

## Efeitos da proteção *antigraffiti* na durabilidade do betão

NETO Elsa<sup>1a</sup>, SOUTO Ana<sup>3b</sup>, CAMÕES Aires<sup>1c</sup>, BEGONHA Arlindo<sup>3d</sup> e  
CACHIM Paulo<sup>4e</sup>

<sup>1</sup>: C-TAC, Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Minho, 4800-058 Guimarães, Portugal

<sup>2</sup>: Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Minho, 4800-058 Guimarães, Portugal

<sup>3</sup>: Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Rua Dr. Roberto Frias, s/n, 4200-465 Porto, Portugal

<sup>4</sup>: Departamento de Engenharia Civil/Labest, Universidade de Aveiro, 3810-193 Aveiro, Portugal

<sup>a</sup>elsaneto@ua.pt; <sup>b</sup>a51310@alunos.uminho.pt; <sup>c</sup>aires@civil.uminho.pt; <sup>d</sup>abegonha@fe.up.pt; <sup>e</sup>pcachim@ua.pt;

**Palavras-chave:** património, preservação, proteção *antigraffiti*, durabilidade.

**Resumo.** O património em betão aparente, grande parte construído no século vinte com um crescente reconhecimento do seu valor e da importância da sua preservação, é suscetível às agressões por *graffiti*. O betão é um material poroso, por vezes deteriorado ao longo dos anos, e as interações das tintas com o substrato e os métodos de remoção alteram a superfície do betão, principalmente se é necessário repetir o processo de remoção. Os produtos de proteção aos *graffiti*, disponíveis no mercado, quando aplicados na superfície do betão facilitam a remoção das pinturas, dificultando a sua aderência à superfície ou impedindo a sua penetração nos poros do betão. Considerando que a durabilidade do betão armado depende principalmente da sua composição e das características da sua superfície, é fundamental conhecer quais os efeitos dos sistemas de proteção aos *graffiti* na durabilidade do betão e contribuir para uma metodologia adequada à preservação deste património. Neste sentido, desenvolveu-se um programa experimental para análise das alterações das propriedades que protegem o betão dos mecanismos de deterioração, antes e após o tratamento com os produtos de proteção *antigraffiti*, com a proteção *antigraffiti* e os *graffiti* e após a remoção dos *graffiti*, sendo os produtos de proteção aplicados do tipo permanente e sacrificial. Os resultados obtidos dos ensaios de absorção de água por capilaridade e por imersão à pressão atmosférica mostram que a proteção aos *graffiti* diminui a entrada de água para o interior do betão e facilita a remoção dos *graffiti* sem afetar as características da superfície, contribuindo para melhorar a sua durabilidade.

### Introdução

O fenómeno dos *graffiti* tem vindo a crescer nos últimos anos e constitui atualmente um enorme problema económico e social. O prazer de degradar, o desbravar do interdito e o desafiar as autoridades constituem, *grosso modo*, os fatores determinantes da vida do *graffiter* [1]. Em qualquer País existe património sujeito ao estilo agressivo dos *graffiti* e na Europa existem mais de 3.500.000 monumentos protegidos afetados apesar das medidas preventivas que vão sendo implementadas [2]. O património em betão aparente é suscetível às agressões por *graffiti*, particularmente agressivas em superfícies porosas mais vulneráveis à interação dos *graffiti* com o substrato. O betão aparente constitui uma opção de projeto em obras de arte e em edifícios públicos e privados e revestimentos de espaços públicos, constituindo um património notável que deve ser devidamente protegido destas ações de vandalismo.

Os *graffiti* podem ser executados com vários materiais, mas cerca de oitenta por cento são aplicados sob a forma de pintura com tinta em *spray*, ou marcadores de feltro, em grandes paredes, em vigas e pilares de pontes, passagens inferiores do metro, estradas e parques e, muitas vezes, em património histórico [3]. Para além do aspeto estético, a interação das tintas com a superfície e os métodos de remoção utilizados, baseados na aplicação de produtos químicos ou métodos físicos e mecânicos, nem sempre resultam na remoção completa dos *graffiti* quando aplicados em superfícies de betão [4], [5]. Muitas vezes, podem alterar ou causar graves danos nas camadas mais profundas do substrato, principalmente se é necessário repetir continuamente o processo de remoção e a reparação dos danos causados envolve encargos elevados. Quando a remoção é efetuada com um produto químico, aparecem, em muitos casos, sombras no betão resultantes da penetração do solvente e modificação ou alteração do substrato (Fig. 1). O processo de deterioração do betão ocorre ao nível dos poros. As tintas são absorvidas pelos poros do betão, dificultando o processo de remoção. Se a remoção é efetuada por um processo mecânico, origina micro fissuras na superfície do betão que constituem um meio de entrada de iões agressivos para o seu interior.

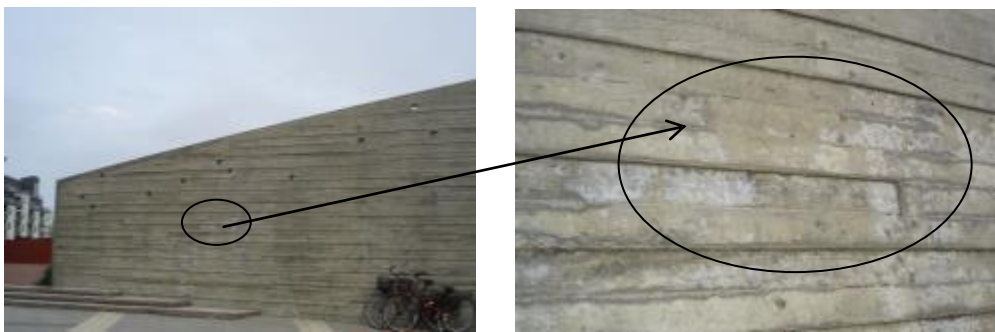


Figura 1. Parede de um edifício em betão aparente após remoção dos graffiti, Malmö, Suécia (2011)

Com o objetivo de prevenir estas agressões, desenvolveram-se produtos de proteção *antigrffiti* que constituem uma barreira protetora contra o vandalismo, geram superfícies de baixa energia repelentes da água e do óleo, dificultam a aderência das pinturas ao substrato, facilitando a sua remoção ou impedindo a sua penetração nos poros do material. Contrariamente, o revestimento de proteção deve ter uma boa aderência à superfície do betão pelo que é necessário haver uma grande tensão superficial do suporte relativamente ao revestimento de proteção *antigrffiti* [6], [7]. Quando a superfície do betão é tratada com um produto repelente da água, as propriedades da superfície passam de hidrofílicas a hidrofóbicas, pois impedem as gotas de água de penetrar no betão e a superfície fica apenas aberta à difusão de gases. A Fig. 2 ilustra a função de um tratamento de superfície repelente da água, muitas vezes designado como efeito de *lotus*. O ângulo da fase líquida, designado ângulo de contacto ou ângulo molhado, é o ângulo incluído entre o plano tangente à superfície do líquido e o plano tangente à superfície do sólido, em qualquer ponto ao longo da linha de contacto.

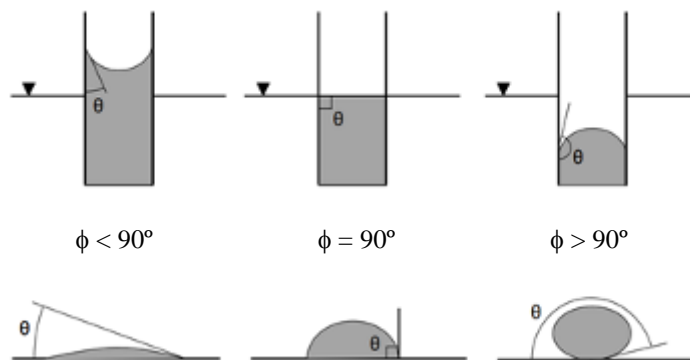


Figura 2. Caracterização do material considerando o valor do ângulo de contacto ( $\Theta$ ): material hidrofílico ( $\Theta < 90^\circ$ ) e hidrofóbico ( $\Theta > 90^\circ$ )

Para um material hidrofílico como o betão considera-se, muitas vezes, o valor zero para o ângulo de contacto [8].

A durabilidade do betão armado depende principalmente da composição e das propriedades da camada superficial [9], mais concretamente da espessura de recobrimento das armaduras que, na maior parte dos casos, é responsável pela proteção da armadura contra a corrosão. A durabilidade do betão será maior quanto menor for a sua capacidade de absorção de água, menor o grau de carbonatação e menor a permeabilidade aos cloretos [10]. O controlo do ingresso da água na superfície do betão é particularmente importante porque, não entrando a água, não se verifica a reação de carbonatação, sendo através da água que o dióxido de carbono e os cloretos penetram no interior do betão. Devido às suas propriedades hidrofóbicas, os produtos de proteção aos *graffiti* podem também proteger temporariamente o betão das ações ambientais, atuando como uma barreira entre o ambiente e a superfície do betão e prevenindo ou atrasando a entrada de substâncias nocivas [11]. O betão pode ficar protegido, simultaneamente, do vandalismo dos *graffiti* e da corrosão das armaduras. Para assegurar uma proteção eficiente da superfície do betão, os produtos de proteção devem ainda ter elevada permeabilidade ao vapor de água, baixa permeabilidade ao dióxido de carbono e à água, boa adesão ao substrato, boa retenção das propriedades no envelhecimento, boa ponte de fissuração e boa resistência aos álcalis [12], [13].

Os produtos de proteção *antigrffiti* podem ser classificados em dois grupos, com características químicas diferentes: os permanentes, que permanecem na superfície após a remoção da tinta e mantêm a sua eficácia após vários ciclos de remoção, sendo os sistemas fluoralquilsiloxano de base aquosa especialmente eficazes em superfícies de materiais porosos como o betão [14]; os sistemas sacrificiais, constituídos em geral à base de ceras, são removidos em simultâneo com as tintas, com água quente a temperatura superior à do seu ponto de fusão, sendo necessária nova aplicação para que a área afetada se mantenha com proteção. Verifica-se, no entanto, que estes tratamentos de superfície são muitas vezes aplicados sem haver um completo conhecimento das propriedades do substrato ou escolha da estrutura molecular ótima para o tipo de prevenção recomendada, levando a uma insuficiente proteção ou à degradação dos materiais envolvidos [15]. Importa, portanto, melhorar o conhecimento atual sobre a interação entre os tratamentos de proteção *antigrffiti* e o substrato em betão aparente e o efeito da remoção dos *graffiti* na durabilidade do betão aparente e, assim, contribuir para o estabelecimento de uma correta metodologia de intervenção e, conseqüentemente, obter informação útil à formulação de novos produtos.

Neste sentido, desenvolveu-se um programa experimental para analisar e comparar o efeito de dois tratamentos de proteção *antigrffiti*, um permanente e outro sacrificial, sobre betão aparente convencional (CONV) e de elevado desempenho (BED) e avaliar parâmetros indicadores de durabilidade nas seguintes condições: o betão sem proteção antes e após a aplicação da tinta em *spray* e o betão com proteção antes e após a aplicação da tinta em *spray* e após a remoção da tinta.

Os produtos de proteção aos *graffiti*, se corretamente aplicados, poderão proteger o betão das agressões dos *graffiti* e, simultaneamente, contribuir para prolongar a vida útil dessas estruturas.

## Programa experimental

### Materiais.

**Betão aparente.** O betão convencional (CONV) e o betão de elevado desempenho (BED) têm a composição discriminada na Tabela 1 e foram produzidos numa Central da Betão Liz (grupo CIMPOR).

Tabela 1. Composição dos betões (dosagens para 1m<sup>3</sup> de betão)

Betão	Ligante (L)	Cimento	Adição CV	Areia fina	Areia média	Brita 1	Brita 2	Água (A)	Plast.	SP	A/L
	[kg]										
CONV	320	210	110	320	590	520	480	150	1,92	2,56	0,52
BED	480	340	140	230	430	600	510	154	2,88	3,84	0,36

Os materiais utilizados para as composições CONV e BED foram os seguintes: cimento do tipo CEM II/A-L 42,5R da marca CIMPOR, areia fina 0/2 (Pombal) e areia média 0/4 (Anadia), brita calcária 1 (6/12) e 2 (16/22), cinzas volantes (CV) de *Compostilla*, um adjuvante plastificante *Sikament 400 Plus* (Plast.) e um superplastificante *Viscocrete 3008* (SP), ambos da marca SIKA. Para cada composição de betão, foram betonados, desmoldados no dia seguinte à betonagem e curados, diversos provetes cúbicos com aresta de 150 mm e provetes cilíndricos com 100 mm de diâmetro e 200 mm de altura. Após a desmoldagem, foram mantidos imersos em água durante 28 dias em ambiente a temperatura controlada de 21°C.

**Tinta para pintura dos graffiti.** A simulação dos *graffiti* foi efetuada com tinta em *spray* de cor preta da *Ironlack*, disponível no mercado, sendo de utilização corrente pela comunidade dos *graffiters*. É uma tinta acrílica de elevada opacidade, muito pigmentada e de secagem rápida. Na embalagem, vem indicada a seguinte composição: butilo-glicol, acetona, acetato de etilo, acetato de butilo e dióxido de titânio. Foi pulverizada sobre a superfície dos provetes com inclinação de 45° e à distância de 15 cm. A composição desta tinta é favorável à execução da pintura dos *graffiti* em grandes áreas devido à secagem rápida e fixação completa do produto ao suporte poroso, sendo também a cor de utilização mais vulgarizada. Na Fig.3, apresenta-se o diagrama e a composição obtida através da análise ao microscópio eletrónico de varrimento (MEV-Eds).

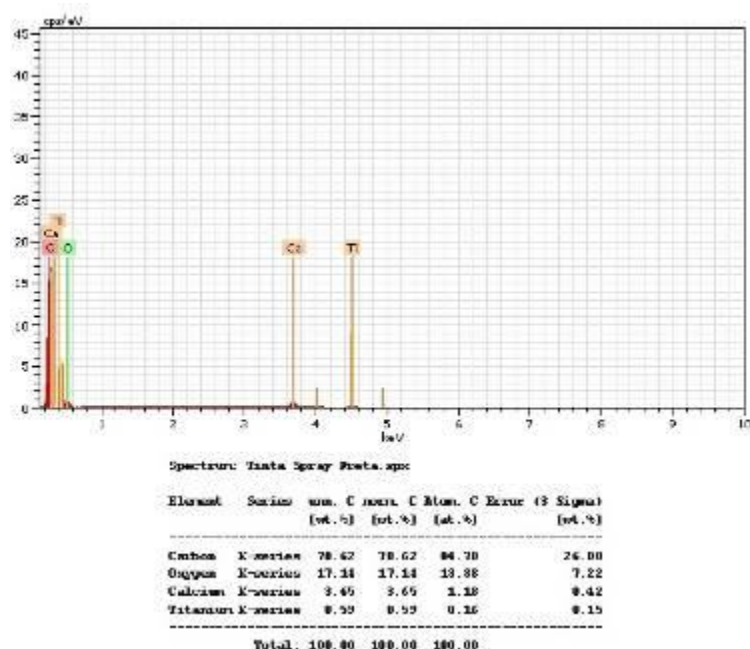


Figura 3. Resultados da análise da tinta em spray ao microscópio eletrónico de varrimento

**Sistema de proteção *antigrffiti*.** Consideraram-se dois sistemas *antigrffiti* com características químicas diferentes: um sistema permanente (AGS<sub>1</sub>) e um sistema sacrificial (AGS<sub>2</sub>), ambos indicados para proteção de materiais porosos e praticamente isentos de compostos sólidos voláteis, conforme especificado na respetiva ficha técnica do produto. Previamente, foram analisados outros produtos disponíveis no mercado, mas através da observação visual verificou-se que a superfície do betão ficava praticamente inalterada após a aplicação destes dois produtos. Portanto, foram selecionados aqueles que apresentaram melhor desempenho.

O AGS<sub>1</sub> é caracterizado como um fluoralquilsiloxano de base aquosa, líquido de cor ligeiramente amarelada, solúvel na água, densidade 1,06 e ph 4, indicado para modificar as propriedades da superfície de materiais porosos, como o betão, em superfícies de baixa energia, com elevado poder de repelir a água e o óleo, sendo a remoção das tintas efetuada com um produto químico. O consumo em superfícies de betão é de cerca de 120 a 200 g/m<sup>2</sup>, por demão. Para a sua aplicação procede-se da seguinte forma: aplica-se diretamente na superfície do betão o primário, uma solução de base aquosa hidrofóbica; após 24 h de secagem, aplica-se o produto *antigrffiti*, em três demãos com intervalo de secagem entre demãos de 2 horas; a última demão do produto seca após 4 horas,



no entanto a superfície adquire o efeito completo de proteção após 72 h; de acordo com a ficha técnica, suporta 10 ciclos de remoção da tinta dos *graffiti*. A remoção da tinta é efetuada com um gel que se aplica na área a intervir durante 20 minutos, em movimentos circulares, sem deixar secar o produto; em seguida procede-se à lavagem da superfície com água à pressão máxima de 12 bar, sendo o comportamento idêntico para ambos os tipos de betão (Fig. 4). Conforme se pode observar na Fig. 4, a tinta em *spray* adere com dificuldade na superfície do betão com a proteção permanente AGS<sub>1</sub>, devido às suas propriedades óleo e hidrofóbicas.



Figura 4. Processo de remoção da tinta em *spray* da superfície do betão com proteção permanente AGS<sub>1</sub>

O AGS<sub>2</sub> é caracterizado por uma cera dispersa de base aquosa que contém 10-15% de cera ativa, líquido de cor branca levemente mais viscoso que a água, solúvel na água, densidade 1 e ph entre 8 e 9, ponto de fusão 80-85°C, sendo a remoção das tintas efetuada apenas com água quente. O consumo em superfícies de betão é de cerca de 120 a 150 g/m<sup>2</sup>, por demão. Aplica-se diretamente sobre a superfície do betão em 3 demãos, a trincha, com intervalos de secagem de 2 horas. De acordo com a ficha técnica do produto, a superfície fica protegida da água e resistente aos *graffiti* após 4 horas da aplicação da última demão e adquire o efeito completo de proteção após 72 horas. Este produto, para além das suas propriedades de proteção aos *graffiti*, é caracterizado por garantir proteção contra a poluição e penetração de humidade na superfície do betão, sendo permeável ao vapor de água. A remoção da tinta dos *graffiti* é efetuada com projeção de água quente a 90°C e à pressão de 90 a 110 bar. Para que a superfície continue protegida, é necessária nova aplicação do produto na área de intervenção após a remoção da tinta dos *graffiti*. Na Fig. 5, pode observar-se o destacamento da película do produto com a tinta. A tinta é removida em simultâneo com o produto de proteção, o que exige nova aplicação do produto para proteção aos *graffiti*, sendo o procedimento idêntico para ambos os tipos de betão testados. Conforme se pode observar, a tinta em *spray* forma um filme contínuo sobre a superfície do betão com a proteção sacrificial AGS<sub>2</sub>.



Figura 5. Processo de remoção da tinta em *spray* da superfície do betão com proteção sacrificial AGS<sub>2</sub>

O produto *antigrffiti* penetra nos poros do betão principalmente por absorção capilar. Se os poros do betão estão preenchidos com água a força de absorção capilar é desprezável o que significa que é difícil atingir um grau de penetração do produto aceitável sob estas condições. A razão A/L é um parâmetro indicador da porosidade e, como tal, a estrutura do betão convencional (A/L=0,52) deverá ser mais porosa que a do betão de elevado desempenho (A/L=0,36), sendo, portanto, expectável que a penetração do produto seja mais difícil no caso do BED.

Na aplicação dos produtos, observaram-se as recomendações técnicas e de segurança de aplicação indicadas na respetiva ficha técnica do produto.

**Ensaio.** Os ensaios, desenvolvidos no Laboratório de Materiais de Construção da Universidade do Minho, têm como objetivo a caracterização das alterações das principais propriedades do betão relacionadas com os mecanismos de deterioração, isto é, avaliar o efeito dos dois tratamentos de proteção *anti graffiti*, da tinta dos *graffiti* e da sua remoção nos indicadores de durabilidade do betão.

Inicialmente, realizaram-se ensaios de caracterização do comportamento das duas composições de betão CONV e BED no estado fresco, por intermédio do ensaio de abaixamento, realizado de acordo com a NP EN 12350-2 [16], e no estado endurecido, tendo sido avaliada a variação ao longo do tempo da resistência à compressão. Para tal, foram realizados ensaios, de acordo com a NP EN 12390-3 [17], em 3 provetes cúbicos de betão com 150 mm de aresta e com a idade de 7, 14, 28 e 90 dias.

Os indicadores de durabilidade do betão [18] foram analisados em ambas as composições CONV e BED, considerando a sua proteção aos *graffiti* com os sistemas AGS<sub>1</sub> e AGS<sub>2</sub> e para as condições anteriormente referidas: o betão sem proteção *antigrffiti* (S/P), antes e após a aplicação da tinta em *spray* (S/P+G), e o betão com proteção *antigrffiti* (C/P), antes e após a aplicação da tinta em *spray* (C/P+G) e após remoção da tinta (C/P+G+R). Os ensaios realizados foram os seguintes: absorção de água por capilaridade, com base no descrito na LNEC E 393 [19], sobre 3 provetes cilíndricos com 100 mm de diâmetro e 200 mm de altura; absorção de água por imersão à pressão atmosférica (LNEC E394 [20]), sobre 3 provetes cúbicos com 150 mm de aresta; resistividade elétrica (RILEM TC 154-EMC [21]), sobre 3 provetes cúbicos com 150 mm de aresta; difusão de cloretos por migração em regime não estacionário (LNEC E 463 [22]), sobre 5 provetes cilíndricos com 100 mm de diâmetro e 50 mm de altura; penetração de CO<sub>2</sub> com base na LNEC E 391 [23] e na Fpr CEN /TS 12390-12 [24], sobre 3 provetes com as dimensões de (33x100x800) mm<sup>3</sup>. Antes da aplicação dos produtos *antigrffiti*, os provetes de betão foram secos numa estufa ventilada a 105±5°C durante aproximadamente uma semana até atingirem a condição de massa constante.

## Análise dos resultados

**Betão no estado fresco.** O comportamento do betão no estado fresco foi caracterizado através da realização do ensaio de abaixamento de acordo com a NP EN 12350-2 [16], conforme valores explicitados na Tabela 2.

Tabela 2 – Abaixamento dos betões

Betão	Abaixamento [mm]
CONV	130
BED	190

### Betão no estado endurecido.

**Características mecânicas.** Para a caracterização da resistência à compressão das composições de betão realizou-se o respetivo ensaio de acordo com a NP EN 12390-3 [17], à idade de 7, 14, 28 e 90 dias, cujos resultados se apresentam na Fig. 6. Em cada idade, foram testados 3 provetes cúbicos com 150 mm de aresta.

O BED atingiu aos 7 dias uma resistência à compressão cerca de 85% superior à do betão convencional; aos 90 dias a resistência à compressão do BED atingiu o valor de 72,2 MPa e, à mesma idade, o betão convencional apresentou uma resistência à compressão de 49,3 MPa.

### Indicadores de durabilidade.

**Absorção de água por capilaridade à pressão atmosférica.** Os coeficientes de absorção capilar obtidos no ensaio de absorção de água por capilaridade à pressão atmosférica para o betão convencional e para o BED (Fig.7), sem proteção aos *graffiti* e com a proteção AGS<sub>1</sub> e AGS<sub>2</sub>, estão indicados na Tabela 3 e na Fig. 8. Os ensaios de absorção de água por capilaridade à pressão atmosférica realizados permitiram registar a respetiva cinética de absorção capilar, expressa pela relação entre a massa de água absorvida por unidade de área em função da raiz quadrada do tempo. Os coeficientes de absorção capilar foram determinados com base nessas curvas e recorrendo ao

método dos mínimos quadráticos, considerando apenas as primeiras 7 horas de ensaio. As aproximações realizadas revelaram-se adequadas, sendo disso demonstrativo o facto de os respetivos coeficientes de correlação linear,  $R^2$ , terem atingido valores muito elevados, superiores a 94,7%.

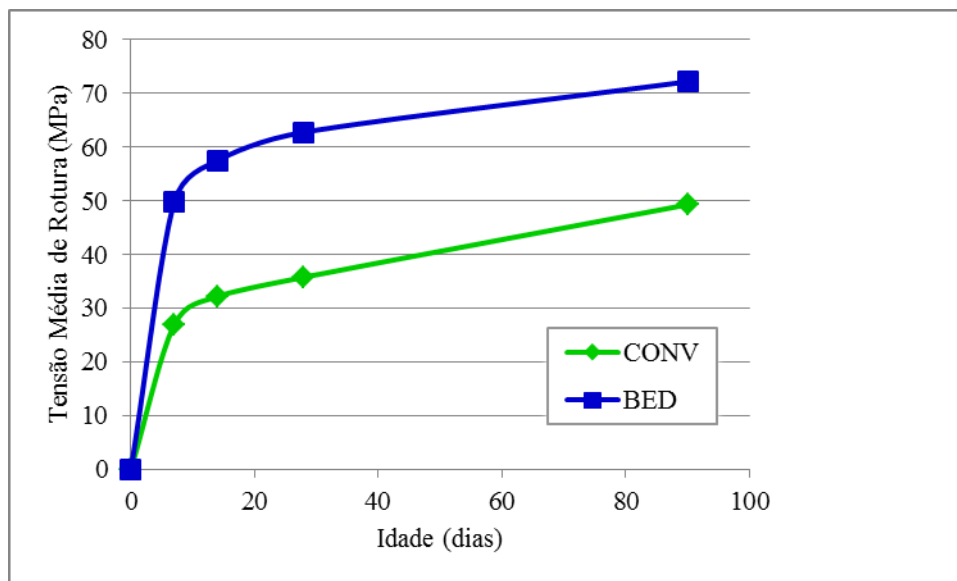


Figura 6. Resultados do ensaio de resistência à compressão



Figura 7. Ensaio de absorção de água por capilaridade à pressão atmosférica

Tabela 3 – Valores dos coeficientes de absorção capilar [ $\text{kg} / (\text{m}^2 \cdot \text{h}^{0,5})$ ]

Betão	Betão sem proteção <i>antigrffiti</i>		Betão com proteção <i>antigrffiti</i>					
	S/P	S/P+G	Permanente AGS <sub>1</sub>			Sacrificial AGS <sub>2</sub>		
			C/P	C/P+G	C/P+G+R	C/P	C/P+G	C/P+G+R
CONV	3,67E+00	1,82E+00	1,74E+00	1,13E+00	1,84E+00	9,60E-01	7,99E-01	2,40E+00
BED	3,19E+00	1,29E+00	1,20E+00	7,85E-01	1,53E+00	7,99E-01	7,01E-01	1,57E+00

Por observação da Fig. 8, é possível verificar que no betão sem proteção aos *graffiti* o valor da absorção de água por capilaridade do betão convencional foi superior ao do BED, embora no período inicial (30 min) apresente um valor ligeiramente inferior. Após a aplicação da tinta em *spray*, há uma diminuição da absorção de água por capilaridade em ambos os betões, mantendo-se o valor da absorção de água por capilaridade no CONV superior ao verificado no BED.

No betão com proteção, verifica-se o seguinte: os valores de absorção de água por capilaridade no CONV com proteção permanente são ligeiramente superiores aos observados com a proteção sacrificial; no BED, verificam-se valores da absorção de água por capilaridade muito próximos para ambas as proteções, permanente e sacrificial.

No betão com proteção *antigrffiti* e tinta em *spray*, verifica-se que a absorção de água por capilaridade diminuiu no CONV e no BED quer para a proteção permanente quer para a sacrificial, embora no período inicial (60 min) os valores tenham sido ligeiramente superiores. Verificam-se ainda, no CONV e no BED, valores da absorção de água por capilaridade com a proteção sacrificial inferiores comparativamente aos observados com a proteção permanente.

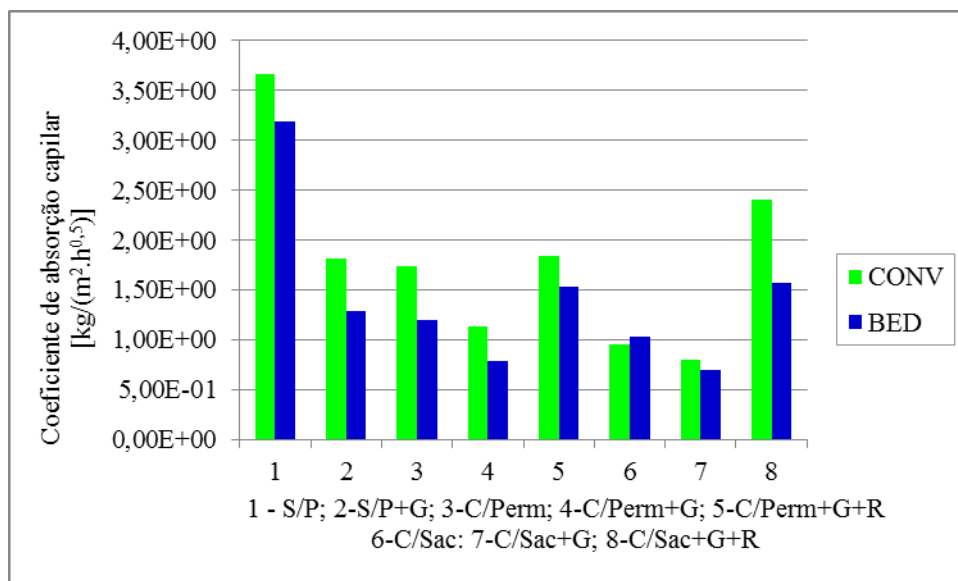


Figura 8. Resultados do ensaio de absorção de água por capilaridade à pressão atmosférica

Após a remoção da tinta em *spray*, o CONV e o BED apresentaram valores mais elevados da absorção de água por capilaridade, atingindo mesmo valores superiores aos valores obtidos inicialmente para o betão com proteção, de forma mais expressiva para o CONV com proteção sacrificial.

É, no entanto, importante referir que os coeficientes de capilaridade após a remoção da tinta vão para valores mais próximos dos valores de referência (betão sem proteção) principalmente com a proteção sacrificial, mas ainda significativamente inferiores. Assim, parece que a operação de remoção não degradou a superfície. Talvez com operações cíclicas de pintura e remoção isso possa vir a ocorrer.

**Absorção de água por imersão à pressão atmosférica.** Os valores obtidos no ensaio de absorção de água por imersão para o betão convencional e para o BED, sem proteção aos *graffiti* e com a proteção AGS<sub>1</sub> e AGS<sub>2</sub>, estão indicados na Tabela 4.

Tabela 4 – Valores dos coeficientes de absorção de água por imersão  $A_{im}$  [%]

Betão	Betão sem proteção <i>antigrffiti</i>		Betão com proteção <i>antigrffiti</i>					
	S/P	S/P+G	Permanente AGS <sub>1</sub>			Sacrificial AGS <sub>2</sub>		
			C/Perm	C/Perm+G	C/Perm+G+R	C/Sac	C/Sac+G	C/Sac+G+R
CONV	11,9	12,0	8,0	11,6	7,2	7,3	10,4	6,8
BED	10,7	11,5	7,2	9,4	7,2	6,4	10,0	6,2

No betão sem proteção aos *graffiti*, verifica-se que a absorção de água por imersão é ligeiramente superior no CONV comparativamente ao BED, mantendo-se esta tendência após a aplicação da tinta em *spray*.

Após a proteção do betão, verifica-se em ambos os betões (CONV e BED) uma diminuição de cerca de 3 a 4% da absorção de água por imersão comparativamente ao betão sem proteção, mantendo-se a maior tendência para absorção de água no betão convencional. Verifica-se ainda em ambos os betões, CONV e BED, uma menor tendência de absorção de água com a proteção sacrificial comparativamente à proteção permanente.

No CONV e no BED com proteção e pintura com a tinta em *spray*, verifica-se, quer para a proteção permanente quer para a sacrificial, um aumento da absorção de água por imersão, atingindo valores próximos da absorção de água do betão sem proteção (Fig. 9).

Após a remoção da tinta em *spray*, verifica-se no CONV e no BED, para as proteções permanente e sacrificial, que a absorção de água é idêntica à situação inicial do betão apenas com proteção.

A tendência para maior absorção de água por imersão pelo betão com proteção após a aplicação da tinta em *spray* pode ser devida às características da tinta. Deverá ser analisado se, de facto, há tendência a retenção de água na superfície do betão após a pintura dos *graffiti*.



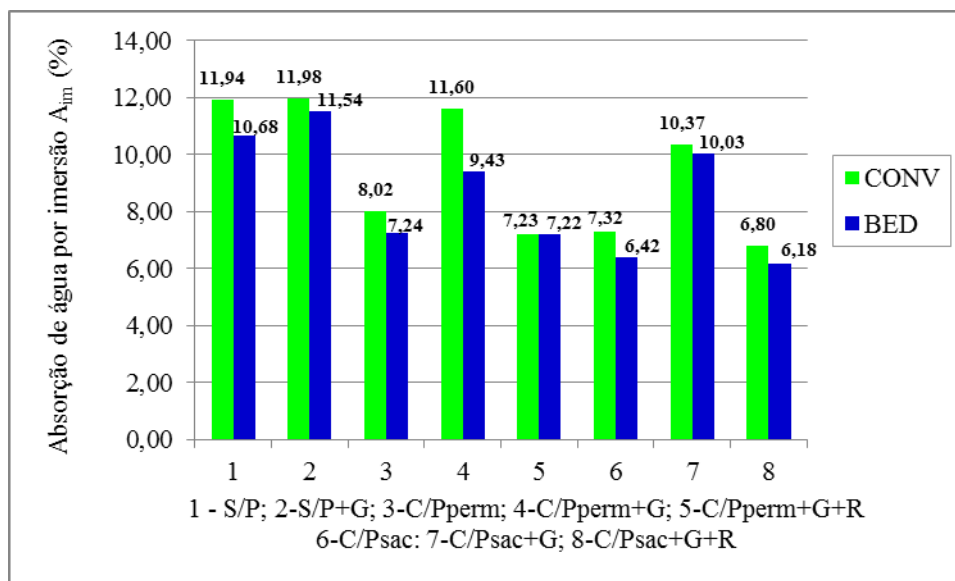


Figura 9. Resultados do ensaio de absorção de água por imersão à pressão atmosférica

## Conclusões

A análise dos resultados obtidos nos ensaios concluídos permitem aferir o seguinte:

- a aplicação da tinta em *spray* sobre a superfície do betão diminui a absorção de água por capilaridade, no CONV e no BED, sendo esta diminuição bastante significativa no betão sem proteção;

- quanto à absorção de água por imersão, verificou-se que após a aplicação da tinta em *spray* sobre a superfície do betão com proteção, no CONV e no BED, houve um aumento significativo, atingindo valores quase idênticos aos verificados no betão sem proteção. A ocorrência desta situação será talvez devida às características da tinta e pode provocar retenção de água na superfície do betão;

- a proteção *antigrffiti* diminui a penetração da água por capilaridade para o interior do betão, que será tanto maior quanto maior for a porosidade do betão. O CONV tem maior tendência para absorção de água por capilaridade que o BED, dado que a estrutura do betão convencional ( $A/L = 0,52$ ) é mais porosa que a do betão de elevado desempenho ( $A/L = 0,36$ );

- a proteção *antigrffiti* também diminui a absorção de água por imersão, no CONV e no BED, sendo o comportamento dos betões idêntico para ambos os produtos de proteção *antigrffiti*;

- os valores da absorção de água por capilaridade observados no CONV e no BED antes da aplicação da tinta em *spray* e após a remoção da tinta são idênticos no caso do betão com proteção permanente, enquanto que na proteção sacrificial atinge valores próximos do betão sem proteção.

A proteção *antigrffiti* protege o betão da entrada de água para o seu interior e facilita a remoção dos *graffiti* sem alterar as propriedades da sua superfície, para um ciclo de remoção, verificando-se um melhor desempenho para a proteção permanente. A tinta dos *graffiti* também diminui a entrada de água no interior do betão sem proteção. No entanto, no betão com proteção verifica-se que a aplicação da tinta em *spray* corresponde a um acréscimo de água retida na superfície do betão, situação que terá de ser analisada.

## Referências

- [1] Levisohn, Cedar. Street Art. Tate Publishing. Eds. 2009.
- [2] Lozano, J. Sebastián. Catálogos nacionales de patrimonio de Europa: una visión en conjunto, II Jornadas Europeas de Patrimonio Cultural, Madrid, 2001.
- [3] Matsui, I, Onda, A., Shinozaki, S., Kyo, E., Nagai, K., Yuasa, N. Method of Removing Graffiti from the Surface of Concrete. Key Engineering Materials. Vols 302-303(2006). pp 363-370.

- [4] Garcia,O., Rodrigez-Maribona,I., Laschewsky,A., Dworak,A., Hoffmann., Vanhellemont,Y., Giavarini,C., Strupi Suput,J., Boron,H., Revilla,M.P. and Brea,B. (2006). Development of a new antigraffiti system, based on tradicional concepts, preventing damage of architectural heritage. Proceedings of the 7<sup>th</sup> Conference “SAUVEURS”. SAFEGUARDED CULTURAL HERITAGE. Understanding & Viability for the Enlarged Europe. Prague, Czech Republic, (2006), pag.111-115.
- [5] Carmona-Quiroga, P., Martinez-Ramirez, S., Sobrados, I. & Blanco-Varela, M.. Interaction between two anti-graffiti treatments and cement mortar (paste). Cement and Concrete Research 40 (2010), pp. 723-730.
- [6] Resende, João Alexandre (2010).Análise dos efeitos de produtos preventivos e corretivos anti-graffiti no granito do Porto (2010).
- [7] Saidi, Salima et Geribaldi, Serge (2001). Polymères contre graffiti. L'ACTUALITÉ QUE. Mars (3) 2001, p3-14.
- [8] Johansson, A., Janz, M., Silfwerbrand, J. & Trägårdh, J. Moisture Diffusion Coefficient of Impregnated Concrete, Proceedings, Hydrophobe IV – 4<sup>th</sup> International Conference on Water Repellent Treatment of Building Materials, Stockholm, Sweden, April 12-13, Aedificatio Publishers (2005), pp79-90.
- [9] Kreijger, P.C. (1984). The skin of the concrete. Composition and properties.Materials and Structures, 17275-283.
- [10] Basheer L, Kroop J and Cleland DJ 2001. Assessment of the durability of concrete from its permeation properties: a review. Construction and Building Materials, vol. 15, n° 2-3, pp. 93-103.
- [11] Swamy, R. N., Suryavanshi, A. K. and Tanikawa, S.. Protective ability of an acrylic-based surface coating system against chloride and carbonation penetration into concrete. ACI Materials Journal 95 (1998), 101-112.
- [12] Hammer, Tor Arne and Plesser, Thale Sofie Wester. Effect of surface treatment on chloride ingress and carbonation in concrete structures-State of the art. COIN Project report 3 (2008).
- [13] Stadelmann,V.F. Acrylic and styrene/acrylic polymers. Handbook of coatings for concrete. Whittles Publishing. (2002).Caithness, pp.21-34.
- [14] Standke, B., Jenkner, P.K., Sorger, R. (1999). Easy-to-clean and Anti-Graffiti Surfaces: New Invisible Coatings on Porous Mineral, with Fluoralkylsilane Systems.Degussa-Huls AG, Germany.
- [15] Carmona-Quiroga, P., Martinez-Ramirez, S., Sobrados, I. & Blanco-Varela, M. (2010). Interaction between two anti-graffiti treatments and cement mortar (paste). Cement and Concrete Research 40 (2010), pp723-730.
- [16] NP EN 12350-2.2009, Ensaios do betão fresco-Parte 2:ensaio de abaixamento.Lisboa:IPQ.11p.
- [17] NP EN 12390-3.2009, Ensaios do betão endurecido-Parte 6:resistência à compressão de provetes.Lisboa:IPQ.21p.
- [18] Camões, Aires e Costeira, André (2012).Durabilidade de Betões Reforçados com Fibras de Aço. BE-2012-Encontro Nacional de Betão Estrutural. Porto - 24, 25 e 26 de Outubro de 2012.
- [19] LNEC E393.1993,Betões. Determinação da absorção de água por capilaridade. LNEC: Lisboa. 2p.

- [20] LNEC E394.1993, Betões. Determinação da absorção de água por imersão. Ensaio à pressão atmosférica. Lisboa: LNEC. 2p.
- [21] RILEM TC.154-EMC.2003, Electrochemical techniques for measuring metallic corrosion half-cell potential measurements-potential mapping on reinforced concrete structures. Materials Structures, vol. 36, p.p.461-471.
- [22] LNEC E463.2004, Determinação do coeficiente de difusão dos cloretos por ensaio de migração em regime não estacionário. Lisboa: LNEC. 7p.
- [23] LNEC E391.1993, Betões- Determinação da resistência à carbonatação.
- [24] Fpr CEN /TS 12390-12. Testing hardened concrete – Part 12: Determination of the potential carbonation resistance of concrete: Accelerated carbonation method.