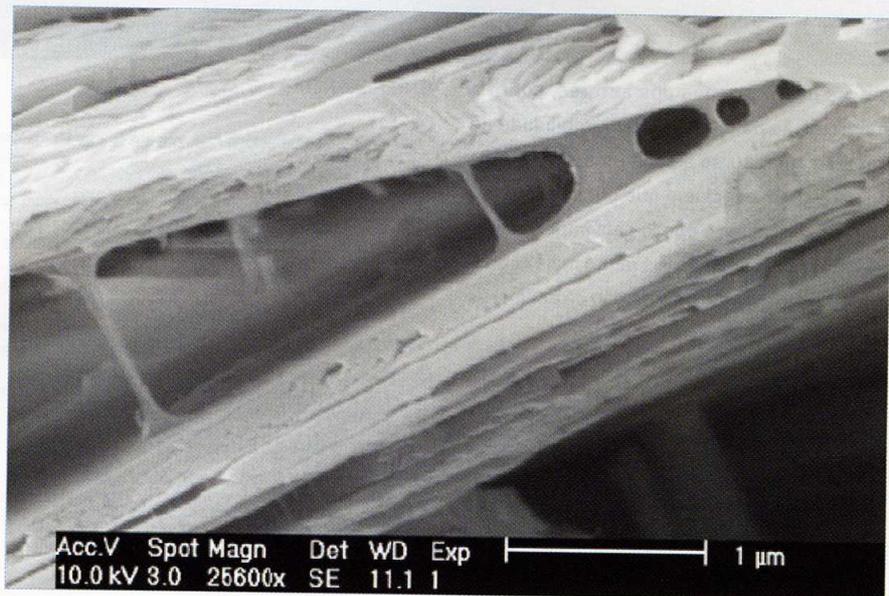
> Figura 1: Membrana polimérica em torno de partículas de cimento [11].

3. DURABILIDADE DE BETÕES MODIFICADOS COM POLÍMEROS

Os betões modificados com polímeros caracterizam-se por apresentarem uma durabilidade superior aos betões correntes, aferida em ensaios resistência ao ataque de ácidos [13], resistência a acções de gelo-degelo [14] e resistência à difusão de cloretos [15]. As explicações para essa diferença de comportamento ficam a dever-se por um lado, a um menor nível de porosidade pela formação de um filme polimérico no interior dos poros [16] e a uma menor permeabilidade à água [17]. Shaker et al. [13], referem valores de absorção de água a variar entre 0,8% (28 dias) e 0,4% (90 dias) para betões modificados com látex de estireno-butadieno, que comparam muito favoravelmente com valores de 4,3% e 3,8% em betões correntes. Ao nível do interface pasta-agregado, alguns autores confirmam reduções da espessura do interface, que podem ir de 30 a 70% [18] e também uma alteração da natureza dos produtos de hidratação, na zona do interface, observando-se uma redução da quantidade da fase de hidróxido de cálcio [19]. Por outro lado, os betões modificados com polímeros apresentam também uma microestrutura mais densa e um menor nível de fendilhação já que os filmes poliméricos actuam como "armaduras" internas contrariando tensões de tracção (Figura 2).



> 2a



> 2b

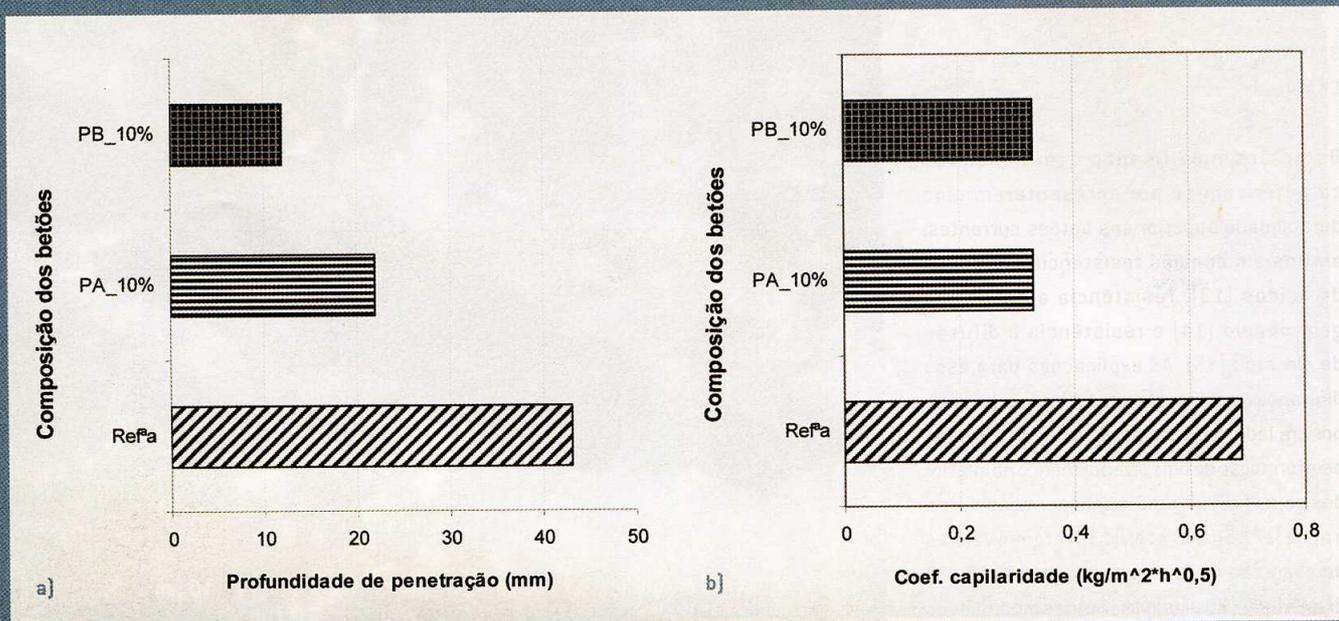
4. RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Investigações levadas a cabo pelos autores sobre a durabilidade de betões impregnados ou aditivados com polímeros, revelaram resultados bastante promissores. Os resultados apresentados no presente artigo constituem somente uma parte dessas investigações e no caso em apreço respeitam à utilização de estireno-butadieno, em látex (PA) e em emulsão (PB). Na Figura 3 apresentam-se resultados

sobre o desempenho de betões modificados com os polímeros PA e PB, em termos de durabilidade, sendo que esta foi aferida em termos do comportamento à água, através de absorção de água por capilaridade e da profundidade de penetração de água sob pressão. Os resultados indicam um elevado desempenho, quer para a permeabilidade à água quer

para a capilaridade. Para a permeabilidade à água as reduções relativamente ao betão de referência são respectivamente de 49% para o betão com o polímero em látex (PA) e de 72% para o betão com o polímero em emulsão (PB). Já para o ensaio de absorção de água por capilaridade, a redução é 52%, sendo a mesma para os dois polímeros utilizados. Já

> Figura 2: Imagens da microestrutura de betões modificados com polímeros: a) Filme polimérico contrariando a abertura de uma fissura no betão [12]; b) Cristais de hidróxido de cálcio "ligados" por filme polimérico [20].



> 3

outras investigações dos autores, sobre a repercussão da melhoria da durabilidade de betões com recurso a polímeros, em termos do seu custo, concluem que para a indústria da pré-fabricação, a opção pela impregnação de betões com polímeros é muito mais económica do que a opção pela adição de polímeros durante a fase de amassadura [22].

5. CONCLUSÕES

Caracterizados por uma microestrutura mais densa, pouco porosa e pouco permeável, os betões modificados com polímeros apresentam um elevado desempenho em termos impermeabilização e de resistência ao ataque por soluções agressivas. Estes materiais apresentam por isso potencial para contribuírem para o aumento da durabilidade das estruturas com eles realizadas, contribuindo dessa forma para uma construção mais sustentável.

6. REFERÊNCIAS

- [1] MEHTA, P.K. -- "Concrete in marine environment". Elsevier Science Publishers, New York, USA, 1991.
- [2] GJORV, Ø.E. -- "Steel corrosion in concrete structures exposed to Norwegian marine environment". ACI Concrete International pp.35-39, 1994.
- [3] FERREIRA, R. -- "Avaliação de ensaios de durabilidade de betão. Tese de Mestrado, Escola de Engenharia da Universidade do Minho, 2000.
- [4] GLASSER, F.; MARCHAND, J.; SAMSON, E. -- "Durability of concrete-Degradation phenomena involving detrimental chemical reactions". Cement and Concrete Research Vol.38, pp. 226-246, 2008.
- [5] MORA, E. -- "Life cycle, sustainability and the transcendent quality of building materials". Building and Environment Vol. 42, pp.1329-1334, 2007.
- [6] TORGAL, F. PACHECO.; JALALI, SAID -- "Tendências para a sustentabilidade dos materiais de construção". Revista Engenharia e Vida, pp.56-59, Lisboa, 2008.
- [7] OHAMA, Y. -- "Polymer-based admixtures". Cement and Concrete Composites Vol.20, pp.189-212, 1998.
- [8] STORTE, M. -- "Látex estireno-butadieno. Aplicação em concretos de cimento polímero". Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica da Universidade de S. Paulo, 1991.
- [9] FOWLER, D.W. -- "Polymers in concrete: a vision for the 21st century". Cement and Concrete Composites Vol. 21, pp.449-452, 1999.
- [10] BARLUENGA, G.; HERNANDEZ-OLIVARES, F. -- "SBR látex modified mortar rheology and mechanical behaviour". Cement and Concrete Research Vol.34, pp.527-535, 2004.
- [11] OLLITRAULT-FICHET, R.; GAUTHIER, C.; CLAMEN, G.; BOCH, P. -- "Microstructural aspects in a polymer-modified cement". Cement and Concrete Research Vol.28, pp.1687-1693, 1998.
- [12] GEMERT, D.; CZARNECKI, L.; MAULTZSCH, M.; SCHORN, H.; BEELDENS, A.; LUKOWSKI, P.; KNAPEN, E. -- "Cement concrete and concrete-polymer composites: Two merging worlds, A report from 11th ICPC Congress in Berlin, 2004". Cement and Concrete Composites Vol. 27, pp. 926-933, 2005.
- [13] SHAKER, F.A.; EL-DIEB, A.S.; REDA, M.N. -- "Durability of styrene-butadiene latex modified concrete". Cement and Concrete Research Vol. 27, pp.711-720, 1997.
- [14] CHMIELEWSKA, B. -- "Adhesion strength and other mechanical properties of SBR modified concrete". 12Th International Congress on Polymers in Concrete, Chuncheon, Korea, pp.157-166, 2007.
- [15] YANG, Z.; SHI, X.; CREIGHTON, A.; PETERSON, M. -- "Effect of styrene-butadiene rubber latex on the chloride permeability and microstructure of Portland cement mortar". Construction and Building Materials Vol., pp., 2008.
- [16] ROSSIGNOLO, J. -- "Avaliação da porosidade e do teor de CH de pastas de cimento portland com sílica ativa e látex SBR". Revista Materia Vol.10, pp.437-442, 2005.
- [17] NEELAMEGAN, M.; DATTATREYA, J.; HARISH, K. -- "Effect of latex and fiber addition on mechanical and durability. Properties of sintered fly ash lightweight aggregate concrete mixtures". 12Th International Congress on Polymers in Concrete, Chuncheon, Korea, pp.113-121, 2007.
- [18] ROSSIGNOLO, J. -- "Avaliação da zona de transição interfacial pasta-agregado leve em concretos com sílica ativa e látex SBR". Revista Materia Vol.12, pp.532-540, 2007.
- [19] ROSSIGNOLO, J.A.R. -- "Interfacial interactions in concretes with sílica fume and SBR latex". Construction and Building Materials Vol.23, pp.817-821, 2009.
- [20] KNAPEN, E.; GEMERT, V. -- "Cement hydration and microstructure formation in the presence of water-soluble polymers". Cement and Concrete Research Vol.39, pp. 6-13, 2009.
- [21] TORGAL, F.PACHECO.; JALALI, SAID -- "Resistência mecânica e durabilidade de betões modificados com polímeros". Revista de Engenharia Civil da Universidade do Minho, [artigo submetido, 2009].
- [22] TORGAL, F.PACHECO.; JALALI, SAID -- "Improving the resistance to sulphuric acid attack of precast concrete pipes with polymers". Technical and economic considerations. Construction and Building Materials. [artigo submetido, 2009]

> Figura 3: Betões modificados com estireno-butadieno: a) Permeabilidade à água; b) Coeficiente de capilaridade [21].