



Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

Ana Cláudia Souto Barata

Efeito dos Sistemas de Proteção  
Anti-graffiti na Durabilidade do Betão





Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

Ana Cláudia Souto Barata

Efeito dos Sistemas de Proteção  
Anti-graffiti na Durabilidade do Betão

Dissertação de Mestrado  
Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao  
Grau de Mestre em Engenharia Civil

Trabalho efetuado sob a orientação do  
Professor Doutor Aires Camões

Outubro de 2014

## **AGRADECIMENTOS**

Este trabalho não estaria devidamente concluído, se nele não expressasse o meu profundo agradecimento a todos aqueles que me apoiaram e contribuíram para a concretização do mesmo.

Ao meu orientador Professor Aires Camões, o meu profundo obrigado pela sabedoria, paciência, disponibilidade, incentivo e apoio transmitidos no decorrer deste trabalho.

A todos os técnicos do Laboratório de Materiais de Construção do Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho, em especial ao Carlos Jesus, o meu sincero obrigado pela ajuda e disponibilidade demonstrada.

Aos amigos que sempre acreditaram em mim e me apoiaram, Elsa, Drina, Rita, Melissa e Ana, obrigado pela força e incentivo.

Ao meu João, pela paciência, amor, compreensão e amizade dedicadas. Obrigado.

E por fim, à minha família, o meu pilar. Pais, irmã, avós, tios e primos, um muito obrigado.



## RESUMO

Uma grande parte do património construído no século vinte é em betão aparente, sendo particularmente suscetível às agressões dos *graffiti*. Devido ao crescente reconhecimento do seu valor e da importância da sua preservação, surgiu a necessidade de adoção de medidas preventivas capazes de minimizar o impacto e deterioração provocados pelos *graffiti*, bem como pelas sucessivas ações de remoção, no substrato do betão.

A aplicação de um novo tipo de tratamento de proteção na superfície de betão foi a solução encontrada para combater este problema. Surgiram assim, os revestimentos de proteção *anti-graffiti*, permanente e sacrificial, desenvolvidos para proteger as superfícies e dificultar a aderência das pinturas, impedindo a sua fixação profunda, facilitando a sua mesma remoção.

Considerando que a durabilidade do betão depende principalmente da sua composição e das características da sua superfície, é importante avaliar quais os efeitos dos produtos de proteção aos *graffiti* no desempenho e durabilidade do betão aparente.

Neste sentido, desenvolveu-se uma campanha experimental com o intuito de analisar as alterações ocorridas nas principais propriedades relacionadas com a durabilidade de dois tipos de betão, um convencional e outro de elevado desempenho, antes e após o tratamento da superfície com produtos de proteção *anti-graffiti*, com a proteção *anti-graffiti* e os *graffiti*, bem como após a remoção dos *graffiti*.

A avaliação dos indicadores de durabilidade foi feita através da realização e análise dos resultados de cinco ensaios, designadamente o de absorção de água por capilaridade, absorção de água por imersão, penetração de CO<sub>2</sub>, migração de cloretos e resistividade elétrica. Os resultados obtidos mostraram que os sistemas de proteção contribuem para o aumento da durabilidade do betão, em particular a proteção sacrificial. No entanto, sucessivas ações de remoção e pintura não foram avaliadas e poderão ser prejudiciais para a estrutura porosa do betão.

## PALAVRAS-CHAVE

Betão aparente, graffiti, preservação, proteção *anti-graffiti*, durabilidade



## **ABSTRACT**

A largely heritage built in the twentieth century is of fair-faced concrete, which is particularly susceptible to the graffiti attacks. Due to the increasing recognition of its value and preservation importance, the need to adopt preventive measures arose to minimize the impact and damage caused by graffiti, as well by the successive removal actions on the concrete substrate.

The application of a new type of treatment to protect the concrete surface was the way to combat this problem. Thus, the protective anti-graffiti coatings, a permanent and a sacrificial, were developed to protect the surfaces and to hinder the adhesion of paints, preventing their penetration into the pores of the concrete and to make the removal process easier.

Considering that the durability of concrete depends on the composition and characteristics of the surface, it's important to evaluate the effects of anti-graffiti protection products on the durability and on the performance of fair-faced concrete.

In this respect, an experimental program was developed to analyze properties changes occurred in the two types of concrete, conventional and high performance, before and after the treatment with the anti-graffiti protection products, with anti-graffiti and after graffiti, as well as after graffiti removal.

The evaluation of the durability indicators was made by analyzing five tests, such as: water absorption by capillary, immersion at atmospheric pressure, penetration of CO<sub>2</sub>, diffusion of chlorides and electrical resistivity. The obtained results showed that the protective systems contribute to increase the concrete durability, in particular the sacrificial protection. However, successive removal actions may be harmful to the porous structure of concrete.

## **KEYWORDS**

Fair-faced concrete, graffiti, preservation, anti-graffiti protection, durability



# ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO .....	1
1.1	Aspetos gerais .....	1
1.2	Objetivos do presente trabalho .....	2
1.3	Estrutura da dissertação .....	3
2	ESTADO DO CONHECIMENTO .....	4
2.1	Enquadramento histórico .....	4
2.2	<i>Graffiti</i> .....	9
2.2.1	<i>Graffiti</i> enquanto fenómeno histórico .....	9
2.2.2	<i>Graffiti</i> enquanto fenómeno sociológico .....	17
2.2.3	Tipos de <i>graffiti</i> correntemente utilizados .....	25
2.3	Métodos e técnicas usadas para a remoção dos <i>graffiti</i> em betão aparente .....	28
2.3.1	Identificação dos <i>graffiti</i> .....	31
2.3.2	Técnicas de prevenção e remoção .....	32
2.3.2.1	Produtos de protecção anti- <i>graffiti</i> .....	34
2.3.2.2	Métodos não patenteados .....	41
2.3.2.3	Métodos de remoção química .....	42
2.3.2.4	Métodos de remoção física .....	45
2.3.2.5	Remoção a laser .....	46
3	MATERIAIS E PROCEDIMENTOS DE ENSAIO .....	48
3.1	Materiais constituintes do betão .....	48
3.1.1	Cimento Portland .....	48
3.1.2	Cinzas volantes .....	50
3.1.3	Agregados .....	51
3.1.4	Água das amassaduras .....	54
3.1.5	Superplastificante .....	55
3.2	Composições de betão .....	56
3.2.1	Amassadura .....	57
3.2.2	Comportamento do betão fresco .....	59
3.2.3	Moldagem, conservação, tipo e dimensões dos provetes .....	59
3.3	Tinta para pintura dos <i>graffiti</i> .....	62
3.4	Produtos de protecção <i>anti-graffiti</i> .....	63
3.4.1	Protecção <i>antigraffiti</i> permanente .....	64

3.4.2	Proteção <i>antigrffiti</i> sacrificial .....	67
3.5	Remoção dos <i>graffiti</i> .....	68
3.5.1	Em provetes tratados com proteção permanente .....	68
3.5.2	Em provetes tratados com proteção sacrificial .....	70
3.6	Procedimentos de ensaio.....	71
3.6.1	Resistência à compressão .....	71
3.6.2	Absorção de água por capilaridade.....	72
3.6.3	Absorção de água por imersão à pressão atmosférica .....	74
3.6.4	Penetração de CO <sub>2</sub> .....	76
3.6.5	Difusão dos cloretos por migração em regime não estacionário .....	79
3.6.6	Resistividade elétrica.....	84
4	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS .....	86
4.1	Ensaio de abaixamento .....	86
4.2	Resistência à compressão.....	87
4.3	Absorção de água por capilaridade .....	88
4.3.1	Provetes não tratados .....	89
4.3.2	Provetes tratados.....	92
4.3.3	Provetes após remoção e comparação com resultados anteriores .....	95
4.4	Absorção de água por imersão (pressão atmosférica).....	99
4.5	Penetração de CO <sub>2</sub> .....	102
4.6	Difusão de cloretos por migração em regime não estacionário .....	109
4.7	Resistividade elétrica .....	113
5	CONCLUSÕES.....	117
5.1	Apreciações gerais .....	117
5.2	Sugestões para trabalhos futuros.....	121
	REFERÊNCIAS .....	123

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Plaza Del Congreso, Buenos Aires, Argentina (2004) .....	5
Figura 2 – Pala do Pavilhão de Portugal (2011) .....	6
Figura 3 – Museu Solomon R. Guggenheim, Nova Iorque, Estados Unidos da América (1959) .....	7
Figura 4 – Casa da Música, Porto, Portugal (2010) .....	7
Figura 5 – Igreja da Luz, Osaka, Japão (1989).....	8
Figura 6 – Gravuras rupestres de Foz Côa, Portugal.....	10
Figura 7 – Pinturas rupestres das grutas de Lascaux, França .....	11
Figura 8 – Mensagem escrita numa das paredes de Pompeia, Itália .....	11
Figura 9 – Um dos <i>tags</i> realizados por TAKI 183, Nova Iorque, Estados Unidos da América .....	12
Figura 10 – Muro de Berlim, Alemanha (2011).....	14
Figura 11 – Lisboa, Portugal (2012).....	14
Figura 12 – Barcelona, Espanha (2007) .....	15
Figura 13 – <i>Banksy</i> , Londres, Inglaterra (2012).....	16
Figura 14 – <i>Banksy</i> , Los Angeles, Estados Unidos da América (2011).....	16
Figura 15 – <i>Throw up e tags</i> numa fachada de um edifício, Lisboa, Portugal (2010) .....	18
Figura 16 – <i>Street art</i> . Autor <i>David Walker</i> , Londres, Inglaterra (2012).....	18
Figura 17 – <i>Hosier Lane, Melbourne, Austrália</i> (2012) .....	21
Figura 18 – <i>Wall Of Fame</i> , Copenhaga, Dinamarca (2009).....	22
Figura 19 – <i>Rote Fabrik</i> , Zurique, Suíça (2006) .....	22
Figura 20 – <i>Street art</i> . Autores <i>Os Gémeos</i> (BRASIL), Avenida Fontes Pereira de Melo, Lisboa .....	23
Figura 21 – <i>Street art</i> . Autor <i>BLU</i> (ITÁLIA), Avenida Fontes Pereira de Melo, Lisboa .....	23
Figura 22 – <i>Street art</i> . Autor <i>Sam3</i> (ESPANHA), Avenida Fontes Pereira de Melo, Lisboa..	24
Figura 23 – Brita 6/12 mm .....	52
Figura 24 – Brita 16/22 mm .....	52
Figura 25 – Areia 0/2 mm .....	52
Figura 26 – Areia 0/4 mm .....	53
Figura 27 – Central da Betão Liz em Aveiro (grupo CIMPOR) .....	57
Figura 28 – Betoneira carro de eixo horizontal .....	58
Figura 29 – Descarga do betão produzido para posterior betonagem dos moldes .....	58
Figura 30 – Ensaio de abaixamento.....	59
Figura 31 – Moldes destinados à betonagem.....	60
Figura 32 – Preenchimento dos moldes com betão .....	60
Figura 33 – Compactação do betão por meio de uma agulha vibratória .....	60
Figura 34 – Nivelamento da superfície de cada mistura .....	61
Figura 35 – Cura do betão .....	61
Figura 36 – Tinta em <i>spray Ironlack</i> <sup>®</sup> e provete envolto em película transparente .....	63
Figura 37 – Provetes pintados com tinta em <i>spray Ironlack</i> <sup>®</sup> .....	63

Figura 38 – Aplicação do produto <i>antigraffiti</i> permanente .....	66
Figura 39 – Aplicação do produto <i>antigraffiti</i> sacrificial .....	67
Figura 40 – Provetes com tinta em <i>spray</i> aplicada e proteção permanente.....	69
Figura 41 – Processo de remoção da tinta em <i>spray</i> da superfície de betão com proteção permanente.....	69
Figura 42 – Processo de remoção da tinta em <i>spray</i> da superfície de betão com proteção sacrificial .....	71
Figura 43 – Prensa para o ensaio de resistência à compressão.....	72
Figura 44 – Provetes no tabuleiro durante o ensaio de absorção de água por capilaridade .....	74
Figura 45 – Provetes impermeabilizados com parafina.....	78
Figura 46 – Provetes no interior da câmara de carbonatação .....	78
Figura 47 – Superfície pulverizada com a solução de fenolftaleína.....	78
Figura 48 – Medição da profundidade de carbonatação com recurso a um paquímetro digital .....	79
Figura 49 – Câmara de vácuo com solução saturada de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .....	83
Figura 50 – Provetes no reservatório com solução catódica .....	83
Figura 51 – Compressão diametral do provete .....	84
Figura 52 – Medição da profundidade de penetração de cloretos .....	84
Figura 53 – Resultados do ensaio de resistência à compressão.....	87
Figura 54 – Absorção de água por capilaridade, betão sem proteção e com <i>graffiti</i> .....	90
Figura 55 – Coeficiente de absorção capilar no intervalo de 0h – 7h .....	91
Figura 56 - Absorção de água por capilaridade, betão com proteção e com <i>graffiti</i> .....	93
Figura 57 – Absorção de água por capilaridade, betão com proteção e com <i>graffiti</i> .....	93
Figura 58 – Coeficiente de absorção capilar no intervalo de 0h – 7h .....	94
Figura 59 – Absorção de água por capilaridade, betão após remoção dos <i>graffiti</i> .....	96
Figura 60 – Coeficiente de absorção capilar no intervalo de 0h – 7h .....	97
Figura 61 – Coeficiente de absorção capilar no intervalo de 0h – 7h para todas as situações ..	98
Figura 62 – Resultados do ensaio de absorção de água por imersão à pressão atmosférica ..	100
Figura 63 – Variação da profundidade de carbonatação ao longo do tempo, betão sem proteção e com <i>graffiti</i> .....	103
Figura 64 – Variação da profundidade de carbonatação ao longo do tempo, betão com proteção .....	104
Figura 65 – Variação da profundidade de carbonatação ao longo do tempo, betão com proteção e <i>graffiti</i> .....	104
Figura 66 – Variação da profundidade de carbonatação ao longo do tempo, betão após a remoção dos <i>graffiti</i> .....	105
Figura 67 – Coeficiente de carbonatação, $K_c$ , para todas as situações .....	107
Figura 68 – Resultados do ensaio de difusão de cloretos por migração em regime não estacionário.....	110
Figura 69 – Resultados do ensaio de resistividade elétrica .....	114

## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Características químicas do CEM II/A-L 42.5R .....	49
Quadro 2 – Características mecânicas do CEM II/A-L 42.5R .....	49
Quadro 3 – Características físicas do CEM II/A-L 42.5R.....	50
Quadro 4 – Características físicas das cinzas volantes de <i>Compostilla</i> .....	50
Quadro 5 – Características químicas das cinzas volantes de <i>Compostilla</i> .....	50
Quadro 6 – Características dos agregados .....	53
Quadro 7 – Análise granulométrica da brita.....	54
Quadro 8 – Análise granulométrica da areia .....	54
Quadro 9 – Características do produto <i>Sikament 400 Plus</i> .....	55
Quadro 10 – Características do produto <i>Sika ViscoCrete 3008</i> .....	56
Quadro 11 - Composição dos betões (dosagens para 1 m <sup>3</sup> de betão) .....	57
Quadro 12 – Provetes utilizados ao longo da campanha experimental .....	62
Quadro 13 – Dados técnicos do produto primário.....	65
Quadro 14 – Dados técnicos do produto de proteção permanente .....	66
Quadro 15 – Dados técnicos do produto de proteção sacrificial .....	68
Quadro 16 – Dados técnicos do gel removedor.....	70
Quadro 17 – Trabalhabilidade do betão .....	86
Quadro 18 – Resultados do ensaio de resistência à compressão .....	87
Quadro 19 – Resultados do ensaio de absorção de água por capilaridade .....	89
Quadro 20 – Resultados do ensaio de absorção de água por capilaridade .....	92
Quadro 21 - Resultados do ensaio de absorção de água por capilaridade.....	95
Quadro 22 – Resultados do ensaio de absorção de água por imersão à pressão atmosférica...	99
Quadro 23 – Valores da profundidade de carbonatação [mm].....	102
Quadro 24 – Coeficiente de difusão de cloretos por ensaio de migração em regime não estacionário .....	109
Quadro 25 - Resistência à penetração de cloretos com base nos resultados do ensaio NT Build 492 .....	112
Quadro 26 – Resultados do ensaio de resistividade elétrica.....	114
Quadro 27 - Risco de corrosão de acordo com a resistividade (Feliu <i>et al</i> , 1996).....	116

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Aspetos gerais

Desde a pré-história que o Homem sempre sentiu necessidade de se expressar no seu meio e as inscrições ou desenhos em rochas, muros e paredes são usados com vários significados e objetivos desde há muito tempo. Nos dias que correm, não é difícil para quem circula em algumas áreas das cidades e arredores deparar-se com uma enorme quantidade de figuras verbais e não-verbais, de formas mais ou menos elaboradas, feitas ilegalmente (ou legalmente) em locais públicos ou privados, como paredes, muros, junto às vias de circulação e estações de comboios. Um pouco por toda a parte, os *graffiti* são algo que podemos observar quotidianamente nas áreas urbanas e semiurbanas (Cunha, 2003).

Proveniente do italiano, a palavra *graffiti* (*graffito*, no singular) é o nome dado às inscrições feitas em paredes, desde o Império Romano.

Em Portugal, o recurso a elementos isolados de betão aparente apenas se disseminou a partir dos anos 50, depois da polémica “Unidade de Habitação de Marselha” de *Le Corbusier*. A partir de 1950 e até aos nossos dias deu-se a expansão deste material e a sua aplicação na forma de “superfície à vista” nas mais variadas e inúmeras obras como fábricas, igrejas, pavilhões, mercados, moradias, etc. No setor importante das obras públicas, é usado em pontes, aproveitamentos hidroelétricos, aproveitamentos agrícolas, construções escolares, etc. (Moreira, 1991).

O património em betão aparente é suscetível às agressões por *graffiti*, particularmente gravosas em superfícies porosas mais vulneráveis à interação dos *graffiti* com o substrato. Desde há algum tempo, que a aplicação de métodos tradicionais de remoção dos *graffiti* não se tem relevado particularmente eficaz na sua remoção completa, causando danos significativos no substrato do betão. Com o objetivo de mitigar estas agressões, desenvolveram-se produtos de proteção *anti-graffiti* que constituem uma barreira protetora contra o vandalismo, geram superfícies de baixa energia repelentes à água e ao óleo,

dificultam a aderência das pinturas ao substrato, facilitando a sua remoção ou impedindo a sua penetração na estrutura porosa do material (Neto *et al*, 2014).

Neste sentido, desenvolveu-se uma investigação experimental para analisar e comparar o efeito de dois tratamentos de proteção *anti-graffiti*, um permanente e outro sacrificial, sobre betão aparente convencional (CONV) e de elevado desempenho (BED). A interação dos sistemas de proteção com o substrato de betão, bem como a sua influência nos parâmetros de durabilidade, irá ser avaliada mediante o estudo das seguintes condições de superfície: 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 mesma.

## **1.2 Objetivos do presente trabalho**

Este presente trabalho tem como principal objetivo a avaliação do contributo de dois produtos de proteção *anti-graffiti* no desempenho do betão aparente, convencional e de elevado desempenho, através da análise dos resultados dos principais indicadores de durabilidade obtidos na campanha experimental realizada.

Paralelamente à campanha experimental, pretende-se com esta investigação compreender a problemática dos sistemas de proteção *anti-graffiti* baseada no conhecimento das características do substrato, neste caso o betão aparente, bem como relacionada com os sistemas de proteção *anti-graffiti*.

A fim de atingir os objetivos acima mencionados, este estudo prevê a realização dos seguintes ensaios:

- Resistência à compressão;
- Absorção de água por capilaridade;
- Absorção de água por imersão à pressão atmosférica;
- Penetração de CO<sub>2</sub>;
- Difusão dos cloretos por migração em regime não estacionário;
- Resistividade elétrica.

### **1.3 Estrutura da dissertação**

Para além deste capítulo, a presente dissertação contém mais quatro capítulos, organizados e distribuídos do modo a seguir descrito.

No Capítulo 2 é feito um breve enquadramento histórico e sociológico do fenómeno dos *graffiti*, sendo feita uma abordagem aos tipos de *graffiti* correntemente utilizados, bem como métodos e técnicas utilizadas na sua prevenção e remoção, incluindo uma descrição detalhada dos tipos de produtos de proteção *anti-graffiti* hoje em dia existentes.

O Capítulo 3 incide na descrição dos materiais, procedimentos e ensaios utilizados. Desde os constituintes do betão, ao estudo das suas composições, bem como as características e propriedades da tinta em *spray* e dos produtos de proteção *anti-graffiti*, permanente e sacrificial, e os métodos empregues na remoção dos *graffiti*. É ainda feita a descrição do procedimento de cada ensaio de durabilidade realizado (absorção de água por capilaridade, absorção de água por imersão, penetração de CO<sub>2</sub>, difusão dos cloretos e resistividade elétrica).

No Capítulo 4 são expostos e analisados os resultados obtidos nos ensaios realizados.

No Capítulo 5 são apresentadas as principais conclusões da campanha experimental, assim como são sugeridos trabalhos futuros no âmbito da temática desenvolvida.

## 2 ESTADO DO CONHECIMENTO

### 2.1 Enquadramento histórico

Os *graffiti* são um fenómeno que podemos observar hoje em dia, em qualquer parte do mundo. Característicos da cultura *Hip Hop*, os *graffiti* surgiram nos bairros mais estigmatizados dos Estados Unidos, nomeadamente em Nova Iorque, durante a década de 70. Desde o aparecimento dos primeiros marcadores resistentes à água, que a geração mais nova começou a sentir a necessidade de escrever o seu nome ou *nickname* nas paredes dos edifícios, caixas postais, cabines telefónicas, nas passagens de comboio e de metro, como se de uma marca ou afirmação pessoal se tratasse. Primeiramente o movimento foi designado de assinatura isolada e depois de *tagging*.

Os *graffiti* são percecionados pela sociedade em geral como uma forma de vandalismo, contributiva para a degradação local das zonas onde são instalados. É opinião de muitos, que os *graffiti* podem até sugerir que se está em presença de locais violentos ou mal frequentados, especialmente se estes forem de natureza obscena, racista ou sectarista (Begonha, 2001). Os locais em que os *graffiti* aparecem são diferentes e variados, desde muros, paredes e portas em prédios vizinhos e em fábricas desativadas, mas também edifícios públicos, pontes, viadutos, passagens de nível, sinais de trânsito e transportes públicos.

Um pouco por toda a Europa, existe o problema dos *graffiti*, sendo particularmente grave em países como a França, Bélgica, Alemanha e Reino Unido. Anualmente são despendidos milhões de euros na limpeza e remoção dos *graffiti*. Para além disto, os *graffiti* são uma das causas que se encontram por detrás do aumento da degradação do património monumental construído (Figura 1), gerando um impacto social negativo. Este problema, afeta não só a dimensão social, mas também a técnica e cultural, existindo já, cerca de 3.500.000 monumentos protegidos na Europa afetados por este estilo agressivo de *graffiti* (Lozano, 2001).



Figura 1 - Plaza Del Congreso, Buenos Aires, Argentina (2004)

Para além do aspeto estético negativo, os *graffiti* deterioram significativamente os materiais porosos, como o caso do betão, através da sua interação com as tintas que penetram no substrato, o que faz com que a sua remoção se torne uma tarefa difícil. No sentido de minimizar ou evitar estas ações, surgiram os produtos de proteção anti-*graffiti* que são correntemente usados no tratamento e proteção de vários elementos, entre eles, o betão, objeto deste estudo.

Os métodos de tratamento a aplicar nos *graffiti*, deverão conjugar duas características essenciais: serem os mais eficazes e os menos agressivos possíveis. Na seleção do método de tratamento, deverá ter-se em consideração a natureza e as condições do substrato do material (rugosidade da superfície, porosidade, permeabilidade e composição), bem como a composição química dos *graffiti* e o seu grau de penetração no substrato. Quanto mais poroso for o material em que os *graffiti* são aplicados, maior será a dificuldade de os remover sem causar quaisquer danos (Gordon, 2007). Considerando que o betão é um material poroso, algum já deteriorado por diversos agentes ao longo dos anos, as pinturas penetram consideravelmente no substrato, alterando-o, e tornando a sua remoção muito difícil (Maury *et al.*, 2010).

Segundo Weaver (1995), os *graffiti* devem ser removidos logo que apareçam, de forma a prevenir a interação química entre as pinturas e o ar poluído, que tornaria a remoção dos *graffiti* uma tarefa ainda mais difícil; esta é a chave para a sua eliminação – e recorrência. Existe uma grande variedade de tratamentos entre os quais se pode escolher o método de

remoção de *graffiti* mais apropriado que não vá danificar a superfície do betão. As técnicas de remoção devem ser escolhidas de acordo com o tipo de *graffiti* e de betão. Uma remoção de *graffiti* de sucesso requer frequentemente uma combinação de materiais e de métodos de limpeza.

A aplicação de alguns métodos de remoção dos *graffiti* (mecânicos, físicos ou químicos) nem sempre apresenta bons resultados, podendo deixar a superfície do betão em pior estado, comparativamente à forma em que se encontrava anteriormente (Carmona-Quiroga *et al*, 2010). De forma a assegurar e minimizar a ocorrência destas situações, as técnicas de remoção e proteção das superfícies do betão dos *graffiti* deverão ser seleccionadas tendo em conta os seguintes aspetos:

- Identificação do tipo de superfície e substância a remover;
- Selecionar o método de remoção mais apropriado, de acordo com as características anteriores;
- Aplicar um produto de proteção *anti-graffiti* na superfície.

Hoje em dia, o betão aparente é utilizado indiscriminadamente em todo o mundo (Figuras 2, 3 4 e 5), em obras de infraestruturas, equipamentos urbanos, edifícios públicos e privados, obras de arte, desde as construções mais simples às mais arrojadas, onde a engenharia supera limites e a arquitetura explora formas e efeitos de forma a criar obras personificadas únicas (Ribeiro, 2010).



Figura 2 – Pala do Pavilhão de Portugal (2011)

<http://www.flickr.com/photos/28025333@N02/6395465253>



Figura 3 – Museu Solomon R. Guggenheim, Nova Iorque, Estados Unidos da América (1959)

<http://www.fastcodesign.com/1670850/10-masterpiece-buildings-that-turn-concrete-into-poetry#1>

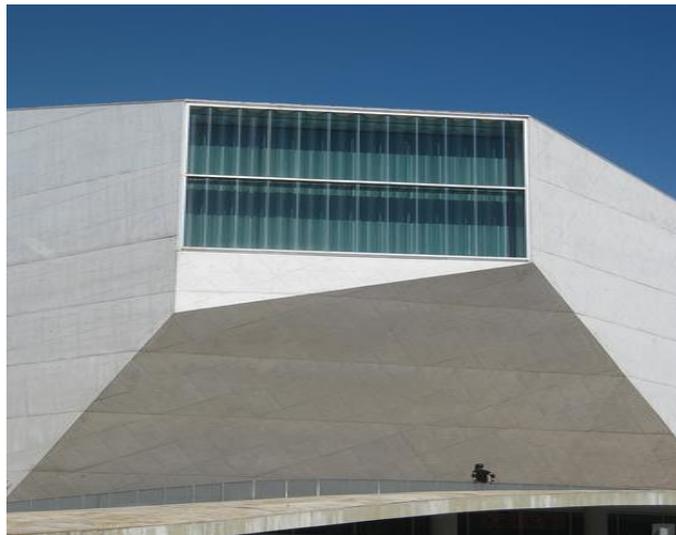


Figura 4 – Casa da Música, Porto, Portugal (2010)

<http://www.flickr.com/photos/marianasantana/4963547650/>



Figura 5 – Igreja da Luz, Osaka, Japão (1989)

<http://www.fastcodesign.com/1670850/10-masterpiece-buildings-that-turn-concrete-into-poetry#10>

A necessidade de prevenir estas ações, levou ao desenvolvimento de produtos de proteção *anti-graffiti* que constituem uma barreira de proteção contra o vandalismo e facilitam a remoção dos *graffiti*, pois são produtos que geram superfícies de baixa energia e tornam o substrato repelente ao óleo e à água, podendo os *graffiti*, que são aplicados neste tipo de superfícies com barreiras protetoras, ser removidos com projeção de água a baixa pressão e um detergente ou solvente (Carmona-Quiroga *et al*, 2010).

Os produtos *anti-graffiti* protegem a superfície de betão das agressões dos *graffiti* ao facilitar a sua remoção e também protegem o betão da penetração de humidade e das ações químicas resultantes da poluição atmosférica, contribuindo para aumentar a sua durabilidade, podendo também proteger temporariamente o betão das ações ambientais. Para além destas propriedades, o produto *anti-graffiti* deve ser permeável ao vapor de água, quimicamente estável, resistir aos raios UV e penetrar no substrato sem provocar alteração da cor ou brilho (Carmona-Quiroga *et al*, 2010).

Basicamente, existem dois tipos de revestimentos de proteção *anti-graffiti*: os permanentes e os sacrificiais, e ambos têm a função de servir de barreira contra a penetração das tintas dos *graffiti* no suporte a proteger, facilitando a sua remoção a partir de superfícies porosas ou não porosas (Weaver, 1995).

Os sistemas de proteção permanentes deverão ser aplicados em materiais pouco porosos, como o betão, visto que, em superfícies muito porosas, denotaram-se vários problemas ao nível da evaporação da água, criando uma barreira que impedia que este fenómeno se processasse naturalmente. Consequentemente, era inevitável a ocorrência de cristalização e condensação sob as superfícies, originando uma alteração na aparência das mesmas, em termos de cor e aspeto estético

Os sistemas de proteção sacrificiais são aplicados em monumentos de betão. No entanto, por vezes, os processos de remoção danificam o substrato. Os revestimentos de cera ou micro-cera, que são removidos com as pinturas (tratamentos sacrificiais), apresentam alguns inconvenientes na utilização e limitada durabilidade quando submetidos à exposição aos raios UV e à poluição urbana, dado que escurecem as superfícies e provocam uma redução substancial da sua permeabilidade (Oliveira, 2012).

Segundo Weaver (1995), antes de qualquer intervenção, é essencial o conhecimento das características básicas, como propriedades e natureza físico-química dos substratos, bem como dos produtos, de forma a definir qual o melhor tratamento a aplicar ao material e evitar a degradação dos materiais envolvidos, resultante de uma insuficiente proteção e de interações imprevistas que não foram premeditadas.

## **2.2 *Graffiti***

### **2.2.1 *Graffiti* enquanto fenómeno histórico**

Segundo Correia (2010), o Dicionário da Língua Portuguesa Contemporânea (2001), considera o termo *graffiti* (pp. 1921, 2ºvol.) sinónimo de grafito. Grafito, por sua vez, apresenta duas definições: “inscrição ou desenho feito em paredes e monumentos antigos; gravação existente num mural antigo, feita com a ponta de um estilete” e “frase, palavra ou desenho geralmente de carácter jocoso, contestatário, obsceno, informativo, em muro ou parede de local público” (pp. 1922, 2ºvol.). *Graffiti writing* é o movimento mais proximamente associado com a cultura *Hip Hop*, cuja principal preocupação é o *tag* ou a assinatura do autor (Lewisohn, 2009).

O termo *graffiti* é aplicado hoje em dia, na maioria dos casos, a um desenho ou inscrição gravados, pintados ou desenhados numa parede. A partir desta definição, podemos considerar as pinturas rupestres como os primeiros exemplos de *graffiti* da história da arte, que foram produzidas entre 15.000 e 10.000 a.C. e que representavam animais, caçadores e outros inúmeros símbolos (Cerqueira, 2006). É desconhecido porém, o motivo pelo qual os homens pré-históricos grafitavam nas paredes das cavernas. Acredita-se que as suas criações estavam associadas a rituais de caça, crenças e religiões.

Os desenhos eram simples e feitos com carvão, além de aproveitarem o relevo das rochas. Já os pigmentos, eram criados através de folhas, sementes, terras de diferentes tonalidades, água, sangue e gordura de animais. Desta forma, não havia uma grande variedade de cores.

Registos desta linguagem foram encontrados por historiadores em diversas regiões de todo o mundo, incluindo em Portugal, caracterizada pelas gravuras rupestres de Foz Côa (Figura 6). No entanto, os que se tornaram mais populares foram os criados nas cavernas de Lascaux (Figura 7), na França, os *graffiti* da Ágora de Atenas na Grécia datados do século VI a.C., bem como os do Vale dos Reis, no Egito, e também os de Pompeia (Figura 8).



Figura 6 – Gravuras rupestres de Foz Côa, Portugal

<http://www.igespar.pt/pt/monuments/53/>

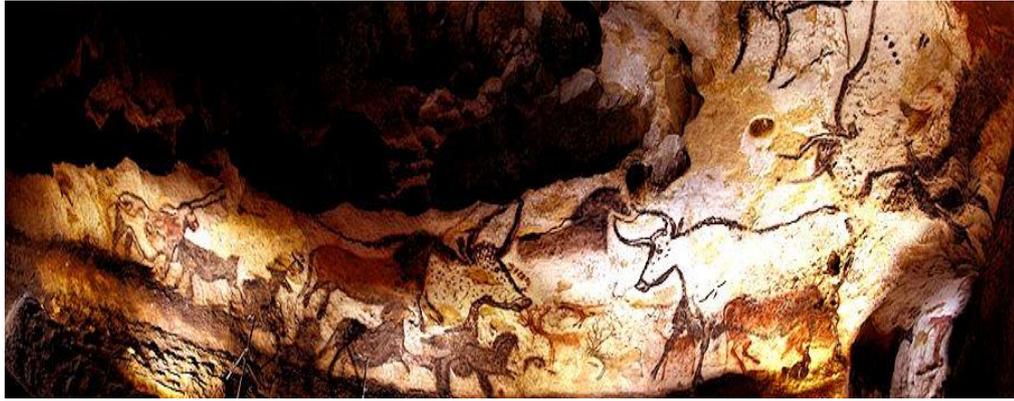


Figura 7 – Pinturas rupestres das grutas de Lascaux, França

<http://www.laboriechic.com/dordogne-attractions/cave-paintings-of-lascaux>

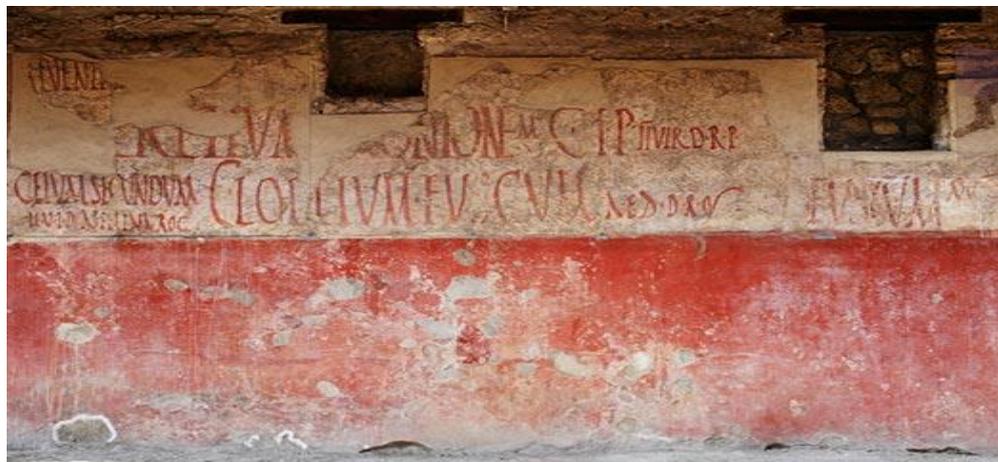


Figura 8 – Mensagem escrita numa das paredes de Pompeia, Itália

[www.smithsonianmag.com](http://www.smithsonianmag.com)

Diferentemente da pré-história, os materiais agora utilizados na criação de *graffiti* não são diretamente extraídos na natureza. Os pigmentos naturais cederam o seu espaço às tintas industrializadas, como o *spray*, as tintas látex e acrílica. Além disso, os desenhos rústicos e simples foram substituídos por formas muitas vezes sofisticadas, que exigem muita técnica e habilidade na sua execução, tanto visualmente, como no conteúdo das mensagens que são transmitidas (Cerqueira, 2006).

O registo oficial do seu aparecimento na era moderna deu-se nos espaços urbanos dos Estados Unidos da América, nascidos nas ruas, pela mão de vários adolescentes. O local exato da sua origem é ainda um facto sobre o qual as opiniões se dividem. Se por um lado se refere a cidade de Filadélfia (Hoekstra, 1992; Ganz, 2004) como berço dos *graffiti*, também se considera Nova Iorque a cidade-origem do que agora se determina como *graffiti writing*

(Lewisohn, 2009; Chalfant *et al*, 2006). Estas opiniões podem, no entanto, não ser consideradas contraditórias se se tiver em conta que o tipo de *graffiti* que surgiu em Filadélfia foi uma primeira expressão de *graffiti*, referente somente ao nome da pessoa, e não de uma marcação territorial, como o exercício de escrita urbana dos *gangs*. É possível, portanto, admitir Filadélfia como ponto de origem do *tag*, mas foi em Nova Iorque que os *graffiti* se desenvolveram até chegar ao conceito atual.

Os *graffiti* surgem por volta de 1970 em Nova Iorque (Lewisohn, 2009; Chalfant *et al*, 2006), pela mão de jovens residentes nos subúrbios da cidade e na forma de assinaturas que se definem como *tags*, assumindo os seus autores a designação de *writers*. Traduzindo literalmente, *writer* significa *escritor*. É uma denominação que ganha sentido no contexto da história dos *graffiti*. Se no início dos *graffiti* tudo o que se tem são *tags*, o *writer* é a pessoa que *escreve* a sua assinatura na rua. O que começou por um simples exercício de escrita, acabou por evoluir para “trabalhos” de maior complexidade, mas o nome do autor manteve-se sempre o mesmo: *writer* (Correia, 2010).

Admite-se a relação entre a explosão dos *graffiti* em Nova Iorque e a publicação de um artigo (Hoekstra, 1992; Reiss, 2007), a 21 de Julho de 1971, no New York Times acerca de TAKI 183: um adolescente que assinava o diminutivo do seu nome grego e o número da rua em que vivia (Figura 9). TAKI 183 não foi o primeiro a fazê-lo mas, por ter conseguido levar o seu *tag* a todas as pontas da cidade, despertou a curiosidade dos órgãos de comunicação que escreveram um artigo acerca dele. Por TAKI ter conseguido publicidade limitando-se a assinar por onde passava, pôs a comunidade adolescente de Nova Iorque inteira à caça da fama. Deu-se assim a explosão dos *graffiti*.



Figura 9 – Um dos *tags* realizados por TAKI 183, Nova Iorque, Estados Unidos da América

<http://www.taki183.net/>

No Outono de 1972, a sobrecarga de *graffiti* na rede do metro Nova Iorquino levou à implementação de um programa de limpeza da gama móvel do metro. A partir daí, e até aproximadamente 1986 (Ganz, 2004), deu-se uma batalha constante entre os *writers*, que atacavam o metro, e as autoridades, que eliminavam os *graffiti*. No entanto, os *graffiti* continuaram a crescer e a expandir-se. Passaram dos metros, comboios e meios de transporte, para serem também vistos e reconhecidos pelas paredes de todo o mundo urbano. Num espaço de 20 anos este fenómeno instalou-se globalmente.

O desenvolvimento dos *graffiti* assenta na expansão paralela da cultura *Hip Hop*. Na verdade, a história dos *graffiti* e do *Hip Hop* são simbióticas por alguns momentos. O *Hip Hop* nasce em Novembro de 1974 enquanto movimento integrador de várias vertentes culturais. Batizado por *Afrika Bambaataa*, também fundador da *Zulu Nation* – uma organização juvenil originária do *Bronx*, Nova Iorque, que começou por promover as ideias de pacifismo através do conhecimento da cultura *Hip Hop* e do sereno convívio entre todas as vertentes e seus seguidores (Correia, 2010).

A chegada dos *graffiti* à Europa deu-se na década de 80 (Ganz, 2004; Lewisohn, 2009) devido ao aparecimento de revistas, filmes e videoclips que iam surgindo importados dos EUA. No entanto, existiam já em Paris artistas que utilizavam o *stencil* muito antes do aparecimento dos primeiros *tags*. Também em Madrid, surgiu um movimento na década de 80 associado ao estilo musical *punk rock* que intervinha nas ruas, mas que nada tinha a ver com os *graffiti* que estavam associados à cultura *Hip Hop*. Como outros exemplos, temos os murais do Muro de Berlim na Alemanha (Maindon, 1990), as de Maio de 1968 em Paris (Garí, 1995), as pinturas anti-franquistas em Espanha ou os murais que segundo Pais (2002) “anteciparam” o processo revolucionário do 25 de Abril em Portugal.

Atualmente, os *graffiti* e o *Hip Hop* já não se encontram tão estritamente ligados e os próprios *graffiti* já evoluíram estilisticamente, extravasando as características técnicas e formais dos *graffiti* gerados em Nova Iorque. A utilização de diferentes técnicas para além do *spray*, a mudança da linguagem estética (incluindo novas formas de distorção tipográfica), a globalização do movimento e suas conseqüentes derivações locais podem agora ser analisadas em vários formatos (Figuras 10, 11 e 12).



Figura 10 – Muro de Berlim, Alemanha (2011)  
<http://www.flickr.com/photos/jadecab/6209358072/>



Figura 11 – Lisboa, Portugal (2012)  
[http://www.graffiti.org/lisboa/fame\\_amoreiras\\_1a.jpg](http://www.graffiti.org/lisboa/fame_amoreiras_1a.jpg)



Figura 12 – Barcelona, Espanha (2007)

[http://www.graffiti.org/barcelona/poblenou\\_setembre2007\\_013.jpg](http://www.graffiti.org/barcelona/poblenou_setembre2007_013.jpg)

No seguimento da definição e contextualização histórico-cultural dos *graffiti* torna-se útil definir também o conceito de *street art*. Os *graffiti*, por não serem um movimento homogéneo, evoluíram em muitas direções e deixaram nascer, dentro deles, uma panóplia de diferentes estilos. Desde estéticas diferentes dentro dos *graffiti*, a subgéneros do mesmo. É aí que se insere a *street art*. Veja-se então a *street art* como um género que surgiu devido à existência precedente dos *graffiti* (Lewisohn, 2009).

Comparativamente aos *graffiti*, a *street art* é um movimento mais globalizante e integrante: se os *graffiti* comunicam expressamente dentro de uma comunidade isolada de *writers* e conhecedores da cultura, a *street art* é facilmente percebida pelo público geral (Campos, 2010). Lewisohn (2009) define *street art* como um subgénero, uma evolução dos *graffiti*.

Provavelmente o autor mais emblemático da *street art* é *Banksy*. O mito que o rodeia torna-o quase tão famoso como os seus trabalhos. O pouco que se sabe seguramente acerca deste *street artist* é que é proveniente da cidade de Bristol, Reino Unido. De resto, nem o nome nem a data de nascimento são realmente conhecidas. Segundo o seu livro homónimo, *Banksy* (2005) começou por pintar *graffiti*, mas apercebeu-se que usando a técnica de *stencil* poderia diminuir radicalmente o tempo que demorava a pintar uma superfície. A proliferação de intervenções e a temática que estas abordam tornaram *Banksy* um fenómeno conhecido à escala mundial. O seu espólio apresenta vários tipos diferentes de intervenções desde simples

imagens a *stencil*, cartazes publicitários subvertidos, pinturas vandalizadas, *tags* em animais, instalações escultóricas até *happenings* na cidade. Uma das principais características do trabalho de *Banksy* é aproveitar de modo inteligente o espaço urbano. Os seus trabalhos, de alguma forma, estão sempre ligados à paz, justiça e liberdade (Correia, 2010) (Figura 13 e Figura 14).



Figura 13 – *Banksy*, Londres, Inglaterra (2012)

<http://banksystreetart.tumblr.com/>



Figura 14 – *Banksy*, Los Angeles, Estados Unidos da América (2011)

<http://banksystreetart.tumblr.com/>

### 2.2.2 *Graffiti* enquanto fenómeno sociológico

Os *graffiti* são percecionados pela sociedade em geral como uma forma de vandalismo, contributiva para a degradação local das zonas onde são instalados. É opinião de muitos que os *graffiti* podem até sugerir que se está em presença de locais violentos ou mal frequentados, especialmente se estes forem de natureza obscena, racista ou sectarista. No entanto, é usual o cidadão distinguir entre *graffiti* que podem ser considerados como uma forma de arte, nomeadamente desenhos que servem para “dar vida” a superfícies “cinzentas”, com o propósito de transmitir uma mensagem, seja de cariz político, social, económico ou até publicitário, de outros nos quais as superfícies são literalmente desfiguradas com *tags* ou rabiscos (Begonha, 2001).

De acordo com Campos (2009), a distinção entre *graffiti* ilegais e legais não é evidente e resulta, em grande medida, de um processo de natureza discursiva em que os *writers* tendem a construir uma imagem dicotomizada do campo. Geralmente o termo legal é usado, nos *graffiti*, para contrapor à atuação de natureza ilegal, correspondendo a duas formas de agir com intenções, atitudes, práticas e objetivos completamente divergentes. Enquanto nos *graffiti* ilegais, no *bombing* - forma rápida de fazer *graffiti*, o que está em causa é a afronta, um ato conflitual de recusa da norma e de provocação, um jogo de excessos e experimentação dos limiares, nas outras expressões de *graffiti* o cerne da ação reside no apuramento estético, no aperfeiçoamento de produtos e competências estilísticas. Daí que este último seja, em muitas circunstâncias, tolerado pelos cidadãos e pelos poderes públicos. Ou seja, esta bifurcação conduz a uma representação dos *graffiti* que oscila entre o Vandalismo (Figura 15) e a Arte (Figura 16) (Campos, 2007; Saavedra, 2006). Todavia, estes não se assumem como campos inconciliáveis: o segredo dos *graffiti* e de uma trajetória de sucesso neste universo consistem, precisamente, numa gestão equilibrada entre estas dimensões. Procurar a Arte no Vandalismo e vice-versa.



Figura 15 – *Throw up e tags* numa fachada de um edifício, Lisboa, Portugal (2010)

[http://www.tumblr.com/tagged/taps?language=pt\\_PT](http://www.tumblr.com/tagged/taps?language=pt_PT)



Figura 16 – *Street art*. Autor *David Walker*, Londres, Inglaterra (2012)

<http://www.streetartutopia.com/?p=10524>

Presentemente, sabe-se que não são só os jovens pobres, abandonados, suburbanos e marginais que produzem os *graffiti*, mas também os jovens e os menos jovens das classes médias, artistas contestatários e outras pessoas, com as mais diversas intenções. Desta forma, pode-se considerar o fenómeno dos *graffiti* como sendo bastante mais complexo, comparativamente ao que se idealiza à primeira vista.

O problema principal que está ligado hoje em dia aos *graffiti* é o da violação da propriedade privada. Mais diversificados do que eram há meio século atrás, atualmente, os *graffiti* podem chegar a ocupar vastas superfícies interiores e exteriores de edifícios públicos ou privados, muros ou veículos, comboios ou metros, bem como autocarros e sinais de trânsito. Os proprietários privados ou públicos lesados com os *graffiti* feitos na sua propriedade, sem autorização, sentem os seus direitos violados. Em Portugal, a lei é clara, *graffiti* sim, mas em locais autorizados. Desta forma, os *graffiti* constituem um género de liberdade de expressão, mas não são um direito absoluto e o seu exercício não pode colidir com outros previstos constitucionalmente, como o direito de propriedade. Com efeito, não é legal fazer pinturas artísticas ou decorativas em todos e quaisquer locais ou edifícios, mas apenas naqueles que possam ser destinados a esse fim. Segundo o Código Penal Português, artigo 212.º, o crime de dano é punível com pena de prisão até três anos ou com pena de multa. Na prática, o procedimento penal depende da queixa que for apresentada às autoridades.

Noutros países europeus, como Inglaterra, a lei é rígida e qualquer indivíduo que seja apanhado a fazer *graffiti* em propriedade pública é punido e a pena pode resultar entre os três meses e os dez anos de prisão ou o pagamento de uma multa que pode chegar até às 5.000 libras, consoante a gravidade dos danos causados. Em 2003 foi estabelecida uma nova legislação *anti-graffiti* em Inglaterra, denominada *Anti-Social Behaviour Act 2003*, que veio introduzir novos poderes para os conselhos locais, ajudando-os na limpeza dos *graffiti* ilegais e na punição dos infratores. Para além disto, os poderes atribuídos incluem:

- Qualquer pessoa que seja apanhada a fazer *graffiti* em propriedade pública, está sujeita a uma multa que pode ser autuada quer por oficiais da polícia, quer por comunidades de apoio aos oficiais ou por autoridades oficiais locais;
- Foi atribuído o poder às autoridades locais de informarem sobre ações de limpeza, os moradores de ruas cujos equipamentos estivessem afetados com *graffiti*, como por exemplo, cabines telefónicas. E, caso estas ações não sejam levadas a cabo pelos moradores, num prazo de 28 dias, as próprias autoridades podem atuar na remoção dos *graffiti* e o custo deste serviço será depois cobrado aos proprietários;
- É proibida a venda de tintas de *spray* a menores de dezasseis anos. Caso, o dono da loja não consiga provar que tomou as medidas necessárias para determinar a idade do comprador, poderá ser punido com uma coima.

Na Austrália, também foi proibida a venda e inclusive a posse, de tintas de *spray* a menores de dezoito anos. Foram também introduzidas novas leis com multas que poderiam atingir os 26.000 dólares australianos e dois anos de prisão. Em Fevereiro de 2008, também a Nova Zelândia introduziu uma nova legislação contra o *tagging* e outras formas de vandalismo com *graffiti*, descrevendo-os como um crime que representava a invasão de propriedade pública e privada. Foi também banida a venda de tintas de *spray* a menores de dezoito anos, bem como o aumento das coimas e foi introduzido o exercício de serviço comunitário (<http://en.wikipedia.org/wiki/Graffiti>, em 19 de Fevereiro de 2013).

Na Dinamarca, onde ocorreram vastos ataques com *graffiti*, algumas figuras públicas fizeram um vídeo *anti-graffiti* que foi comercialmente um sucesso e pode ter sido responsável pela redução dos *graffiti* nos comboios (Resende, 2010).

Em Barcelona, os incidentes com *graffiti* atingiram o seu pico em Agosto de 1987. O metro e a ferrovia foram os mais atacados. Com a proximidade dos Jogos Olímpicos, em 1992, as autoridades locais levaram a cabo um programa bem-sucedido de limpeza de edifícios e de ruas, eliminando os *graffiti* e apresentando a cidade ao mundo como sendo limpa e segura (Resende, 2010).

Em Nova Iorque, em Outubro de 2004, de acordo com Oliveira (2012), a polícia desenvolveu um novo programa de combate a este crime, em que apelou à sociedade em geral para denunciar esta prática e, em especial, aos pais para estarem atentos em casa e na escola ao comportamento dos jovens. Mobilizou meios humanos para atuarem com celeridade neste combate, e criou uma base de dados das pessoas envolvidas nestes crimes, e das suas assinaturas, para mais facilmente identificar os autores. Para além disto, o programa incluía uma recompensa, que poderia chegar até aos 500 dólares, para quem reportasse e fornecesse informações relativas a situações de vandalismo associadas aos *graffiti* e em que a informação fornecida resultasse na captura dos infratores ([http://www.nyc.gov/html/nypd/downloads/pdf/anti\\_graffiti/Combating\\_Graffiti.pdf](http://www.nyc.gov/html/nypd/downloads/pdf/anti_graffiti/Combating_Graffiti.pdf), em 19 de Fevereiro de 2013).

Segundo Weaver (1995), uma rápida remoção dos *graffiti* é um meio de desencorajar potenciais novos ataques. Em Portugal, no metro do Porto, também foi adotada esta política,

que consiste na remoção dos *graffiti* num espaço de tempo o mais curto possível e de maneira a que nunca ultrapasse um período de 48 horas.

Contudo, hoje em dia, existem cada vez mais pessoas ao redor do mundo a reconhecer a qualidade artística e técnica de muitos *graffiti*, e que por isto, merecem ser tratados como verdadeiras obras de arte. Devido a este reconhecimento e também para prevenir a proliferação da violação do direito de propriedade, muitas cidades mundiais optaram pela criação de espaços dedicados à realização dos *graffiti*, espaços estes que, muitas vezes, se encontram em elevado grau de degradação, ganhando assim, uma nova vida. Exemplos disso é o caso da rua *Hosier Lane* (Figura 17), em *Melbourne*, cidade que é conhecida como a *capital* de arte da Austrália, onde os *graffiters* usam e abusam das suas técnicas, atraindo milhares de visitantes por ano.



Figura 17 – *Hosier Lane*, *Melbourne*, Austrália (2012)

<http://www.flickr.com/photos/cooleyd/8290969864/>

Também na Polónia, mais propriamente em Varsóvia, a rua *Topiel Street* é conhecida à escala mundial pelas suas obras de arte. Bem como o *Wall Of Fame* (Figura 18) em Copenhaga, na Dinamarca, onde inúmeros artistas, devido à popularidade do local, criam e recriam as suas obras de arte diariamente. Em Zurique, na Suíça, existe a *Rote Fabrik* (Figura 19), que é uma fábrica antiga que foi transformada num centro cultural e que é conhecida por ser um local em que para além dos *graffiti* serem legais, esta forma de arte também é encorajada.

Em Portugal, também têm existido iniciativas de reconhecimento dos *graffiti* e da *street art*, em prédios abandonados que ganharam uma nova cor e aspeto. Um desses exemplos é o

trabalho executado pelos irmãos brasileiros *Os Gémeos* (Figura 20), conjuntamente com o artista italiano *BLU* (Figura 21) e o grafiteiro espanhol *Sam3* (Figura 22), num dos edifícios da Avenida Fontes Pereira de Melo, em Lisboa, que foi eleito pelo *The Guardian* como um dos dez melhores trabalhos de arte urbana do mundo.



Figura 18 – *Wall Of Fame*, Copenhaga, Dinamarca (2009)  
<http://www.flickr.com/photos/37883340@N03/3697874868/>



Figura 19 – *Rote Fabrik*, Zurique, Suíça (2006)  
<http://www.flickr.com/photos/dnik/97867787/>



Figura 20 – *Street art*. Autores *Os Gêmeos* (BRASIL), Avenida Fontes Pereira de Melo, Lisboa



Figura 21 – *Street art*. Autor *BLU* (ITÁLIA), Avenida Fontes Pereira de Melo, Lisboa



Figura 22 – *Street art*. Autor *Sam3* (ESPANHA), Avenida Fontes Pereira de Melo, Lisboa

Nesta perspetiva de reconhecimento dos *graffiti* como uma forma de arte, convém fazer então a distinção entre os desenhos tecnicamente elaborados e com grande interesse estético, respeitados e aceites socialmente como uma forma de expressão artística contemporânea e estimulada pelo poder público, dos *tags* ou rabiscos que se caracterizam por serem transgressivos, visualmente agressivos, e que contribuem para a degradação da paisagem urbana, renegando para segundo plano o valor estético. Convém ainda referir que a diferenciação entre ambos reside também no facto de os *graffiti* tenderem a serem executados em locais permitidos ou mesmo destinados à sua realização, enquanto que os *tags* ou rabiscos, geralmente são feitos em locais proibidos, como em monumentos históricos e noutras formas de arte, sendo caracterizados por operações rápidas.

Existem outras medidas que podem ser adotadas para a prevenção, controlo e redução da proliferação dos *graffiti* como forma de vandalismo e degradação. Segundo Weaver (1995), para além da remoção imediata dos *graffiti*, as medidas preventivas mais eficazes podem ser consideradas sob duas abordagens. A primeira consiste em medidas físicas envolvendo manutenção, iluminação, segurança e criação de barreiras sobre ou em redor da própria edificação. A segunda dirige-se para programas de valorização das comunidades, que incluem patrulhas de bairro, programas de serviço social e programas educativos nas escolas. Também deverá ser prestada maior atenção ao estabelecimento de programas regulares de manutenção

que não deixem as edificações chegarem a pontos de degradação ou abandono evidentes. Uma manutenção cíclica também faz sentido sob o ponto de vista económico.

A medida preventiva associada à iluminação dos locais, está relacionada com o facto de ser menos provável que os *graffiti* ocorram neste lugares, onde os *graffiters* podem ser claramente vistos e apanhados. Desta forma, as áreas acessíveis e atrativas ao aparecimento dos *graffiti* deverão ser bem iluminadas com holofotes e projetores.

Em relação à segurança, esta poderá ser assegurada pela presença da polícia ou de segurança privada, e de guardas florestais, ou pela simples presença visível de câmaras de vigilância. Também a publicidade sobre detenções e outras medidas punitivas contra os *graffiters*, poderão ser uma boa prática para reduzir os *graffiti* sob a forma de vandalismo.

Se forem historicamente apropriadas e compatíveis com os edifícios históricos, certas barreiras fracas com a forma de sebes baixas de arbustos possivelmente espinhosos ou outras formas de paisagismo ou de plantações, podem ser dissuasores eficientes. Tais plantações podem tornar difícil o acesso à edificação por qualquer outro caminho que não seja o mais seguro. As barreiras rígidas proporcionadas por sebes altas e por painéis ou vedações transparentes, tais como as de acrílico transparente ou de outras chapas em policarbonato, também podem proporcionar um certo grau de proteção. Mas também podem ter um impacto estético negativo sobre a aparência da edificação, especialmente se as próprias barreiras ficarem desfiguradas por *graffiti* (Weaver, 1995).

Em suma, a abordagem deste fenómeno é complexa, no entanto, há que saber diferenciar a Arte do Vandalismo e ter a noção que uma, na maior parte das vezes, não tem de implicar a outra.

### **2.2.3 Tipos de *graffiti* correntemente utilizados**

Segundo Weaver (1995) ter-se a capacidade para identificar o material dos *graffiti* constitui um passo importante para uma remoção de sucesso. Entre os materiais existentes, destacam-se os que são frequentemente mais utilizados na execução dos *graffiti*, como os numerosos tipos de tintas, que incluem, as em *spray* (poliuretanos, lacas e esmaltes) e as tintas para aplicação em pincel (óleos e resinas sintéticas, tais como vinílicas, acrílicas, acetatos, metacrilatos e

alquídicas), assim como os marcadores de feltro. Para além destes materiais, também é corrente a utilização de marcadores solúveis em água, corretores, esferográficas de ponta fina, giz, lápis de cor, de pastel, de cera e de óleo, bem como batom para os lábios ou até *graffiti* riscados ou gravados. A gama de materiais disponíveis é extensa e a sua utilização depende em parte, da disponibilidade de materiais que os *graffiters* possuem no momento de *graffitar*. Os *graffiti* podem ser encontrados em qualquer lado. Desde fachadas de edifícios, incluindo as dos monumentos históricos, em vigas ou pilares de pontes, ruas ou parques, bem como passagens inferiores de metro. De acordo com a investigação levada a cabo por Matsui *et al* (2002), cerca de oitenta por cento dos *graffiti* são executados com tinta em *spray* ou marcadores de feltro e as cores que são predominantemente utilizadas são a preta, vermelha, azul e branca.

Uma tinta é um produto de pintura pigmentado, líquido, em pasta ou em pó, que forma uma película opaca quando aplicado num substrato, desempenhando funções de proteção, decorativas ou outras mais específicas. Na constituição de uma tinta entram ligantes, solventes, pigmentos, cargas e aditivos. Algumas tintas em *spray* podem conter corantes líquidos em vez de pigmentos (Weaver, 1995).

Os ligantes são os principais constituintes da tinta. Estes são produtos orgânicos complexos, responsáveis pela formação de filme, que agregam os vários sólidos presentes, como os pigmentos e cargas, fixando-os ao substrato.

Os solventes podem ser um líquido simples ou uma mistura de líquidos que geralmente são eliminados por evaporação na fase de secagem. Os solventes utilizam-se para tornar o ligante suficientemente líquido para que a tinta seja facilmente aplicável. Quanto maior for a quantidade de solvente contido numa tinta, maior a taxa de fluidez e, portanto, maior a capacidade que essa tinta tem para penetrar nos poros do substrato (Weaver, 1995). Existem tintas onde o ligante se encontra totalmente dissolvido no solvente e tintas onde o ligante se encontra disperso no solvente (Amaro, 2007).

Os pigmentos são substâncias geralmente em forma de partículas finas que se utilizam para conferir propriedades óticas, decorativas ou protetoras. Para além destas propriedades, os pigmentos podem ainda conferir aos revestimentos resistência à corrosão, à luz, ao calor, à água e a determinados compostos químicos (Amaro, 2007).

Quando a tinta seca, é quase impossível distinguir o seu tipo sem uma análise química, o que pode ser extremamente complexo, dispendioso e moroso. Por esta razão, é usualmente recomendado que a remoção dos *graffiti* seja realizada através de um método prévio de experimentação de maneira a definir os materiais e métodos de remoção mais adequados. Segundo Urquhart (1999), o processo de secagem de uma tinta pode ser feito através de um dos seguintes métodos:

- Polimerização por reação química com oxigénio;
- Coalescência de uma emulsão;
- Evaporação de um solvente.

As manchas residuais, ou “fantasmas” dos *graffiti*, especialmente as resultantes de tintas de *spray* de cor vermelha ou com pigmentos finos e negros, podem ser particularmente difíceis de remover.

Desta forma, no caso de *graffiti* pintados, é útil perceber durante quanto tempo eles já ficaram sobre a superfície. Para a maioria das tintas que permaneçam sobre a superfície durante várias semanas ou meses, provavelmente, os processos de endurecimento já estão muito adiantados ou mesmo concluídos; a solubilidade destas tintas fica proporcionalmente reduzida e os *graffiti* tornam-se mais difíceis de remover (Weaver, 1995).

Relativamente aos marcadores de feltro, estes podem ser de base aquosa (não permanentes) ou de base solvente (permanentes). Os marcadores de base aquosa são facilmente removidos da maior parte das superfícies e, como podem ficar borratados em contacto com a água, são de rápida identificação, visto que a caneta liberta um corante em água ou solvente em contacto com a superfície. Os marcadores de base solvente usam álcool, éter ou hidrocarbonatos como solvente, sendo o seu grau de penetração em substratos de base mineral superior à das tintas e tintas em *spray* (Urquhart, 1999). Enquanto que as tintas podem ser utilizadas em superfícies com qualquer grau de rugosidade, os marcadores de feltro são preferencialmente aplicados em superfícies lisas.

O líquido corretor é um material de fácil obtenção, mas apenas é utilizado em pequena escala, devido à pequena dimensão do seu depósito. Este material é caracterizado essencialmente pela

sua secagem rápida e grande viscosidade da tinta, daí a sua dificuldade em penetrar em substratos permeáveis ou porosos comparando com outras tintas de menor viscosidade.

As esferográficas de ponta fina, devido à particularidade da sua ponta, apenas reproduzem *graffiti* de pequena escala. No entanto, o seu principal problema está relacionado com o dano que pode ser causado às superfícies devido à sua capacidade de *arranhar*, originada pela ponta afiada da caneta. A composição deste tipo de esferográfica é semelhante à dos marcadores de feltro, mas inclui uma maior concentração de resina o que torna a tinta mais viscosa e o corante também é mais concentrado, o que dificulta a sua remoção em superfícies porosas.

Os lápis de cera e os batons normalmente não são utilizados como meio de *graffiti*. No entanto, são igualmente encontrados em superfícies históricas, visto que devem ser dos materiais que se encontram mais disponíveis nos casos de ataques não premeditados. Existe uma grande variedade de lápis de cera. Aqueles que contêm uma grande percentagem de pigmento e uma quantidade reduzida de cera são os mais difíceis de remover, especialmente em superfícies porosas. Já para os batons, a remoção tende a ser mais fácil que para os lápis de cera.

O giz é usualmente utilizado como meio de *graffiti* e é também uma das substâncias mais antigas utilizadas para este propósito. O giz é fácil de remover, basta aplicar água e esfregar suavemente com uma escova de *nylon*.

Os riscos e arranhões são destrutivos para a superfície e apenas podem ser removidos, através de processos de abrasão. No entanto, este processo pode danificar ainda mais a superfície do que os *graffiti* iniciais. Esta forma de *graffiti* é muito comum em arenitos, dado que a superfície, pouco dura, é facilmente danificada por instrumentos afiados.

### **2.3 Métodos e técnicas usadas para a remoção dos *graffiti* em betão aparente**

Weaver (1995) defende que o método de remoção selecionado deverá ser o menos agressivo possível, para que a remoção seja realizada sem causar danos no substrato. Desta forma, para se proceder à escolha do método de limpeza mais eficaz e menos agressivo, os *graffiti*

deverão ser cuidadosamente analisados e identificados (Butlin *et al.*, 1992, citado por Smith, 1999; Resende, 2010). As técnicas atuais de remoção de *graffiti* envolvem o uso de solventes, soluções ácidas e alcalinas, detergentes e produtos abrasivos. Estes atuam por dissolução, lixiviação, lavagem e desgaste, respetivamente (Ashurst *et al.*, 1994).

Urquhart (1999) é da opinião que, geralmente, uma remoção de sucesso requer uma combinação de métodos e de materiais. O objetivo deverá ser sempre efetuar a remoção dos *graffiti* sem causar efeitos adversos na aparência ou durabilidade, relacionados com alterações físicas ou químicas do substrato. Para isto ocorrer, é essencial a obtenção de um equilíbrio na quebra de ligação entre os *graffiti* e a superfície, evitando então possíveis danos. Isto, geralmente, exige o conhecimento dos materiais usados na execução dos *graffiti*, bem como do substrato e o domínio das técnicas e materiais de remoção.

A remoção dos *graffiti* deverá ser efetuada o mais rapidamente possível para não incentivar futuros ataques e para evitar a alteração química das pinturas causada pela contaminação atmosférica, o que dificulta a sua limpeza. As pinturas que permaneçam durante semanas ou meses nas superfícies dos materiais, apresentarão o seu processo de endurecimento completo ou num estado muito avançado, logo a sua solubilidade será reduzida e serão mais difíceis de eliminar.

Os principais componentes das pinturas, pigmentos e resinas, podem muito bem permanecer na superfície do material ou penetrar em profundidade, dependendo de inúmeros fatores, que incluem a tensão superficial do substrato e a viscosidade do dissolvente. Desta forma, mesmo a eliminação dos pigmentos ou da resina, pode deixar resíduos na superfície do material ou no seu interior. As manchas residuais, também conhecidas como “fantasmas”, são particularmente difíceis de eliminar, mais do que os *graffiti* originais. Nestes casos, se não for possível eliminar completamente os traços dos *graffiti* sem danificar o substrato, será preferível não intervir. Com o tempo, as pinturas tornar-se-ão menos visíveis, visto que as tintas vão-se apagando (Carmona-Quiroga *et al.*, 2010).

Antes de qualquer processo de remoção, deverão ser executados ensaios prévios a determinada área do material onde se pretende implementar a remoção e a sua eficácia só poderá ser avaliada, após um determinado período de tempo. Previamente à operação de remoção deverão ser identificadas determinadas características e propriedades que devem ser

consideradas, tais como: a natureza e o estado do substrato (porosidade, absorção por capilaridade, dureza, rugosidade e a resistência a agentes químicos), bem como a composição química dos *graffiti* e a sua profundidade de penetração (The City of Edinburg Council, 2003).

A seleção do método de remoção pode depender de vários fatores, entre os quais (Urquhart, 1999):

- O tipo e o estado de conservação do substrato;
- A capacidade de absorção da superfície. Como regra, quanto mais porosa ou permeável a superfície, mais difícil será a remoção dos *graffiti*;
- A área a limpar, que é determinante para a dimensão da intervenção e para definição do equipamento a ser utilizado;
- A composição química dos *graffiti*;
- A força de ligação entre os *graffiti* e o substrato;
- O grau desejável de remoção de *graffiti*. A completa remoção dos últimos vestígios de *graffiti* aumenta grandemente o risco de dano na superfície em materiais porosos e permeáveis;
- Os efeitos químicos do removedor de *graffiti* no substrato e a retenção de resíduos potencialmente prejudiciais dentro da superfície;
- Tempo disponível. Nos casos de locais onde os ataques são frequentes, a rápida remoção pode ser necessária para reduzir a incidência de mais ataques. A seleção de um sistema que remova os *graffiti* de modo rápido e eficaz pode ser uma opção a ter em conta, mas a remoção da maior parte dos materiais de superfícies sensíveis vai certamente exigir um grande esforço de tratamento e um elevado consumo de tempo;
- Testes de limpeza. Nenhuma remoção deve ser levada a cabo sem testes prévios, de modo a aferir os seus resultados.

Os métodos que normalmente são utilizados na limpeza e remoção dos *graffiti* da superfície do betão incluem a água em *spray*, sendo este processo complementado com uma escovagem à mão; a projeção de água fria ou quente, sob pressão; a aplicação de produtos químicos;

tratamentos de superfície com abrasivos ou uma combinação destes métodos (Virolleaud, 1990).

### **2.3.1 Identificação dos *graffiti***

É um facto amplamente reconhecido que, em circunstâncias normais, os *graffiti* deverão ser removidos o mais rápido possível, caso contrário, mais *graffiti* serão adicionados. A sua rápida remoção tem demonstrado ser uma forma de desencorajamento para o *graffiter*, uma vez que, não têm assim a permissão de ver os seus *tags* expostos, sendo que, qualquer atraso na remoção tenderá a aumentar a dificuldade do processo (Urquhart, 1999).

O método de remoção está dependente da identificação e análise da substância usada para executar os *graffiti* e que se pretende remover, bem como da eficácia que cada superfície apresenta a determinado método de remoção. Hoje em dia, as *tintas de spray* e os marcadores de feltro são os materiais mais utilizados na execução dos *graffiti*.

Grimmer (1988) defende que, quanto maior for a informação disponível sobre a substância a remover, maior será a probabilidade de se ter sucesso na remoção da mesma. Por exemplo, o processo de limpeza poderá ser amplamente facilitado através do conhecimento da composição de cada camada de tinta e do respectivo número de camadas a remover.

Weaver (1995) é da opinião que uma remoção bem-sucedida de *graffiti* numa superfície depende, em grande parte, de se conseguir um equilíbrio na quebra da ligação entre o *graffito* e o substrato, sem provocar dano.

Caso exista a possibilidade de se obter informação de como os *graffiti* foram aplicados (como a existência de latas de spray abandonadas nas imediações da área afectada) torna-se uma mais-valia para a investigação, no sentido em que, o fornecedor do produto poderá disponibilizar informação específica relativamente à composição da tinta e, desta forma, potencializar a simplificação da tarefa de limpeza (Grimmer, 1988).

De acordo com Urquhart (1999) é bastante difícil conseguir-se obter uma informação precisa do material que foi utilizado na execução dos *graffiti* sem o recurso a análises químicas. No

entanto, existem determinadas características que poderão ajudar numa identificação *in situ* dos tipos de *graffiti* aplicados:

- Pintura com *spray* aerossol produz um revestimento regular, sem marcas de pinceladas. Os bordos dos *graffiti* não são claramente definidos, a não ser que tenha sido usada uma aresta ou limite;
- Tinta aplicada a pincel deixa normalmente pinceladas e a aplicação poderá ser menos regular;
- Marcadores são identificados por marcas de espessura constante e, em superfícies rugosas, tendem a deixar zonas de baixo-relevo por marcar;
- Uma escovagem suave com água permitirá identificar aqueles materiais que contêm solvente à base de água;
- A existência de recipientes abandonados nas imediações da área abrangida pelos *graffiti* poderão fornecer provas complementares para a identificação.

Por norma, a maioria das superfícies em betão são consideradas porosas e a presença de singularidades na superfície, como corrosão das armaduras e cavidades, poderão dificultar ainda mais o processo de remoção dos *graffiti*.

### **2.3.2 Técnicas de prevenção e remoção**

Embora os *graffiti* sejam um problema comum, a sua intensidade varia substancialmente de local para local. Enquanto um único incidente de *graffiti* não parece ser considerado grave, a sua acumulação poderá tornar-se num problema sério, na medida em que, para além de atrair mais *graffiti*, outras actividades anti-sociais podem surgir, tendo uma influência negativa no ambiente local (Weisel, 2002). Desta forma, um ambiente com bom estado de conservação é um factor importante na política *anti-graffiti* (Urquhart, 1999).

Conforme referido anteriormente, uma remoção rápida dos *graffiti* serve de desincentivo a ataques futuros. No entanto, aliada a esta prática, deverá ter-se como medida prioritária a preservação das superfícies. Estas medidas deverão ser contrabalançadas com a implementação de políticas nacionais e locais *anti-graffiti*, devendo a comunidade estar ciente e envolvida nestas políticas, de forma a contribuir para o seu cumprimento.

Em Portugal foi aprovada uma lei que regula a realização de *graffiti* e os proíbe em alguns locais públicos. Esta entrou em vigor em Setembro de 2013, prevendo coimas para os infractores que variam entre os 100 e os 25 mil euros. De acordo com a *Lei nº61/2013 de 23 de Agosto* “estabelece o regime aplicável aos grafitos, afixações, picotagem e outras formas de alteração, ainda que temporária, das características originais de superfícies exteriores de edifícios, pavimentos, passeios, muros e outras infra-estruturas”.

Weisel (2002) propõe um conjunto de estratégias capazes de dar resposta ao problema dos *graffiti*:

- Detetar os *graffiti* rápida e rotineiramente: monitorizar rotineiramente os locais propensos aos *graffiti* e aumentar as denúncias dos *graffiti* e dos ofensores;
- Remover os *graffiti* rapidamente: pintar por cima dos *graffiti*, remover quimicamente os *graffiti*, limpar os *graffiti* e substituir sinais, materiais e outros artigos vandalizados;
- Aumentar a observação natural e a vigilância formal nos locais propensos aos *graffiti*;
- Aumentar a segurança electrónica;
- Realizar campanhas publicitárias;
- Tornar os locais propensos aos *graffiti* à prova de vandalismo;
- Controlar os acessos aos locais propensos aos *graffiti*;
- Focar a atenção sobre os ofensores crónicos;
- Controlar os instrumentos utilizados nos *graffiti*;
- Canalizar os comportamentos para actividades mais aceitáveis;
- Fornecer actividades e serviços alternativos;
- Envolver os jovens no desenvolvimento de programas;
- Desenvolver a aplicabilidade das leis;
- Responsabilizar os pais;
- Aumentar as sanções para os ofensores;
- Aplicar novas tecnologias;
- Estabelecer restrições aos jovens;

- Avisar os ofensores.

O número de estruturas afectadas com marcas de *graffiti* registou um aumento significativo durante as últimas duas décadas. Desta forma, foi utilizada uma série de materiais na limpeza dos *graffiti* que obtiveram diferentes graus de sucesso. A selecção dos removedores mais eficazes foi dificultada pela carência de métodos de ensaio apropriados que permitissem medir o desempenho de cada produto (Clifton, 1983).

O processo de remoção está dependente da porosidade dos materiais: é mais fácil remover os *graffiti* de superfícies não porosas como metal ou vidro, do que superfícies porosas como o betão. Os substratos que apresentem rugosidade e permeabilidade elevadas, e que se encontrem desgastados ou que se fragmentem com facilidade são os mais difíceis de limpar sem causar dano (English Heritage, 1999).

Segundo Urquhart (1999) são três os principais sistemas de remoção de *graffiti* disponíveis:

- Métodos de remoção química;
- Métodos de remoção física;
- Métodos de remoção a laser.

As superfícies que são porosas ou que se encontrem desgastadas terão, geralmente, uma elevada absorção aos agentes químicos de limpeza. Estes apresentarão uma maior probabilidade de ficarem retidos na superfície por um período considerável de tempo (Urquhart, 1999).

### **2.3.2.1 Produtos de protecção *anti-graffiti***

Os produtos de protecção *anti-graffiti*, ou barreiras de protecção, são destinados a facilitarem a remoção dos *graffiti* a partir de superfícies porosas ou não porosas. Um dos maiores problemas associados à remoção dos *graffiti* é a necessidade de os remover de superfícies que são vítimas de ataques sucessivos. Tendo em consideração estas circunstâncias, a remoção repetida dos *graffiti*, mesmo usando os métodos menos agressivos, irá causar danos no substrato do material. Nestas condições, e considerando que é impossível evitar que a maior parte dos ataques não sejam realizados, a melhor solução corresponde à protecção prévia da

superfície através da aplicação de barreiras ou produtos de proteção *anti-graffiti*, que irão impedir a penetração das tintas ou corantes no interior do substrato.

De acordo com Swamy *et al* (1998), o betão é um material intrinsecamente poroso e, apesar das constantes tentativas realizadas no melhoramento da sua formulação e controlo da sua qualidade, não é possível evitar totalmente o ingresso de potenciais agentes nocivos para o seu interior. A permanente existência de microfissuras e macroporos na superfície do betão constituem um meio de entrada de iões agressivos para o seu interior.

Atualmente, é ponto assente que a durabilidade do betão armado depende principalmente da sua composição e das propriedades da proteção da superfície (Kreijger, 1984). Esta superfície apresenta muitas vezes uma reduzida espessura de recobrimento, e em grande parte dos casos, é a única responsável pela proteção da armadura da corrosão. Os tratamentos de superfície atuam como uma barreira entre o ambiente e o betão, prevenindo ou retardando a entrada de substâncias nocivas que o danificam, como por exemplo os cloretos, sulfatos, a água, entre outros. Desta forma, os tratamentos de superfície com características de “barreira” impedem o caminho para transporte destas substâncias para o interior do betão. Uma porosidade e permeabilidade baixas constituem boas características para reduzir a penetração de humidade e gases no betão, defendendo-o contra estes mecanismos de deterioração. Consequentemente, o controlo da penetração da água na superfície do betão é particularmente importante porque, não entrando a água, não se verifica a reação da carbonatação, que está associada à corrosão das armaduras. O responsável pelo processo de carbonatação é o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), e a velocidade do processo depende das condições ambientais locais (humidade relativa, temperatura, concentração de CO<sub>2</sub>), mas também das características do betão, incluindo a sua porosidade, grau de hidratação do cimento, entre outras. Quanto maior for a porosidade da superfície de betão, maior será a absorção de água e por conseguinte, maior será o grau de carbonatação (Ribeiro, 2010).

A Norma Europeia EN 1504-2 estabelece, como requisitos mínimos para impedir a penetração no betão, que o coeficiente de absorção por capilaridade e a permeabilidade à água não excedam  $0.1\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-0.5}$  e a permeabilidade ao dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) deverá, pelo menos, corresponder a um valor de profundidade de penetração média (S<sub>D</sub>) de 50 μm (Aguiar *et al.*, 2008).

Desta forma, e no âmbito da prevenção *anti-graffiti*, têm vindo a desenvolver-se revestimentos de proteção que se aplicam sobre as superfícies, que têm como objetivo bloquear os poros, dificultando a aderência e penetração das pinturas nos substratos e poros, bem como criar um bloqueamento temporário através de um amolecimento e aumento da barreira de proteção em caso de presença de humidade. Uma outra função que estas barreiras de proteção apresentam está associada com o facto da sua presença numa superfície retardar a secagem dos materiais usados nos *graffiti*.

De acordo com o que foi referido anteriormente, estamos perante um problema de adesão: adesão do revestimento sobre a superfície a proteger e a adesão entre o revestimento e as pinturas. A força de aderência entre a pintura e o material de construção deve-se, fundamentalmente e entre outros fatores, à diferença de tensões superficiais existentes entre ambos e os tratamentos superficiais protetores tendem a igualar essas tensões, devido ao facto de possuírem menor energia superficial comparativamente aos outros materiais de construção, garantido a sua união. Para além da energia superficial, a rugosidade é outro dos fatores cruciais que afeta as propriedades anti adesivas dos materiais protetores (Carmona-Quiroga *et al*, 2010).

De um revestimento protetor devem esperar-se os seguintes requisitos ou propriedades (Weaver, 1995):

- Permeabilidade ao vapor de água, ou respirabilidade;
- Não criarem brilho ou lustro, quando aplicados no substrato;
- Não existirem diferenças na sua aparência, comparativamente com áreas onde não foi colocado produto;
- Não sofrerem alteração da sua cor;
- Envelhecerem uniformemente.

As primeiras investigações relacionadas com a natureza e o comportamento dos tratamentos *anti-graffiti* foram realizadas entre os anos 60 e 70, quando ocorreu o auge dos *graffiti* em cidades como Nova Iorque e Filadélfia. Um dos primeiros exemplos documentados diz respeito à aplicação de um recobrimento acrílico em veículos de transporte público, designado de *Hydron 300*. Durante anos, os tratamentos *anti-graffiti* estiveram baseados em dois

conceitos ou propriedades básicas: a impermeabilização da superfície a proteger e os sistemas reversíveis. Estas características estavam particularmente associadas, aos tratamentos baseados em ceras ou micro-ceras e aos poliuretanos, cuja aplicação permitiu reduzir a incidência dos *graffiters* sobre estas superfícies protegidas (Carmona-Quiroga *et al*, 2010).

No entanto, estes sistemas de proteção *anti-graffiti* convencionais, que já são bastante conhecidos no mercado, por vezes, não solucionam com êxito o problema e apresentam alguns inconvenientes no seu resultado final e na sua durabilidade com o tempo. Por exemplo, os tratamentos de proteção baseados em ceras ou micro-ceras deterioram-se em poucos anos quando expostos à radiação ultravioleta (UV), escurecendo com o tempo em cidades, resultante da adesão dos contaminantes às superfícies, sendo necessária uma reaplicação depois de cada limpeza dos *graffiti*, podendo em certos casos, originar importantes declínios de permeabilidade.

No caso dos tratamentos baseados em poliuretanos, estes modificam o aspeto das superfícies tratadas (não são respiráveis), originando uma deterioração acelerada (problemas de humidade e de condensação), que conduzem a futuras reparações dispendiosas. Para além disso, contêm solventes, sendo o seu uso desaconselhado em alguns casos e ambientes (Carmona-Quiroga *et al*, 2010).

Os tratamentos de proteção *anti-graffiti*, deverão possuir um conjunto de características base de forma a serem minimamente eficazes (Carmona-Quiroga *et al.*, 2010):

- Repelentes ao óleo e à água;
- Permeáveis ao vapor de água e com boa estabilidade química e fotoquímica;
- Capacidade de revestimento da superfície, com mínimas alterações de cor e brilho;
- Resistência a ciclos de pintura/limpeza, para evitar a necessidade de remover, reparar ou reaplicar o tratamento, baixando o custo de sucessivas operações.

A principal finalidade da aplicação de revestimentos de proteção *anti-graffiti* sobre uma superfície, consiste na formação de uma barreira protetora, através de uma ou várias camadas de produtos, com o intuito que estas cubram a superfície e penetrem no sistema poroso do substrato tratado, de forma a impedir a penetração dos corantes contidos nos *sprays*,

marcadores e outros materiais utilizados na execução dos *graffiti* (García *et al*, 2012). As maiores famílias de revestimentos de proteção *anti-graffiti* designam-se por sacrificais, semi-permanentes e permanentes.

Os produtos *anti-graffiti* sacrificiais causam menor alteração do substrato, sendo mais permeáveis ao vapor de água. São aqueles que uma vez aplicados sobre a superfície a proteger, eliminam-se ao mesmo tempo que os *graffiti* (ceras, acrílicos, polissacáridos), sendo necessária uma posterior reaplicação do tratamento. Normalmente, água quente a baixa pressão é suficiente para a remoção dos *graffiti* aplicados sobre este tipo de barreiras protetoras. À primeira vista, estes tipos de sistemas de proteção parecem baratos, no entanto, os custos associados à sua contante reaplicação depois de cada limpeza, deverão ser considerados. Em certas situações, este tipo de tratamento poderá ser a única solução para combater os *graffiti*.

Relativamente aos produtos semi-permanentes, estes constituem uma solução temporária. São baseados em poliésteres, acrílicos ou epóxi, e podem ser aplicados em múltiplas camadas ou são o resultado da combinação de um tratamento permanente e de uma capa sacrificial (emulsão de polietileno, cera). A sua eliminação requer o uso de produtos químicos e em certos casos, após um ou dois ciclos de limpeza, a barreira *anti-graffiti* acaba por ser eliminada.

Os tratamentos permanentes não se dissolvem com os produtos que eliminam as pinturas que os recobrem, mantendo a sua eficácia após uma série de ciclos de limpeza, no entanto, inicialmente, são mais dispendiosos. A eliminação dos *graffiti* aplicados sobre este tipo de revestimento, geralmente é efetuada com dissolventes, equipamentos de projeção de água a alta pressão ou com métodos menos agressivos como, por exemplo, água e esponja. Pertencem a este grupo, os copolímeros acrílicos-siloxanos, poliuretanos, polivinilidenos fluorados (PVF), silicones, entre outros (Carmona-Quiroga *et al*, 2011).

Qualquer tipo de tratamento de proteção *anti-graffiti* tem em comum o facto de, antes da sua aplicação, ser necessária a realização de ensaios prévios e pormenorizados da área do material que se pretende proteger, de forma a avaliar os benefícios e potenciais riscos da aplicação destes produtos, pois a mesma pode ser influenciada por vários fatores externos que deverão ser considerados depois de passado um determinado período de tempo.

Os revestimentos de proteção *anti-graffiti* podem ser transparentes ou pigmentados. Os revestimentos transparentes não apresentam qualquer cor e são bastante utilizados em situações em que seja necessário manter a aparência original do substrato do material. Estão disponíveis com brilho, sem brilho ou opaco e o sistema deverá ser escolhido, de forma a constituir um aspeto natural à superfície do material. Os revestimentos transparentes servem como barreira entre a superfície do betão e os *graffiti*, evitando que os *graffiti* penetrem no betão. Para além disso, este tipo de revestimento também pretende tornar a remoção dos *graffiti* mais fácil, já que a maioria não adere bem à superfície.

Os revestimentos protetores transparentes estão disponíveis em dois tipos: permanentes e sacrificiais. Os permanentes são normalmente baseados em poliuretanos ou silanos, em que os poliuretanos têm a particularidade de alterar substancialmente a aparência das superfícies tratadas, pois criam uma barreira à difusão do vapor de água que acelera a deterioração dos materiais devido à ocorrência de cristalização e condensação sob as superfícies tratadas. Segundo Oliveira (2012), os tratamentos baseados no elemento químico silício, que incluem os silanos, são utilizados como repelentes da água para o betão e a sua capacidade depende do grau de penetração no betão e da reação química com a superfície dos poros do betão, formando uma camada protetora com baixa capacidade de absorção de água e elevada permeabilidade ao vapor de água. Os poros mantêm-se abertos e a água é repelida devido à hidrofobicidade dos grupos *alkyl*.

Verificou-se que os revestimentos permanentes se vão degradando com o tempo. No entanto, geralmente, continuam aptos para suportar vários ciclos de operações de remoção dos *graffiti*, sem existir uma redução na sua eficiência. Estes revestimentos são bastante resistentes aos solventes utilizados na remoção dos *graffiti*, no entanto, a sua reaplicação é usualmente necessária em caso de ciclos de limpeza elevados com este tipo de produtos (Urquhart, 1999).

Os sistemas de proteção sacrificiais transparentes são mais permeáveis ao vapor de água (respiráveis) e são reversíveis. Estes revestimentos podem ser polissacáridos vegetais ou silicone livres de emulsões de cera, de base aquosa, e ainda revestimentos à base de solventes de silicone/cera. Os sistemas de base aquosa proporcionam um acabamento mais natural do substrato do que os revestimentos permanentes e podem ser aplicados na superfície imediatamente após a remoção dos *graffiti*, mesmo que a superfície ainda se encontre húmida.

No entanto, os sistemas baseados em cera podem desenvolver um brilho, caso sejam arranhados ou friccionados.

Os revestimentos pigmentados, tal como os revestimentos protetores transparentes, facilitam a remoção dos *graffiti* porque estes não lhes aderem bem. Estes são tipicamente aplicados em múltiplas camadas, da mesma forma que as tintas normais: primário, subcapa e acabamento final. Devido ao facto de modificarem a aparência da superfície, não é aconselhável a aplicação de revestimentos pigmentados em superfícies não pintadas. Tal como os revestimentos transparentes, as tintas ou revestimentos pigmentados podem ser usados como revestimento protetor permanente, ou como um meio temporário para esconder os *graffiti*, até que estes possam ser removidos – revestimento sacrificial.

Em suma e como referido anteriormente, a produção de qualquer um deste tipo de tratamento é bastante recente, não existindo informações precisas sobre as suas propriedades específicas, a sua interação com o meio ambiente (fatores ambientais, contaminação) e a sua eficiência. No entanto, esta última é profundamente influenciada por outros fatores, tais como (Carmona-Quiroga *et al*, 2012):

- As características físico-químicas dos polímeros;
- A natureza físico-química dos materiais em que são aplicados os produtos de proteção: composição, porosidade e distribuição do tamanho dos poros, em que estas duas últimas propriedades afetam fundamentalmente o comportamento dos produtos protetores (se retêm a pintura, se conduzem a uma limpeza ineficiente, etc);
- A forma de aplicação dos produtos (pintura, capilaridade, entre outros);
- A profundidade que os produtos alcançam dentro da matriz porosa do material: materiais mais porosos tendem a tornar a proteção *anti-graffiti* menos eficiente, visto que o material penetra no substrato e impede a formação da barreira protetora contra as pinturas;
- O tipo de marcadores ou tintas em *spray* utilizadas nas pinturas.

Desta forma, é necessário avaliar não só os benefícios, mas também os potenciais riscos associados à aplicação dos produtos *anti-graffiti*, sendo essencial definir as características básicas que se devem considerar antes de selecionar um produto *anti-graffiti*.

### 2.3.2.2 Métodos não patenteados

Para se iniciar uma remoção, deverá começar-se por escolher um método que seja o menos agressivo possível. De acordo com Urquhart (1999), quando os *graffiti* são solúveis em água e caso a sua remoção seja efetuada nas 24 ou 48 horas seguintes, é, normalmente, suficiente a utilização de água quente juntamente com um detergente não iónico e escovagem suave com escova de *nylon*, sem danificar a superfície. Posteriormente, a superfície deverá ser lavada para remoção completa dos resíduos.

Weaver (1995) refere que existe uma grande variedade de tratamentos entre os quais se pode escolher o método de remoção de *graffiti* mais apropriado que não vá danificar a superfície de betão. Estes métodos deverão ser selecionados de acordo com o tipo de *graffiti* e substrato, existindo:

- Borrachas macias, para remoção de *graffiti* em lápis;
- Escovas de pêlo macio, para remoção de *graffiti* em giz;
- Emplastros com água (com ou sem detergente);
- Emplastros com solventes orgânicos ou decapantes de tinta de base alcalina;
- Lixívia para remoção de *graffiti* pintados;
- Métodos abrasivos muito delicados e controlados, adequados para situações específicas.

A projeção de água a baixa pressão (inferior a 10 MPa) ou a limpeza a vapor podem efetivamente remover sujidades da superfície do betão, mas é exigido muito cuidado nas superfícies frágeis ou deterioradas, mas não resulta em manchas ou grandes sujidades. Apenas deve ser projetada a água suficiente para remover os resíduos. Grande quantidade de água satura o substrato e penetra no seu interior, podendo causar problemas adicionais.

A projeção de água a elevada pressão é utilizada, por vezes, para limpar ou remover tintas em betão de elevada resistência. Normalmente, as pressões utilizadas são da ordem dos 35 a 70 MPa, não sendo aconselhada esta metodologia em estruturas existentes que constituem património histórico (Oliveira, 2012).

### 2.3.2.3 Métodos de remoção química

Em geral, os métodos de remoção química são considerados pouco nocivos, muito efetivos e económicos para a remoção dos *graffiti*. No entanto, em determinadas situações, apresentam alguns inconvenientes. Os métodos de remoção química estão disponíveis em variadas composições (aerossóis ou *sprays*, solúveis ou não solúveis em água) e consistências (géis ou emplastros).

Os removedores químicos são normalmente selecionados para a remoção de tintas, marcadores de feltro, batons, esferográficas de ponta fina e lápis de cera, pois são materiais que não originam grandes danos, daí ser mais eficiente e mais económica a utilização de produtos químicos para a sua remoção, em vez de métodos mecânicos ou de aquecimento. Desta forma, os produtos químicos para remoção dos *graffiti* estão preparados para funcionar com uma enorme gama de marcadores e substratos e, geralmente, consistem em misturas químicas complexas desenvolvidas para desempenharem um conjunto de funções. Estes produtos, normalmente, contêm solventes para dissolver o meio, bem como ativadores que dilatam o meio e tensioativos que quebram a ligação entre a tinta e o substrato (Urquhart, 1999).

A maioria dos *graffiti* pode ser eliminada, sem se danificar o substrato, com decapantes ou outros produtos químicos que contenham solventes orgânicos. Normalmente, os solventes orgânicos devem ser utilizados sob a forma de emplastros para se evitar que penetrem no substrato, podendo originar a sua descoloração ou a formação de manchas permanentes (Weaver, 1995). Um grande número de decapantes é fabricado em géis ou em pastas, de forma a poderem ser barrados sobre a superfície. A grande vantagem dos solventes orgânicos é que se evapora completamente, não deixando resíduos no material de construção. Contudo, podem provocar severos problemas de saúde.

Os principais métodos de remoção química dos *graffiti*, patenteados, são os seguintes (Urquhart, 1999):

- Aerossóis ou *sprays* solúveis em água;
- Aerossóis ou *sprays* solúveis em solvente;

- Géis;
- Emplastros;
- Branqueadores.

Para substratos porosos, os emplastos e os géis poderão constituir os métodos de limpeza mais eficazes. Em superfícies verticais, a baixa viscosidade dos *sprays* e de alguns aerossóis pode resultar num escorrimento rápido do líquido pela superfície, não permitindo que o solvente atue eficazmente sobre os *graffiti*. Neste tipo de superfícies, os géis e os emplastos constituem soluções mais eficientes, garantindo um tempo de contacto suficientemente prolongado para permitir a reação com os *graffiti*.

Muitos géis apresentam na sua constituição fortes solventes que requerem um contacto prolongado para serem eficientes. Um tempo de contacto de trinta minutos será o normal, mas este poderá ser acelerado através da fricção do gel com uma escova de pêlo, particularmente em áreas onde os *graffiti* já existam há mais tempo.

Um emplastro pode ser preparado a partir de um material absorvente como a argila (sepiolite ou caulino) ou a partir de um material celulósico, como o papel triturado – misturado com uma solução de limpeza (detergente, solvente orgânico, branqueadores, decapantes, água), formando uma pasta que pode ser aplicada com uma espátula. Os emplastos são, frequentemente, cobertos com uma folha de plástico para se retardar a evaporação do solvente (Weaver, 1995; Urquhart, 1999).

A finalidade do emplastro é constituída por duas vertentes: ele possibilita que qualquer solução de limpeza seja mantida em contacto com a superfície manchada durante tanto tempo quanto possível, ao mesmo tempo que permite à solução de limpeza puxar o material da mancha para fora do substrato, através do emplastro, sem se voltar a depositar sobre esse substrato ou a manchar o material (Weaver, 1995).

As lixívia de base alcalina, tais como o hipoclorito cálcico, podem, por vezes, ser usadas com muito sucesso num emplastro para lixiviar ou para descolorir certos corantes existentes nalgumas tintas que não se conseguem remover facilmente através de outros meios.

Os compostos alcalinos podem ser empregues na remoção de alguns óleos ou gorduras e de ceras em materiais de construção sensíveis à álcalis, como o caso do betão. Tal como os solventes orgânicos, estes compostos deverão ser utilizados sob a forma de emplastos na remoção dos *graffiti*. O emprego de compostos alcalinos deverá ser sempre seguido de uma lavagem fracamente ácida e por um enxaguamento com água, para se neutralizarem ou removerem todos os resíduos do material. Em geral, não deverão ser usados álcalis fortes (pH entre 13 e 14), tais como decapantes para tinta à base de hidróxido de sódio, porque podem originar eflorescências e manchas nas superfícies, se não forem cuidadosamente neutralizados (por exemplo, o hidróxido de potássio pode reagir com os compostos de ferro, formando manchas escuras que são muito difíceis de remover).

De acordo com Oliveira (2012), os detergentes que contêm ácido diluído podem ser apropriados para remover manchas ou sujidades severas. Podem ser aplicados escovando diretamente sobre a superfície, aplicados num pano de algodão branco muito absorvente colocado sobre a superfície ou em pasta constituída pelo solvente ou reagente e um pó fino inerte muito absorvente. A área manchada deve ser previamente saturada antes da aplicação de uma solução ácida, para que o ácido não seja demasiadamente absorvido e penetre no interior do betão.

Os tratamentos químicos podem, efetivamente, remover os *graffiti*, mas podem também alterar a aparência do betão, branqueando-o, removendo a pasta ou o agregado, ou alterando as características da superfície. A remoção química dos *graffiti* exige que no final do tratamento a área de intervenção seja submetida a uma lavagem com água, de acordo com a especificação da respetiva ficha técnica do produto.

Urquhart (1999) define os seguintes equipamentos e ferramentas mais utilizados na remoção química de *graffiti*:

- Uma gama de produtos de remoção e solventes que são adequados para os diferentes tipos de *graffiti* (marcadores e tintas) e substratos em betão aparente;
- Escovas de pêlo suave de *nylon* de variados tamanhos e formas;
- Raspadores de *nylon*;
- Pincéis de fibra;

- Algodão;
- Esponja;
- Medidor graduado em vidro;
- Lupas;
- Câmara fotográfica/vídeo.

#### **2.3.2.4 Métodos de remoção física**

Os métodos físicos, conhecidos também como mecânicos, são comumente usados na remoção dos *graffiti*. Todos os métodos funcionam por abrasão da superfície. No entanto, em superfícies rugosas e porosas onde os corantes e pigmentos foram absorvidos para o interior do material, um método abrasivo só será eficiente na remoção completa dos *graffiti* através da erosão da superfície e da perda de material do substrato (Urquhart, 1999).

Normalmente, não é possível a remoção dos *graffiti* que já tenham penetrado profundamente no material através de técnicas abrasivas, sem eliminar uma quantidade considerável de substrato, tornando o betão mais vulnerável à ação ambiental e, por conseguinte, a área de intervenção poderá também parecer diferente da restante superfície.

O tratamento da superfície por intermédio de uma técnica microabrasiva com a utilização de partículas abrasivas muito finas, como, por exemplo, o pó de óxido de alumínio, tem-se revelado uma técnica de sucesso para a remoção de *graffiti* em pequenas áreas. No entanto, este tipo de sistema deverá ser aplicado sob circunstâncias muito controladas e pressões muito baixas (entre os 2 a 3 MPa) e, primeiramente, deverá ser testado numa área discreta para avaliar os efeitos da técnica. Os sistemas típicos de baixa pressão fazem uso de uma vasta gama de materiais de baixa dureza, como o carbonato de cálcio, óxido de alumínio, hidrogenocarbonato de sódio, óxido de alumínio, cascas de noz trituradas, entre outros (Andrew *et al.*, 1994; Weaver, 1995; Urquhart, 1999).

Relativamente à projeção de partículas de carbonato de cálcio, sob a forma de partículas de calcite esférica ou angulares, estas apresentam grande eficácia na remoção dos *graffiti* em superfícies em pedra. Já a projeção de água sob pressão com partículas de hidrogenocarbonato

de sódio, através de um pulverizador, tem uma ação branqueadora e a sua utilização é inofensiva quer para o homem quer para o ambiente (Oliveira, 2012).

Os sistemas que recorrem à projeção de água sob pressão, em que utilizam um sistema de projeção a seco, apresentam a vantagem de não originarem manchas, eflorescências ou eventuais danos provocados no betão devido a ciclos de gelo e degelo.

A aplicação dos métodos de remoção física deverá ser executada por pessoal especializado, em que a sua técnica, treino e experiência são fatores que deverão ser considerados na remoção dos *graffiti* por meio destes métodos.

### **2.3.2.5 Remoção a laser**

A utilização do laser como método de limpeza dos *graffiti* é considerada uma alternativa aos solventes e aos métodos de remoção física. No entanto, devido ao custo elevado desta tecnologia, esta ainda não consegue competir com as outras técnicas convencionais, tratando-se de um trabalho altamente especializado.

A remoção dos *graffiti* através de um processo a laser constitui uma técnica de limpeza, que não danifica as superfícies dos materiais de construção, podendo ser utilizada em materiais porosos como o betão.

Os raios laser são constituídos por ondas eletromagnéticas síncronas com o espaço e o tempo, permitindo atuar com grande precisão e alta intensidade. Os raios provocam a microfissuração dos *graffiti*, vaporizando-os instantaneamente, transmitindo apenas calor à superfície pétreia. Depois da superfície estar limpa, os raios laser refletem-se, não atacando, em princípio, a pedra (Resende, 2010), não sendo previsível que ataquem o betão.

Este método de remoção começou a ser comercializado há alguns anos. No entanto, não existem estudos evidentes sobre a influência da microestrutura, das características geométricas da superfície e da composição do betão nos processos de remoção a laser. Denotou-se que, em superfícies de materiais à base de cimento altamente desenvolvidas, a presença da água complicou significativamente o mecanismo de interação entre a radiação laser e a base do material. O grau de facilidade de remoção a laser depende de um grande

número de fatores, desde as características da superfície (rugosidade, porosidade, cavidades, características da composição, propriedades físico químicas), a espessura e a cor dos *graffiti*, bem como das características do próprio equipamento laser (Sanjeevan *et al.*, 2007).

Em qualquer caso, antes de se proceder à eliminação dos *graffiti*, com este ou outros procedimentos, é necessário a realização de testes sobre as superfícies afetadas, numa zona discreta e que seja representativa da superfície a limpar.

### **3 MATERIAIS E PROCEDIMENTOS DE ENSAIO**

Neste capítulo são descritos os materiais utilizados na realização da campanha experimental, as suas características e propriedades, bem como os procedimentos empregues na execução dos ensaios.

Foram considerados dois substratos em betão aparente, um betão convencional (CONV) e um betão de elevado desempenho (BED). A caracterização dos betões exigiu, para além da avaliação do seu comportamento mecânico, a caracterização do seu desempenho face às principais formas de ataque que pudessem provocar a sua deterioração. As superfícies do betão foram revestidas com dois tipos de produtos de proteção *anti-graffiti* (permanente, PERM e sacrificial, SAC) selecionados entre os vários produtos comercializados em Portugal.

Os ensaios de durabilidade foram realizados atendendo às seguintes situações: betão sem proteção *anti-graffiti* (S/P), antes e após a aplicação da tinta em *spray* (S/P+G), e o betão com proteção *anti-graffiti* (PERM e SAC), antes e após a aplicação da tinta em *spray* (PERM+G e SAC+G) e após a remoção da tinta dos *graffiti* (PERM+G+R e SAC+G+R).

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Materiais de Construção do Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho, localizado no Campus de Azurém, em Guimarães.

As duas composições de betão, convencional e de elevado desempenho, foram produzidas na Central da Betão Liz em Aveiro (grupo CIMPOR).

#### **3.1 Materiais constituintes do betão**

##### **3.1.1 Cimento Portland**

Nesta campanha experimental foi utilizado um tipo de cimento para a produção dos dois betões, o Cimento *Portland* de calcário CEM II/A-L 42.5R, certificado segundo a NP EN 197-2. O cimento foi fornecido pela CIMPOR – Cimentos de Portugal, SGPS, S.A.

De acordo com o fabricante, o betão fabricado com este tipo de cimento apresenta as seguintes propriedades especiais:

- Desenvolvimento rápido das resistências mecânicas;
- Elevadas resistências a todas as idades;
- Grande leque de utilizações e bom comportamento mesmo em meios moderadamente agressivos;
- Trabalhabilidade elevada.

Os cimentos mistos do tipo II (cimentos Portland compostos) permitem assim, obter classes de resistência média à compressão compatíveis com as habituais necessidades construtivas obtendo vantagens a nível de trabalhabilidade, calor de hidratação e económicas.

As principais características químicas, mecânicas e físicas estão representadas nos Quadros 1, 2 e 3, respetivamente, sendo que, todos os valores foram disponibilizados pelo fabricante.

Quadro 1 – Características químicas do CEM II/A-L 42.5R

Propriedades	Método de ensaio	Valor especificado
Teor de sulfatos (SO <sub>3</sub> )	NP EN 196-2	≤ 4,0 %
Teor de cloretos (Cl)	NP EN 196-21	≤ 0,10 %

Quadro 2 – Características mecânicas do CEM II/A-L 42.5R

Resistência à compressão (MPa), NP EN 196-1	
2 Dias	28 Dias
≥ 20	≥ 42,5

Quadro 3 – Características físicas do CEM II/A-L 42.5R

Propriedades	Método de ensaio	Valor especificado
Início de Presa (min)	NP EN 196-3	$\geq 60$
Expansibilidade (mm)	NP EN 196-3	$\leq 10$

### 3.1.2 Cinzas volantes

Neste trabalho experimental foram utilizadas cinzas volantes provenientes da *Unidad de Producción Térmica de Compostilla*, localizada na província de *Leon*, em Espanha. Este tipo de cinzas pertence à classe B de perda ao fogo e apresentam uma categoria N de classe de finura, de acordo com a norma NP EN 450-1.

As principais características físicas e químicas das cinzas volantes encontram-se discriminadas nos Quadros 4 e 5, de acordo com o que foi disponibilizado pelo fornecedor.

Quadro 4 – Características físicas das cinzas volantes de *Compostilla*

Finura (%>0,045mm)	Massa Volúmica kg/m <sup>3</sup>	Tempo de presa inicial (min)			Exigência de água	Índice de atividade (%)	
		t100	t75/25	Variação de t (%)		28 Dias	90 Dias
12,35	2420	240	220	109	$\leq 95\%$ (100% Cimento)	79	99

Quadro 5 – Características químicas das cinzas volantes de *Compostilla*

Cl <sup>-</sup> (%)	SO <sub>3</sub> (%)	CaO livre (%)	CaO reativo (%)	SiO <sub>2</sub> reativo (%)	SiO <sub>2</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Alcalis (%)	MgO (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)
0,00	0,11	0,10	2,68	40,60	89,60	0,24	1,89	1,91

### **3.1.3 Agregados**

Os constituintes do betão que ocupam mais volume na sua produção são os agregados, representando cerca de 70% a 80% do seu volume.

Segundo Coutinho (2002), o objetivo deverá ser o uso da maior quantidade possível de agregados tal que as suas partículas sejam aglomeradas pela pasta de cimento, ou seja, deve ser utilizado agregado com partículas da maior dimensão possível, compatível com as condições da obra, com granulometria desde a areia fina ao agregado grosso de modo a minimizar o conteúdo de vazios na mistura de agregados, bem como, também, a quantidade de pasta de cimento necessária.

Os agregados podem ser de origem natural, como os agregados naturais, por exemplo as areias ou os godos, assim como agregados obtidos por britagem de materiais naturais, as britas ou as areias britadas. Existem também os agregados artificiais, como a argila ou o xisto expandido e, mais recentemente, têm sido utilizados agregados obtidos por reciclagem de materiais.

Para o fabrico das composições de betão previstas para esta campanha experimental, foram utilizados dois tipos de agregados, cada um com dimensões diferentes: duas britas calcárias provenientes da pedreira de Condeixa-a-Nova, em que uma tem dimensões compreendidas entre os 6 e 12 mm (Figura 23) e a outra entre os 16 e os 22 mm (Figura 24); e duas areias, uma fina de cor amarela proveniente do Pombal com dimensão compreendida entre os 0 e os 2 mm (Figura 25) e uma areia média de cor amarela originária de Aguada de Cima com dimensão compreendida entre os 0 e os 4 mm (Figura 26). Ambas as areias foram retiradas de areiros e lavadas, em especial a areia média pois continha resíduos de argila.



Figura 23 – Brita 6/12 mm



Figura 24 – Brita 16/22 mm



Figura 25 – Areia 0/2 mm



Figura 26 – Areia 0/4 mm

No Quadro 6 estão representadas as principais características dos agregados que foram gentilmente cedidas pelo fabricante.

Quadro 6 – Características dos agregados

Agregado	D <sub>máx</sub> (mm)	Teor de finos	Massa volúmica (kg/m <sup>3</sup> )	Absorção de água (%)
Areia 0/2	2	≤ 3	2640	≤ 0,2
Areia 0/4	4	≤ 3	2650	≤ 0,2
Brita Calcária 6/12	12	≤ 1,5	2690	0,6 - 2,0
Brita Calcária 16/22	22	≤ 1,5	2710	0,4 - 1,2

As análises granulométricas de ambos os agregados, brita e areia, encontram-se especificadas nos Quadros 7 e 8.

As características avaliadas para os agregados, brita e areia, estão de acordo com o definido na NP EN 206-1, indicando a adequabilidade da sua utilização no fabrico de betões.

Quadro 7 – Análise granulométrica da brita

Peneiro	% de retidos acumulados	
	Brita 6/12	Brita 16/22
mm		
32	0	0
22	0	1
16	0	63
14	3	85
12	17	98
10	45	98
8	79	99
6	95	99
4	100	100
2	100	100
1	100	100
0,5	100	100
0,25	100	100
0,125	100	100
0,063	100	100

Quadro 8 – Análise granulométrica da areia

Peneiro	% de retidos acumulados	
	Areia 0/2	Areia 0/4
mm		
8	0	0
5,6	0	1
4	0	7
2	0	16
1	1	63
0,5	20	90
0,25	85	96
0,125	98	99
0,063	99,1	99,4

### 3.1.4 Água das amassaduras

A água que foi utilizada neste trabalho experimental para o fabrico das duas composições em estudo, é água potável, sendo proveniente da rede pública de abastecimento de Aveiro.

De acordo com o referido na especificação do LNEC E 372 e na norma NP EN 206-1, não houve a necessidade de analisar as características da água, bastando que, esta fosse potável,

inodora e sem gosto para que a sua utilização fosse considerada apropriada no fabrico dos betões.

### 3.1.5 Superplastificante

Na composição de ambos os betões, convencional e de elevado desempenho, foram utilizados um adjuvante plastificante denominado *Sikament 400 Plus* que funciona como um redutor de água para betão, e um superplastificante *Sika ViscoCrete 3008* que permite obter uma plastificação muito forte e uma boa manutenção de consistência. As principais características de cada produto estão indicadas nos Quadros 9 e 10.

Quadro 9 – Características do produto *Sikament 400 Plus*

Marcação CE	NP EN 934-2
Função principal	Adjuvante plastificante redutor de água para betão
Aspecto / Cor	Líquido castanho escuro
Base química	Mistura de polímeros orgânicos e aditivos
Massa volúmica	$1,24 \pm 0,03 \text{ kg/dm}^3$
pH	$10,5 \pm 1,0$
Teor de sólidos	$43,0 \pm 2,0\%$
Teor em cloretos	$\leq 0,1\%$

Quadro 10 – Características do produto *Sika ViscoCrete 3008*

Marcação CE	NP EN 934-2
Função principal	Superplastificante forte redutor de água para betão
Aspecto / Cor	Líquido castanho claro, levemente turvo
Base química	Solução aquosa de policarboxilatos modificados
Massa volúmica	1,07 ± 0,02 kg/dm <sup>3</sup>
pH	5,5 ± 1,0
Teor de sólidos	26,5 ± 1,3%
Teor em cloretos	≤ 0,1%

### 3.2 Composições de betão

O programa experimental desenvolvido incide sobre duas composições de betão ambas produzidas na Central da Betão Liz em Aveiro (grupo CIMPOR), o betão convencional e o betão de elevado desempenho, os quais são designados no decorrer deste trabalho pelas siglas CONV e BED, respetivamente, para uma melhor simplicidade de análise. Optou-se pela escolha de um betão BED e de um betão CONV a fim de analisar a influência das características da composição de cada betão, particularmente a influência da relação água/cimento na porosidade e para perceber como se comportam os produtos de proteção *anti-graffiti* perante essa dissemelhança de propriedades.

Analisando as composições de cada betão, a dosagem de cimento foi fixada em 210 kg/m<sup>3</sup> para o betão CONV e em 340 kg/m<sup>3</sup> para o betão BED e em ambos foi utilizado cimento CEM II/A-L 42.5R da marca CIMPOR. Foram, também, utilizadas cinzas volantes em ambas as composições, sendo de cerca de 35% a substituição de cimento por CV (em massa e relativamente à dosagem de ligante) no betão CONV e 30% no BED.

Em relação aos restantes constituintes, e conforme foi descrito no ponto 3.1, optou-se por areia fina 0/2 (Pombal) e areia média 0/4 (Anadia), brita calcária (1) 6/12 e brita calcária (2)

16/22, adjuvante plastificante *Sikament 400 Plus* e superplastificante *Viscocrete 3008*, ambos da marca *SIKA*.

As respetivas dosagens de cada composição utilizadas na investigação estão discriminadas no Quadro 11. O estudo da composição foi realizado através do método de *Faury*..

Quadro 11 - Composição dos betões (dosagens para 1 m<sup>3</sup> de betão)

Betão	Ligante	Cimento	Adição CV	Areia fina	Areia média	Brita (1)	Brita (2)	Água	Plast.	SP	A/L
	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[L]	[kg]	[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

### 3.2.1 Amassadura

Durante o processo de amassadura de um betão, deverá garantir-se que a mistura se mantém homogénea e com uma consistência uniforme. Assim, o procedimento de mistura adotado é único, estando de acordo com o especificado na norma NP EN 206-1.

As amassaduras de ambos os betões, CONV e BED, foram produzidas na Central da Betão Liz em Aveiro (grupo CIMPOR), a qual se encontra representada na Figura 27.



Figura 27 – Central da Betão Liz em Aveiro (grupo CIMPOR)

A composição de cada betão é definida através de um programa informático que comunica à central de betonagem a ordem de pesagem e as quantidades de materiais que constituem a composição do betão. A pesagem é efetuada por quatro balanças que pesam os materiais pela seguinte ordem: agregados, areias e britas; água; cimentos e cinzas volantes e adjuvantes.

Os materiais são descarregados quase em simultâneo na misturadora de eixo vertical com capacidade de 2 m<sup>3</sup> e misturados durante ciclos de 30 segundos. A superfície interior da misturadora está sempre húmida. Com a mistura já preparada, o betão produzido é lançado numa betoneira carro de eixo horizontal e transportado até ao local onde se efectua a betonagem (Figuras 28 e 29). Neste caso, os moldes dos provetes estavam no espaço exterior junto à própria central de betonagem.



Figura 28 – Betoneira carro de eixo horizontal



Figura 29 – Descarga do betão produzido para posterior betonagem dos moldes

### 3.2.2 Comportamento do betão fresco

Após a execução da amassadura para cada composição, procedeu-se à avaliação das propriedades do betão no estado fresco. Através da realização do ensaio de abaixamento, representado na Figura 30, foi avaliada a trabalhabilidade de cada composição, de acordo com a NP EN 12350-2.



Figura 30 – Ensaio de abaixamento

A classe de abaixamento obtida para o betão convencional foi S3 e para o betão de elevado desempenho foi S4, de acordo com a NP EN 206-1.

### 3.2.3 Moldagem, conservação, tipo e dimensões dos provetes

Primeiramente procedeu-se à colocação do betão em duas camadas consecutivas nos respetivos moldes (Figura 32). Após a colocação de cada uma das camadas, os moldes foram compactados por meio de uma agulha vibratória (Figura 33) introduzida verticalmente no betão durante 15 segundos, de forma a provocar a saída do ar preso, facilitando o arranjo interno das partículas, sem comprometer a homogeneidade da mistura.

Posteriormente ao enchimento e compactação dos moldes foi feito o nivelamento da superfície de cada mistura (Figura 34).



Figura 31 – Moldes destinados à betonagem



Figura 32 – Preenchimento dos moldes com betão



Figura 33 – Compactação do betão por meio de uma agulha vibratória



Figura 34 – Moldes após nivelamento do betão

A seguir à betonagem dos moldes, os provetes ficaram armazenados na central de betão onde permaneceram à temperatura ambiente. Passadas 24 horas, procedeu-se à desmoldagem dos provetes destinados à execução dos vários ensaios de durabilidade e estes foram mantidos imersos em água durante 28 dias em ambiente a temperatura controlada de 21°C (Figura 35).

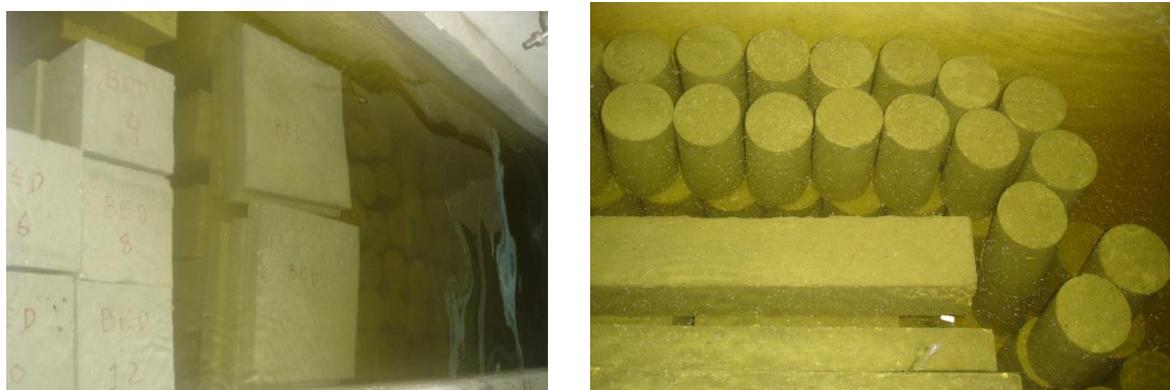


Figura 35 – Cura do betão

No Quadro 12 estão indicados todos os provetes utilizados para cada ensaio ao longo da campanha experimental.

Quadro 12 – Provetes utilizados ao longo da campanha experimental

Ensaio	Provete	Nº de provetes por ensaio
Resistência à compressão	15x15x15cm <sup>3</sup>	5
Absorção por capilaridade	Ø10cmx20cm	2
Absorção por imersão à pressão atmosférica	15x15x15cm <sup>3</sup>	2
Penetração de CO <sub>2</sub>	30x10x10cm <sup>3</sup>	1
Migração de cloretos	Ø10cmx5cm	5
Resistividade Elétrica	Ø10cmx5cm	5

### 3.3 Tinta para pintura dos *graffiti*

Antecipadamente à pintura dos *graffiti* foi feita uma seleção do material e cor a utilizar para a execução dos mesmos. A escolha recaiu sobre a tinta em *spray* de cor preta da marca *Ironlack*<sup>®</sup>, devido ao facto deste ser um produto correntemente utilizado pela comunidade dos *graffiters*, pois encontra-se facilmente disponível no mercado e a relação qualidade/preço é vantajosa. Relativamente à cor, optou-se pela cor preta, pois é uma das cores com utilização mais vulgarizada e, também, por ser considerada das mais difíceis de remover (Urquhart, 1999).

A tinta em *spray Ironlack*<sup>®</sup>, de acordo com as informações disponibilizadas na sua ficha técnica, apresenta como principais características o facto de ser uma tinta acrílica de elevada opacidade, com uma forte aderência à superfície, muito pigmentada, dotada de secagem rápida e de fácil aplicação, apresentando alta estabilidade às radiações UV. De acordo com o descrito na sua embalagem, entram na sua composição os seguintes constituintes: éter etílico, acetona, acetato de etilo, acetato de butilo, butilo-glicol e álcool isopropílico.

A composição desta tinta é favorável à execução da pintura dos *graffiti* em grandes áreas devido à sua secagem rápida e fixação completa do produto ao suporte poroso (Neto *et al*, 2014).

Relativamente à aplicação do produto, esta foi executada na face ou faces do provete a ensaiar, dependendo do ensaio e, antes da sua aplicação, cada provete foi envolto em película

transparente (Figura 36), de modo a que a restante zona para além da face a pintar não fosse atingida, conseguindo-se assim, uma pintura sem imperfeições. A tinta foi pulverizada sobre a superfície dos provetes com uma inclinação de 45° e à distância de 15 cm. Após a aplicação da tinta, foi necessário um período de secagem de 24 horas.

Na Figura 37 apresentam-se representados alguns provetes com a tinta em *spray* aplicada.



Figura 36 – Tinta em *spray* Ironlack® e provete envolto em película transparente



Figura 37 – Provetes pintados com tinta em *spray* Ironlack®

### 3.4 Produtos de proteção *anti-graffiti*

Para o desenvolvimento da campanha experimental, foram considerados dois sistemas de proteção *antigrffiti* com características químicas diferentes: um sistema permanente (PERM) e um sistema sacrificial (SAC), ambos indicados para a proteção de materiais porosos e

praticamente isentos de compostos voláteis, conforme especificado na respetiva ficha técnica de cada produto. Previamente à seleção foram analisados e comparados outros produtos comercializados em Portugal, no entanto, através da observação visual, verificou-se que a superfície do betão ficava praticamente inalterada após a aplicação dos dois produtos escolhidos. Desta forma, foram seleccionados aqueles que transmitiram um melhor desempenho.

Antes da aplicação de qualquer produto de proteção, cada superfície de betão a proteger foi devidamente preparada, de modo a estar limpa e seca, para não comprometer a aplicação e eficácia do produto, de acordo com o especificado nas respetivas fichas técnicas. Cada superfície foi escovada e posteriormente limpa com recurso a ar comprimido, de forma a remover os contaminantes mais profundos, ficando assim apta para receber qualquer produto.

### **3.4.1 Proteção *antigraffiti* permanente**

Previamente à aplicação da proteção *antigraffiti* permanente na superfície de betão é necessário aplicar um produto primário. Este, segundo o fabricante, consiste numa solução de base aquosa e hidrofóbica, isenta de compostos voláteis e recomendada para utilização em superfícies minerais absorventes, tal como as superfícies de betão. Apresenta uma elevada resistência química, sendo permeável ao ar e não tem qualquer influência na permeabilidade ao vapor de água original.

Relativamente à aplicação do primário, esta deve ser efectuada de baixo para cima com recurso a uma trincha ou um rolo, de forma a impedir que o excesso do produto esorra sobre a superfície a tratar. No caso de formação de gotas sobre a superfície ou do produto escorrer, o excesso deve ser aplicado ou espalhado, de forma a observar-se se uma distribuição uniforme, sendo que, a impregnação deve ser aplicada de uma só vez para evitar sobreposições.

A quantidade de produto primário depende da capacidade de absorção do substrato, mas normalmente, o consumo varia entre 60 a 120 ml/m<sup>2</sup>. Após a sua aplicação, é necessário um período de secagem de 24 horas.

No Quadro 13, estão indicados os dados técnicos do produto primário de acordo com a respetiva ficha técnica fornecida pelo fabricante.

Quadro 13 – Dados técnicos do produto primário

<b>Dados de identificação do produto</b>	
Viscosidade (mPa.s)	1,5
Forma	Líquido, fraca formação de depósitos
Aspeto	Amarelado
Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	≅ 1,01 - 1,03
Ponto de inflamação (°C)	> 95
pH	4,1
Conservação	Em recipientes fechados, o produto pode ser armazenado no mínimo durante 6 meses. O recipiente deve ser protegido contra geada, exposição direta ao sol e impurezas.
<b>Dados de aplicação</b>	
Tempo de secagem superficial	24 horas
Temperatura de aplicação	de +3°C a +40°C

Passadas as 24 horas de secagem do produto primário, procede-se à aplicação na superfície de betão do produto *antigrffiti* permanente. Este é caracterizado como um fluoralquilsiloxano de base aquosa, 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 (Neto *et al*, 2014). É quase isento de componentes voláteis, sendo permeável ao vapor de água e resistente às condições climáticas.

No que respeita à sua aplicação, este deve ser aplicado de baixo para cima (Figura 38) de forma uniforme, com recurso a uma trincha, de modo a evitar uma pré-impregnação do produto mediante o escorrimento do mesmo e possíveis sobreposições. Este é aplicado em 3 demãos, com intervalo de secagem entre as mesmas de 1 hora. Na segunda e terceira camada forma-se sobre a superfície uma camada fina de gotas de líquido, tipo embaciamento, que deve ser espalhado com um pincel macio. Após a passagem das demãos, a superfície adquire o efeito completo de proteção após 72 horas de secagem.



Figura 38 – Aplicação do produto *antigraffiti* permanente

O consumo deste produto em superfícies de betão varia entre os 120 e os 200 g/m<sup>2</sup>, por demão.

No Quadro 14, estão indicados os dados técnicos do produto de proteção permanente de acordo com a respetiva ficha técnica fornecida pelo fabricante.

Quadro 14 – Dados técnicos do produto de proteção permanente

<b>Dados de identificação do produto</b>	
Viscosidade (20°C) (mPa.s)	≅ 1,6
Forma	Líquido
Aspetto	Amarelo alaranjado e ligeiramente turvo
Densidade (20°C) (g/cm <sup>3</sup> )	≅ 1,06
Ponto de inflamação (°C)	> 90
pH (20°C)	4
Conservação	Em recipientes fechados, o produto pode ser armazenado no mínimo durante 1 ano. O recipiente deve ser armazenado em estado fechado e protegido da humidade.
<b>Dados de aplicação</b>	
Tempo de secagem superficial	72 horas
Tempo de espera entre uma demão e outra	1 hora
Temperatura de aplicação	de +3°C a +40°C

### 3.4.2 Proteção *antigraffiti* sacrificial

O produto *antigraffiti* sacrificial é caracterizado por uma cera dispersa de base aquosa que contém 10-15% de cera ativa, sendo solúvel na água. Para além das suas propriedades de proteção aos *graffiti*, segundo dados do fabricante, garante proteção contra a poluição e penetração de humidade na superfície do betão, sendo permeável ao vapor de água.

A sua aplicação é feita directamente sobre a superfície de betão em 3 demãos com o recurso a uma trincha, com intervalos de secagem entre demãos de 2 horas. O produto deve ser aplicado de baixo para cima e depois cruzado (Figura 39). As escorrências ou excessos de aplicação podem ser removidos com água após a finalização do trabalho.



Figura 39 – Aplicação do produto *antigraffiti* sacrificial

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, no entanto, o efeito completo de proteção só é adquirido após 72 horas de secagem.

O consumo deste produto em superfícies de betão varia entre os 120 e os 150 g/m<sup>2</sup>, por demão.

No Quadro 15, estão indicados os dados técnicos do produto de proteção sacrificial de acordo com a respetiva ficha técnica fornecida pelo fabricante.

Quadro 15 – Dados técnicos do produto de proteção sacrificial

<b>Dados de identificação do produto</b>	
Viscosidade	Levemente mais viscoso que a água.
Forma	Líquido
Aspetto	Branco
Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	0,99
Ponto de inflamação (°C)	80-85
pH	8-9
Conservação	Em recipientes fechados, o produto pode ser armazenado no mínimo durante 1 ano.
<b>Dados de aplicação</b>	
Tempo de secagem superficial	72 horas
Tempo de espera entre uma demão e outra	2 horas
Temperatura de aplicação	de +5°C a +35°C

### 3.5 Remoção dos *graffiti*

A ação de remoção dos *graffiti* processa-se de forma diferente para cada produto de proteção *antigrffiti*, permanente e sacrificial. Esta ação foi efectuada, de acordo com as indicações constantes na ficha técnica de cada produto de proteção fornecida pelo fabricante.

É de salientar, conforme referido anteriormente, que as protecções permanentes permanecem na superfície após a remoção dos *graffiti* e, pelo contrário, as sacrificiais desaparecem com a remoção dos *graffiti* o que implica nova aplicação.

#### 3.5.1 Em provetes tratados com protecção permanente

Conforme se pode observar na Figura 40, a tinta em *spray* adere com dificuldade na superfície de betão com a protecção permanente, devido às suas propriedades óleo e hidrofóbicas.

Os produtos de protecção permanente são caracterizados por não se dissolverem com o produto que elimina as pinturas que recobrem as superfícies de betão.



Figura 40 – Provetes com tinta em *spray* aplicada e proteção permanente

A remoção dos *graffiti*, em provetes tratados com produto *antigrffiti* permanente, é efectuada com o recurso a um gel, com aroma semelhante a limão. O produto deverá ser aplicado de forma homogénea com a superfície seca por meio de um rolo ou trincha. O gel removedor é aplicado na área a intervir durante 15-30 minutos, em movimentos circulares, de forma a interagir com a pintura, sem nunca permitir a sua secagem, podendo ser necessário aplicar mais removedor fresco ao longo do processo. Após as pinturas estarem dissolvidas, procede-se à lavagem da superfície com água à pressão máxima de 12 bar, sendo o método idêntico para ambos os tipos de betão (Figura 41).



Figura 41 – Processo de remoção da tinta em *spray* da superfície de betão com proteção permanente

Após a remoção dos *graffiti*, a variação de cor das superfícies é mínima e deverá manter-se ao longo de sucessivos ciclos de limpeza, sem que a protecção da superfície se altere. De acordo com a ficha técnica, uma superfície com proteção permanente, suporta 10 ciclos de remoção da tinta dos *graffiti*.

No Quadro 16, estão indicados os dados técnicos do gel removedor de acordo com a respetiva ficha técnica fornecida pelo fabricante.

Quadro 16 – Dados técnicos do gel removedor

<b>Dados de identificação do produto</b>	
Viscosidade	Leitoso, um pouco viscoso.
Forma	Líquido
Aspeto	Transparente
Densidade (20°C) (g/cm <sup>3</sup> )	0,971
Ponto de inflamação (°C)	112
pH	4,02
Conservação	Em recipientes fechados, o produto pode ser armazenado durante mais de 1 ano, em temperaturas inferiores a 40°C.
<b>Dados de aplicação</b>	
Tempo de interação do removedor	15-30 min
Temperatura de aplicação	De 0°C a +40°C

### 3.5.2 Em provetes tratados com proteção sacrificial

A remoção dos *graffiti* em provetes tratados com produto *antigrffiti* sacrificial é efectuada com projecção de água quente a 90°C e à pressão de 90 a 110 bar. Como o produto sacrificial é removido em simultâneo com a tinta dos *graffiti*, é necessária uma nova aplicação do produto na área afectada, recorrendo-se novamente ao procedimento de aplicação descrito no ponto 3.4.2 para ambos os tipos de betão.

Na Figura 42 está representado o processo de remoção da tinta em *spray* da superfície de betão com proteção sacrificial. Conforme se pode observar existe um destacamento da película do produto com tinta em *spray*, formando-se um filme contínuo sobre a superfície de betão com a proteção sacrificial.

Os diversos ciclos de remoção e aplicação associados à proteção sacrificial podem provocar alterações na superfície de betão, tanto ao nível da cor como ao nível da sua estrutura porosa.



Figura 42 – Processo de remoção da tinta em *spray* da superfície de betão com proteção sacrificial

### 3.6 Procedimentos de ensaio

Com o intuito de se atingir os objetivos previamente programados, o trabalho experimental incidiu na avaliação do ensaio de resistência à compressão, da absorção de água por capilaridade, da absorção de água à pressão atmosférica, da penetração de CO<sub>2</sub>, da difusão de cloretos por migração em regime não estacionário e da resistividade elétrica.

Os ensaios foram realizados em ambos os betões, CONV e BED, para as várias condições de superfície mencionadas anteriormente: sem proteção (S/P) e após a aplicação da tinta em *spray* (S+G); com proteção permanente (PERM) ou sacrificial (SAC) e após a aplicação dos *graffiti* (PERM+G ou SAC+G); e posteriormente à remoção da tinta em *spray* em superfícies protegidas com ambas as proteções, permanente (PERM+G+R) ou sacrificial (SAC+G+R).

Neste capítulo, irá ser efectuada a descrição do procedimento de cada ensaio envolvido na investigação experimental.

#### 3.6.1 Resistência à compressão

O ensaio de resistência à compressão foi realizado de acordo com a NP EN 12390-3 em três provetes cúbicos com 150 mm de aresta para cada betão. A velocidade de aplicação da carga na prensa foi de 13.5 kN/s.

Na Figura 43 encontra-se representada a prensa utilizada na determinação da resistência à compressão.



Figura 43 – Prensa para o ensaio de resistência à compressão

Os resultados de resistência à compressão alcançados resultam da média de 3 provetes cúbicos ensaiados aos 7, 14, 28 e 90 dias de idade para cada betão.

Os valores de resistência à compressão foram obtidos através da seguinte fórmula:

$$f_c = \frac{F}{A_c} \quad (1)$$

Em que:

$f_c$ : resistência à compressão, MPa ( $N/mm^2$ );

F: carga máxima de rotura, N;

$A_c$ : área da secção transversal do provete na qual a força de compressão foi aplicada,  $mm^2$ .

### 3.6.2 Absorção de água por capilaridade

A absorção de água por capilaridade é um parâmetro que se encontra intrinsecamente relacionado com a durabilidade do betão. Para a realização de cada ensaio, foram utilizados 2 provetes cilíndricos com 100 mm de diâmetro e 200 mm de altura.

O cálculo da absorção de água por capilaridade resulta da diferença entre a massa do provete de betão endurecido que esteve com uma das faces em contacto com água durante um determinado período de tempo e a massa do provete seco, dividida pela área de superfície em contacto com água.

De acordo com a condição a ensaiar, os produtos, tinta em *spray* e de proteção, foram aplicados na face que se manteve em contacto com a água. De modo a garantir a absorção de água por capilaridade apenas pela superfície inferior, procedeu-se à passagem, a partir dos 15 mm de altura da face a ensaiar, de uma camada de produto isolante, silicone, à volta de todo o provete.

O procedimento preconizado na medição da absorção de água por capilaridade foi efectuado de acordo com o disposto na especificação do LNEC E 393. O procedimento de ensaio foi o seguinte:

1. Secagem dos provetes numa estufa a  $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$  até a massa ficar constante ( $M_0$ ), procedendo-se à pesagem dos provetes de 24 em 24 horas até se verificar uma variação da massa  $\leq 0.1\%$ ;
2. Colocação dos suportes no fundo do tabuleiro destinados a receber os provetes, com o objetivo de que a face inferior dos mesmos mantenha o contacto com a água;
3. Posicionamento dos provetes no tabuleiro (Figura 44), após se encontrarem à temperatura ambiente de  $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$  e humidade relativa de  $65 \pm 5\%$ ;
4. Enchimento cauteloso do tabuleiro com água até que o nível atinja  $5 \pm 1$  mm acima da face inferior dos provetes, sempre com a precaução de não molhar as outras faces dos provetes;
5. Tapar o tabuleiro e os provetes com a câmpanula, de forma a minimizar as trocas de água com o exterior e manter o nível de água constante no decorrer do ensaio;
6. Avaliação da quantidade de água absorvida, através de pesagens ao fim de tempos  $t_i$  iguais a 0, 5, 10, 30, 60, 180 minutos a contar desde o primeiro contacto dos provetes com a água. Repetir as medições passadas 24, 48 e 72 horas do início do ensaio, desta vez em intervalos de 120 em 120 minutos até perfazer 4 leituras. Em cada medição, o provete é retirado do tabuleiro e colocado numa superfície de base não absorvente, de forma a permitir que a água escorra durante  $60 \pm 5$  segundos. Após este período,

procede-se à pesagem do provete e regista-se a sua massa ( $M_i$ ) no tempo  $t_i$  e depois volta-se a colocá-lo no recipiente;

7. Os resultados da absorção capilar foram obtidos através da seguinte equação:

$$A_c = \frac{M_i - M_0}{A} \quad (2)$$

Em que:

$A_c$ : absorção de água por capilaridade,  $g/mm^2$ ;

$M_i$ : massa do provete no tempo  $t_i$ , g;

$M_0$ : massa inicial do provete, g;

$A$ : área da face inferior do provete que esteve em contacto com a água,  $mm^2$ .

8. A cinética da absorção capilar pode ser representada graficamente através da variação de  $A_c$ , em  $kg/m^2$ , ao longo da raiz quadrada do tempo,  $\sqrt{t}$ . É efetuado o melhor ajuste de uma reta aos pontos obtidos. O coeficiente de absorção de água por capilaridade corresponde ao declive dessa reta.



Figura 44 – Provete no tabuleiro durante o ensaio de absorção de água por capilaridade

### 3.6.3 Absorção de água por imersão à pressão atmosférica

A absorção de água por imersão à pressão atmosférica é um dos ensaios associado aos indicadores de durabilidade do betão. Para a realização de cada ensaio, foram utilizados 2 provetes cúbicos com 150 mm de aresta.

O cálculo da absorção de água por imersão resulta da diferença entre a massa do provete de betão endurecido imerso em água e a massa do mesmo provete quando seco.

Neste ensaio e dependendo da condição a ensaiar, a aplicação dos produtos, tinta em *spray* e de proteção, foi efetuada em todas as faces de cada provete.

O procedimento preconizado na medição da absorção de água por imersão à pressão atmosférica foi efectuado de acordo com o disposto na especificação do LNEC E 394. O procedimento de ensaio foi o seguinte:

1. Secagem dos provetes numa estufa a  $105 \pm 5^\circ\text{C}$  até a massa ficar constante, procedendo-se à pesagem dos provetes de 24 em 24 horas até se verificar uma variação da massa  $\leq 0.1\%$ ;
2. Introdução dos provetes num recipiente com água de consumo público a uma temperatura de  $20 \pm 3^\circ\text{C}$ , até se atingir massa constante. Este processo foi efectuado por etapas: imersão de cerca de 1/3 da altura dos provetes durante uma hora, seguindo-se de imersão até 2/3 da altura dos provetes na hora seguinte e por fim, imersão completa dos provetes. O nível final da água não ultrapassou os 20 mm das faces superiores dos provetes imersos. Considerou-se atingida a massa constante do provete saturado quando a diferença entre as massas obtidas em duas pesagens consecutivas, intervaladas pelo menos 24 horas, foi inferior a 0.1%;
3. Antes de cada pesagem, retirou-se a água superficial dos provetes com um pano húmido espremido;
4. Atingida a saturação, procedeu-se à pesagem dos provetes com a superfície seca ( $m_1$ ) e imersos em água ( $m_2$ );
5. Secagem dos provetes numa estufa a  $105 \pm 5^\circ\text{C}$  até a massa ficar constante. Considerou-se massa constante do provete seco ( $m_3$ ) quando a diferença entre as massas obtidas em duas pesagens consecutivas, intervaladas pelo menos 24 horas, foi inferior a 0.1%;
6. Os resultados da absorção de água por imersão foram obtidos através da seguinte equação:

$$Ai_M = \frac{m_1 - m_3}{m_1 - m_2} \times 100 \quad (3)$$

Em que:

$A_{iM}$ : absorção de água por imersão, %;  
 $m_1$ : massa do provete saturado no ar, g;  
 $m_2$ : massa hidrostática do provete saturado, g;  
 $m_3$ : massa do provete seco, g.

### 3.6.4 Penetração de CO<sub>2</sub>

A medição da resistência à penetração de CO<sub>2</sub> no betão é efectuada através de um ensaio acelerado em laboratório com o recurso a uma câmara de carbonatação. Este equipamento permite criar no seu interior um ambiente artificial de elevada concentração de CO<sub>2</sub>, bem como controlar os valores de humidade relativa e temperatura, os quais são parâmetros importantes no processo de carbonatação.

A câmara de carbonatação está ligada a botijas de CO<sub>2</sub>, estando equipadas com um manómetro e um regulador de fluxo de CO<sub>2</sub>, de modo a manter uma concentração estável desse gás no seu interior.

Para a realização de cada ensaio, foi utilizado 1 provete prismático com secção transversal de 100 x 100 mm e comprimento de 300 mm.

Neste ensaio e dependendo da condição a ensaiar, a aplicação dos produtos, tinta em *spray* e de proteção, foi feita em duas faces paralelas a partir das quais ocorre a penetração do CO<sub>2</sub>. As faces restantes foram devidamente impermeabilizadas antes de o provete ser submetido a ensaio na câmara de carbonatação.

O procedimento adotado na medição penetração de CO<sub>2</sub> foi realizado de acordo com o disposto na especificação do LNEC E 391 e na FprCEN/TS 12390-12. O procedimento de ensaio foi o seguinte:

1. Procedeu-se à impermeabilização dos topos dos provetes com parafina (Figura 45), exceto as duas superfícies paralelas laterais, para que o acesso do CO<sub>2</sub> se faça unicamente por este meio;

2. Introdução das amostras na câmara de carbonatação (Figura 46) que se encontra com uma humidade relativa de  $60\% \pm 5\%$ , à temperatura de  $23 \pm 3^\circ\text{C}$  e uma alimentação de ar com  $5 \pm 0.1\%$  de  $\text{CO}_2$ ;
3. Após cada período de exposição ao  $\text{CO}_2$ , neste caso aos 70 e 85 dias, é extraída uma amostra de 1 cm de cada provete por intermédio de um ensaio semelhante ao de compressão diametral. De seguida, os provetes voltam a ser isolados com parafina na face fracturada, sendo posteriormente, novamente introduzidos na câmara de carbonatação;
4. Cada amostra de 1 cm é pulverizada na superfície recém-quebrada com uma solução de fenolftaleína (Figura 47). A solução adquire uma cor rosa para valores de pH superiores a cerca de 8, enquanto que a cor da parte carbonatada, cujo pH é inferior a 8, não se altera;
5. Proceder-se à medição da profundidade de carbonatação com o auxílio de um paquímetro digital (Figura 48). As medições devem ser iniciadas uma hora após a primeira pulverização e deverão ser completadas até ao fim sem qualquer interrupção. No total, foram registadas 20 medições em cada amostra.
6. A carbonatação natural varia proporcionalmente com a raiz quadrada do tempo de exposição, sob condições de humidade constantes. Para a carbonatação acelerada foi adotada como válida esta mesma relação, expressa através da seguinte equação:

$$x = K_c \times \sqrt{T} \quad (3)$$

Em que:

x: profundidade de carbonatação, mm;

$K_c$ : coeficiente de carbonatação,  $\text{mm}/\text{dia}^{0.5}$ ;

T: tempo de exposição, dias.

7. A espessura carbonatada pode ser representada graficamente através da variação de x, em mm, ao longo da raiz quadrada do tempo,  $\sqrt{T}$ , resultando numa tendência linear.



Figura 45 – Provetes impermeabilizados com parafina



Figura 46 – Provetes no interior da câmara de carbonatação



Figura 47 – Superfície pulverizada com a solução de fenolftaleína



Figura 48 – Medição da profundidade de carbonatação com recurso a um paquímetro digital

### **3.6.5 Difusão dos cloretos por migração em regime não estacionário**

A determinação do coeficiente de difusão de cloretos no betão foi baseada no procedimento *CTH rapid method* desenvolvido por Luping (1996) e constante da LNEC E463.

O ensaio consiste em aplicar, entre os topos do provete, um potencial elétrico, o que vai forçar, por migração, o transporte dos iões cloreto através do betão. A intensidade de corrente inicial é proporcional à qualidade do betão, deste modo, quanto melhor for a qualidade do mesmo, mais tempo será necessário para se efectuar o ensaio

Para a realização de cada ensaio, foram utilizados 5 provetes cilíndricos com 100 mm de diâmetro e 50 mm de altura. Os provetes utilizados nos ensaios foram obtidos por corte a partir de provetes cilíndricos com 100 mm de diâmetro e 200 mm de altura.

Depois de serem cortados e antes da aplicação de qualquer produto, os provetes foram escovados e passados por água, de forma a retirar as rebarbas da superfície. Posteriormente, foram passados por uma máquina de pressão de ar com o objetivo de eliminar os contaminantes mais profundos. De seguida, os provetes foram colocados numa estufa à temperatura de  $105\pm 5^{\circ}\text{C}$  por um período de 24 horas, de forma a eliminar qualquer humidade residual.

Antes do ensaio, procedeu-se à impermeabilização dos provetes com produto isolante, silicone, com exceção da face superior e inferior de cada provete.

Neste ensaio e atendendo à condição a ensaiar, a aplicação dos produtos, tinta em *spray* e de proteção, foi efectuada na extremidade que esteve mais próxima da superfície durante a moldagem, sendo esta a que permanecerá exposta à solução de cloretos (solução catódica) durante o ensaio.

O procedimento adotado para a realização do ensaio de penetração de cloretos, foi cumprido de acordo com o disposto na especificação do LNEC E 463. O procedimento de ensaio foi o seguinte:

1. Pré-condicionamento dos provetes numa câmara de vácuo com ambos os topos de cada provete expostos;
2. Redução em poucos minutos da pressão absoluta da câmara de vácuo para uma gama de pressões de 10-50 mbar (1-5 kPa);
3. Manter os provetes em vácuo durante 3 horas e, com a bomba em vácuo em funcionamento, encher o recipiente com solução saturada de  $\text{Ca(OH)}_2$  (por dissolução de um excesso de hidróxido de cálcio em água destilada ou desionizada) de modo a que todos os provetes fiquem imersos (Figura 49);
4. Manter o vácuo mais uma hora;
5. Deixar o ar entrar no recipiente e manter os provetes na solução durante  $18 \pm 2$  horas;
6. Colocação das mangas de borracha nos provetes e respetivo aperto com duas braçadeiras de aço;
7. Encher o reservatório catódico com cerca de 12 L de solução de 10%NaCl (100g de NaCl em 900g de água da torneira, aproximadamente 2N);
8. Colocação dos provetes no suporte de plástico do reservatório catódico com a solução catódica (Figura 50);
9. Encher cada manga sobre os provetes com 300 ml da solução anódica constituída por NaOH 0,3N em água destilada ou desionizada (12 g de NaOH por litro de água);
10. Imergir o ânodo na solução anódica;
11. Ligar o cátodo ao pólo negativo da fonte de alimentação e o ânodo ao polo positivo;
12. Ligar a fonte de alimentação, com uma voltagem pré-estabelecida de 30V e registar a intensidade da corrente inicial que passa em cada provete;
13. Ajustar a voltagem, se for necessário, de acordo com o Quadro 1, Anexo 2, LNEC E463. Depois de feito o ajustamento, registar a intensidade da corrente inicial com um multímetro e anotar a temperatura inicial em cada solução anódica com um

- termómetro. De acordo com o valor registado para a intensidade de corrente inicial, escolher o tempo de duração do ensaio mais apropriado (Quadro 1, Anexo 2, LNEC E463);
14. Registar o valor da intensidade de corrente final, bem como a temperatura final antes do fim do ensaio;
  15. Desmontar os provetes;
  16. Lavar os provetes com água da torneira;
  17. Limpar o excesso de água da superfície de cada provete com um pano limpo;
  18. Secciona-se axialmente cada provete em duas metades iguais por compressão diametral (Figura 51) e escolhe-se aquela que tiver a superfície de fratura o mais perpendicular possível relativamente aos topos;
  19. Pulverizar de imediato as superfícies fracturadas com uma solução de nitrato de prata ( $\text{AgNO}_3$  0,1N);
  20. Aguardar que o precipitado branco do cloreto de prata fique claramente visível na superfície de fratura (passados cerca de 15 minutos);
  21. Medir a profundidade de penetração de cloretos com o recurso a um paquímetro digital (Figura 52), de 10 em 10 mm com a exactidão de 0,1 mm, desde o centro até ambos os bordos até se obter sete medições da profundidade;
  22. Cálculo do coeficiente de difusão em regime não estacionário através da seguinte equação:

$$D = \frac{RT}{zFE} \times \frac{x_d - \alpha \sqrt{x_d}}{t} \quad (4)$$

sendo:

$$E = \frac{U-2}{L} \quad (5)$$

$$\alpha = 2 \sqrt{\frac{RT}{zFE}} \times \text{erf}^{-1} \left( 1 - \frac{2C_d}{C_0} \right) \quad (6)$$

D: coeficiente de difusão em regime não estacionário,  $\text{m}^2/\text{s}$ ;

z: valor absoluto da valência do ião, para os cloretos,  $z = 1$ ;

F: constante de Faraday,  $F = 9,648 \times 10^4 \text{ J}/(\text{V} \cdot \text{mol})$ ;

U: valor absoluto da voltagem aplicada, V;

R: constante dos gases perfeitos,  $R = 8,314 \text{ J}/(\text{k.mol})$ ;

T: valor médio das temperaturas inicial e final na solução anódica, graus Kelvin;

L: espessura do provete, m;

$x_d$ : valor médio da profundidade de penetração, m;

t: duração do ensaio, segundos;

$erf^{-1}$ : inverso da função erro;

$c_d$ : concentração de cloretos para a qual ocorre mudança de cor,  $c_d \approx 0,07N$ ;

$c_0$ : concentração de cloretos na solução catódica,  $c_0 \approx 2N$ .

Visto que  $erf^{-1} = \left(1 - \frac{2 \times 0,07}{2}\right) = 1,28$ , pode usar-se a seguinte equação simplificada:

$$D = \frac{0,0239(273+T)L}{(U-2)t} \left( x_d - 0,0238 \sqrt{\frac{(273+T)Lx_d}{U-2}} \right) \quad (7)$$

sendo:

D: coeficiente de difusão no estado não estacionário,  $\times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$ ;

U: valor absoluto da voltagem aplicada, V;

T: valor médio das temperaturas inicial e final na solução anódica, °C;

L: espessura do provete, mm;

$x_d$ : valor médio da profundidade de penetração, mm;

t: duração do ensaio, horas.



Figura 49 – Câmara de vácuo com solução saturada de  $\text{Ca(OH)}_2$



Figura 50 – Provetes no reservatório com solução catódica



Figura 51 – Compressão diametral do provete



Figura 52 – Medição da profundidade de penetração de cloretos

### 3.6.6 Resistividade elétrica

No ensaio de difusão dos cloretos por migração em regime não estacionário (CTH), é efetuada uma leitura inicial de intensidade de corrente que serve para definir a duração do ensaio. Para o cálculo da resistividade elétrica, foram utilizadas estas leituras iniciais da intensidade da corrente.

O ensaio consiste em submeter um provete de betão saturado preparado para o ensaio CTH a uma corrente contínua aplicando uma diferença de potencial (d.d.p.) de 30 V. Para se medir a intensidade, foi utilizada uma fonte de alimentação capaz de fornecer uma d.d.p. de 60 VDC (*Voltage Direct Current*, corrente contínua) e um multímetro digital.

Após a montagem dos provetes, aplicou-se uma d.d.p. de  $30 \pm 0,5$  V e mediu-se a intensidade da corrente. A resistividade elétrica de cada provete,  $\rho$ , foi determinada através da aplicação da Lei de Ohm:

$$R = \frac{\Delta E}{I_0} \quad (8)$$

Sabendo que,

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (9)$$

É possível concluir que:

$$\rho = \frac{\Delta E A}{L I_0} \quad (10)$$

Em que:

$\rho$ : resistividade elétrica,  $\Omega \cdot m$ ;

R: resistência elétrica,  $\Omega$ ;

$\Delta E$ : valor absoluto da diferença de potencial, V;

A: área da superfície do provete,  $m^2$ ;

L: espessura do provete, m;

$I_0$ : intensidade da corrente inicial, A.

A resistividade elétrica, à semelhança do ensaio de difusão dos cloretos, foi calculada em 5 provetes cilíndricos com 100 mm de diâmetro e 50 mm de altura.

## 4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados e analisados os resultados obtidos a partir de todos os ensaios realizados, com o objetivo avaliar as alterações que ocorreram nas principais propriedades do betão e avaliar o efeito nos indicadores de durabilidade do betão, resultante da aplicação dos sistemas de proteção *antigrffiti*, da tinta dos *graffiti* e da respetiva remoção.

Para todos os ensaios, foram analisadas ambas as composições CONV e BED, considerando a sua proteção aos *graffiti* com o sistema de proteção permanente (PERM) e o sistema de proteção sacrificial (SAC) e para as condições anteriormente especificadas no Capítulo 3: o betão sem proteção *anti-graffiti* (S/P), antes e após a aplicação da tinta em *spray* (S/P+G), e o betão com proteção *anti-graffiti* (PERM e SAC), antes e após a aplicação da tinta em *spray* (PERM+G e SAC+G) e após a remoção da tinta dos *graffiti* (PERM+G+R e SAC+G+R).

### 4.1 Ensaio de abaixamento

Previamente à betonagem dos moldes, a caracterização do comportamento das composições de betão no estado fresco foi realizada através do ensaio de abaixamento de acordo com a NP EN 12350-2. Os valores estão indicados no Quadro 17, bem como as respectivas classes de abaixamento de acordo com a NP EN 206-1.

Quadro 17 – Trabalhabilidade do betão

Betão	Abaixamento [mm]	Classe de Abaixamento [mm]
CONV	130	S3 (100-150 mm)
BED	190	S4 (160-210 mm)

Com base nos resultados de abaixamento obtidos para cada betão, a classe de abaixamento para o CONV foi S3 e para o BED foi S4.

## 4.2 Resistência à compressão

O comportamento do betão no estado endurecido foi caracterizado através da avaliação da resistência à compressão das composições de betão às idades de 7, 14, 28 e 90 dias, de acordo com a NP EN 12390-3 e conforme descrito no ponto 3.6.1.

Os resultados médios do ensaio de resistência à compressão (Quadro 18) resultam da média de três provetes cúbicos ensaiados aos 7, 14, 28 e 90 dias de idade, cujos valores estão representados ao longo do tempo na Figura 53. É importante referir que, o ensaio de resistência à compressão pode ser influenciado por vários fatores, entre os quais, a idade do betão, tipo de cura, forma dos provetes ou velocidade de carregamento.

Quadro 18 – Resultados do ensaio de resistência à compressão

Betão	Tempo (dias)	Carga de rotura (kN)	Resistência à compressão (MPa)
CONV	7	603,0	26,8
	14	708,8	31,5
	28	801,0	35,6
	90	1109,3	49,3
BED	7	1120,5	49,8
	14	1293,8	57,5
	28	1413,0	62,8
	90	1624,5	72,2

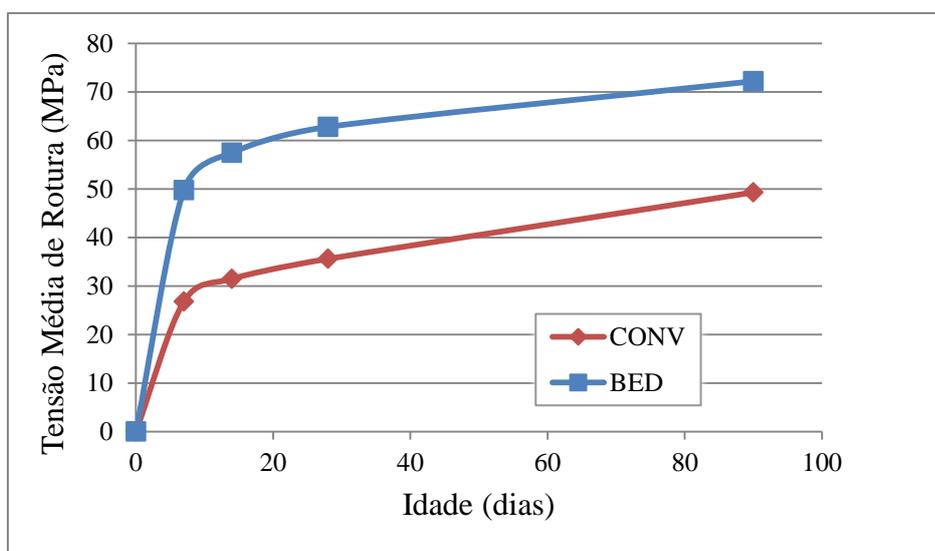


Figura 53 – Resultados do ensaio de resistência à compressão

De acordo com Camões (2002), o ganho de resistência à compressão dos betões nas primeiras idades é tanto mais lento quanto maior for a quantidade de cimento substituído por cinzas volantes e é consequência da maior morosidade da reacção pozolânica das cinzas volantes. Esta ocorrência está associada ao facto da reacção pozolânica das cinzas volantes se processar mais lentamente, uma vez que depende da quantidade de hidróxido de cálcio libertada no processo de hidratação do cimento.

Quanto menor for a porosidade de um betão, maior será a sua resistência à compressão. Por essa razão, o betão BED apresenta uma resistência significativamente mais elevada comparativamente ao betão CONV.

O ensaio de resistência à compressão consiste em submeter os provetes de betão a uma carga constante de compressão até à rotura. Analisando os valores do gráfico, verifica-se que aos 7 dias de idade, a resistência à compressão do betão de elevado desempenho foi cerca de 54% superior à do CONV; aos 14 dias a resistência à compressão do BED atingiu o valor de 57.5 MPa e o CONV o valor de 31.5 MPa; aos 28 dias a resistência à compressão do BED apresentou um valor de 63.1 MPa, enquanto que, o CONV atingiu o valor de 35.6 MPa; aos 90 dias a resistência à compressão do BED atingiu o valor de 72.2 MPa e, à mesma idade, o betão convencional obteve uma resistência à compressão de 49.3 MPa.

### **4.3 Absorção de água por capilaridade**

Os ensaios de absorção de água por capilaridade realizados permitiram registar a respetiva cinética capilar, cujos resultados irão ser analisados através da representação de curvas, as quais expressam a relação entre a quantidade de massa de água absorvida por unidade de área em contacto com a água em função da raiz quadrada do tempo. Conforme indicado no ponto 3.6.2, a quantidade de água absorvida por capilaridade foi calculada para vários tempos distintos, no entanto e por razões de maior facilidade de leitura, os resultados obtidos serão analisados para os intervalos de tempo de 0, 5, 10, 30, 60, 180, 1440 e 4320 minutos, sendo que, os coeficientes de absorção capilar foram determinados para as primeiras 7 horas de ensaio, pois este tempo parece reflectir o período de absorção capilar dos poros com maior diâmetro, principais responsáveis pela penetração de fluídos gasosos e líquidos no betão. O coeficiente de absorção capilar foi determinado com base nas curvas de absorção de água por capilaridade e recorrendo ao método dos mínimos quadráticos.

Para cada condição, foram testados 2 provetes cilíndricos com 100 mm de diâmetro e 200 mm de altura. A absorção de água por capilaridade foi analisada através da média de ensaios obtida a partir dos 2 provetes cilíndricos ensaiados aos 108, 122, 193 e aos 207 dias. Os ensaios foram realizados de acordo com o procedimento descrito no ponto 3.6.2.

Deverá ter-se em consideração que a absorção de água por capilaridade pode ser influenciada pelo tipo de provete ensaiado, bem como pelas suas dimensões, idade do betão e o seu modo de conservação.

### 4.3.1 Provetes não tratados

Neste subcapítulo, serão apresentados e analisados os resultados mais significativos obtidos para os provetes que não contêm proteção *anti-graffiti*, provetes não tratados, sendo as condições em estudo respeitantes ao betão sem proteção *anti-graffiti* (S/P) ou de referência, e ao betão sem proteção *anti-graffiti* com tinta em *spray* aplicada (S/P+G).

No Quadro 19, apresentam-se os valores obtidos do ensaio de absorção de água por capilaridade para os diferentes intervalos de tempo, cuja evolução está representada na Figura 54 em função da raiz quadrada do tempo.

Quadro 19 – Resultados do ensaio de absorção de água por capilaridade

Amostra	Absorção de água por capilaridade (kg/m <sup>2</sup> )							
	Tempo (minutos)							
	0	5	10	30	60	180	1440	4320
BED S/P	0,00	3,00	3,53	4,66	5,78	7,97	16,30	21,60
CONV S/P	0,00	3,06	3,59	4,72	5,94	8,59	20,40	31,70
BED S/P+G	0,00	1,16	1,50	1,66	2,16	3,22	7,72	11,50
CONV S/P+G	0,00	1,25	1,59	1,91	2,66	4,06	11,10	19,00

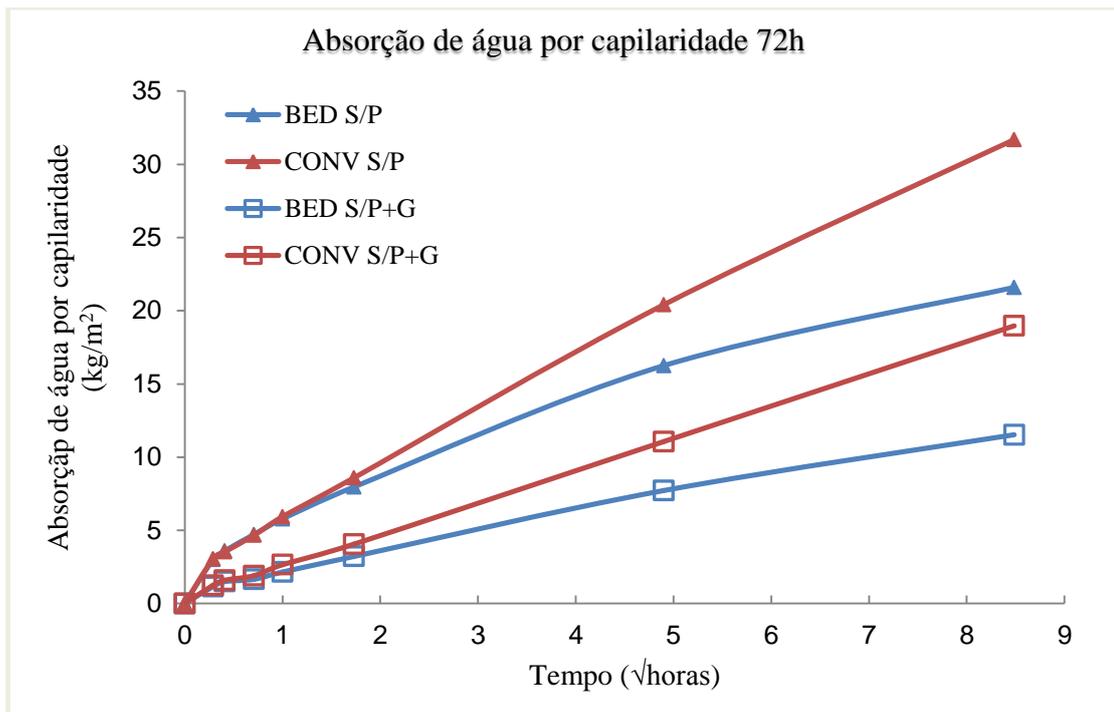


Figura 54 – Absorção de água por capilaridade, betão sem proteção e com *graffiti*

Os valores do coeficiente de absorção capilar para as primeiras 7 horas de ensaio foram obtidos através da inclinação da curva de absorção de água por capilaridade, estando representados na Figura 55. As aproximações revelaram-se adequadas, obtendo-se uma excelente correlação entre a absorção de água por capilaridade e o coeficiente de absorção capilar, tendo os coeficientes de correlação linear,  $R^2$ , atingido valores muito elevados, superiores a 99%.

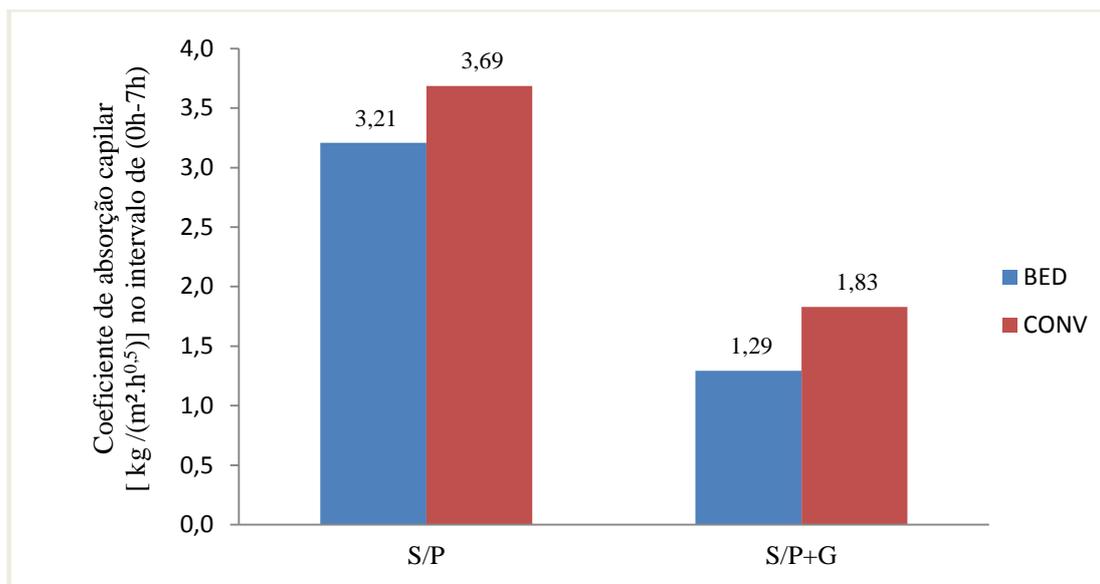


Figura 55 – Coeficiente de absorção capilar no intervalo de 0h – 7h

Por observação do Quadro 19 e das Figuras 54 e 55, podemos verificar que existe sempre uma maior absorção de água por capilaridade no betão CONV em relação ao betão BED, quer para a situação de referência (S/P), quer para a situação após a aplicação da tinta em *spray* (S/P+G).

Após a aplicação da tinta em *spray* (S/P+G), há uma diminuição da quantidade de água absorvida em ambos os betões em relação ao betão de referência (S/P), mantendo-se o valor da absorção de água por capilaridade no CONV superior ao verificado no BED.

Analisando os resultados às 72 horas de ensaio (4320 minutos), verifica-se que há uma diminuição em cerca de 47% da quantidade de água absorvida por capilaridade no betão BED com tinta em *spray* em relação ao betão BED de referência, sendo que, no betão CONV, esta mesma analogia atinge o valor de 40%.

No que concerne aos valores do coeficiente de absorção capilar, estes mantêm-se sempre superiores no betão CONV em relação ao betão BED, quer para a situação de referência (S/P) quer para a situação após a aplicação da tinta em *spray* (S/P+G). Esta tendência está relacionada com a estrutura porosa de cada betão, sendo a porosidade no betão CONV superior à porosidade no betão BED, conforme referido anteriormente. Após a aplicação da tinta em *spray*, verifica-se que, para ambos os betões, há uma redução superior a 50% do

coeficiente de absorção capilar, sendo esta diminuição mais significativa no betão BED com um valor de 60%.

### 4.3.2 Provetes tratados

Neste subcapítulo, serão apresentados e analisados os resultados mais significativos obtidos para os provetes com proteção *anti-graffiti*, provetes tratados, sendo as condições em estudo respeitantes ao betão com proteção *anti-graffiti* permanente (PERM) ou sacrificial (SAC), betão com proteção *anti-graffiti* permanente ou sacrificial com tinta em *spray* aplicada, (PERM+G) ou (SAC+G) respetivamente.

No Quadro 20, apresentam-se os valores obtidos do ensaio de absorção de água por capilaridade para os diferentes intervalos de tempo, cuja evolução está representada nas Figuras 56 e 57 em função da raiz quadrada do tempo.

Quadro 20 – Resultados do ensaio de absorção de água por capilaridade

Amostra	Absorção de água por capilaridade (kg/m <sup>2</sup> )							
	Tempo (minutos)							
	0	5	10	30	60	180	1440	4320
BED PERM	0,00	0,50	0,56	0,75	1,12	1,97	5,63	9,31
BED PERM+G	0,00	0,56	0,56	0,69	1,00	1,53	3,63	5,91
CONV PERM	0,00	0,50	0,66	0,91	1,28	2,91	9,91	18,90
CONV PERM+G	0,00	0,56	0,66	0,88	1,06	2,16	6,78	12,50
BED SAC	0,00	0,50	0,53	0,78	1,12	1,81	4,97	8,59
BED SAC+G	0,00	0,38	0,44	0,63	0,81	1,28	3,31	5,53
CONV SAC	0,00	0,50	0,63	0,81	1,00	2,00	5,47	9,97
CONV SAC+G	0,00	0,38	0,41	0,53	0,66	1,47	4,69	8,50

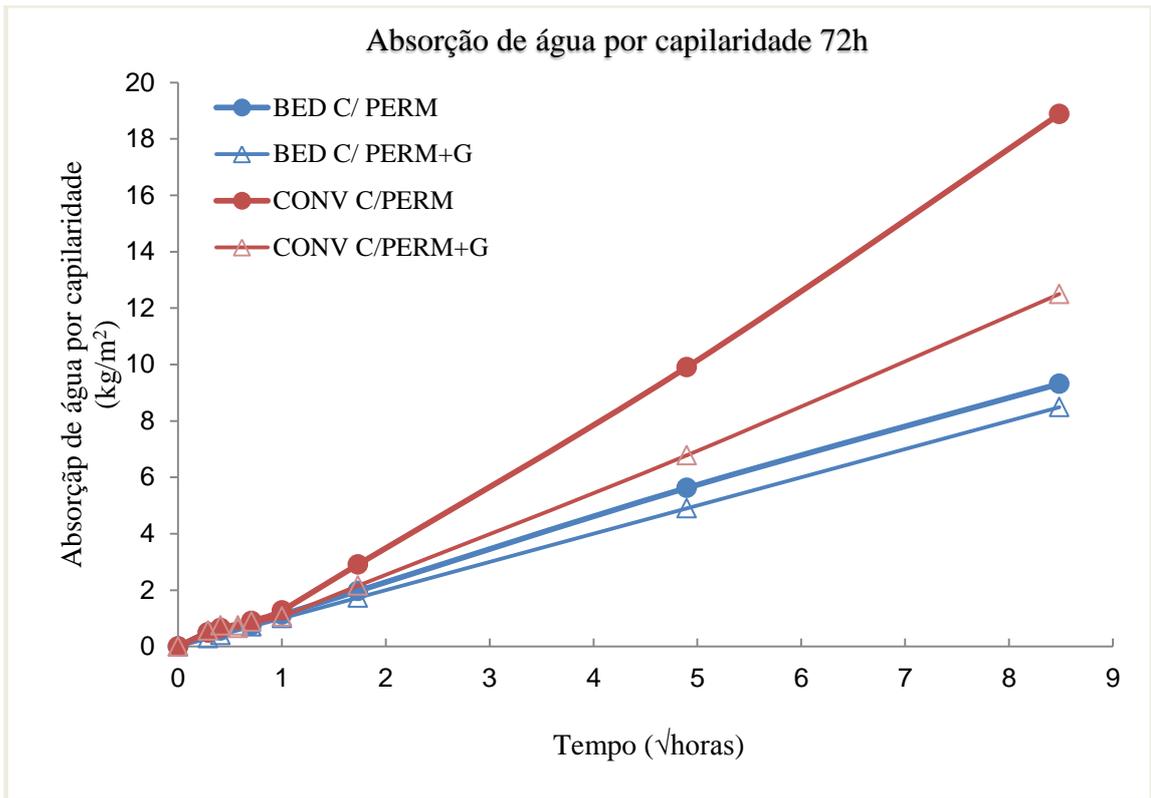


Figura 56 - Absorção de água por capilaridade, betão com proteção e com *graffiti*

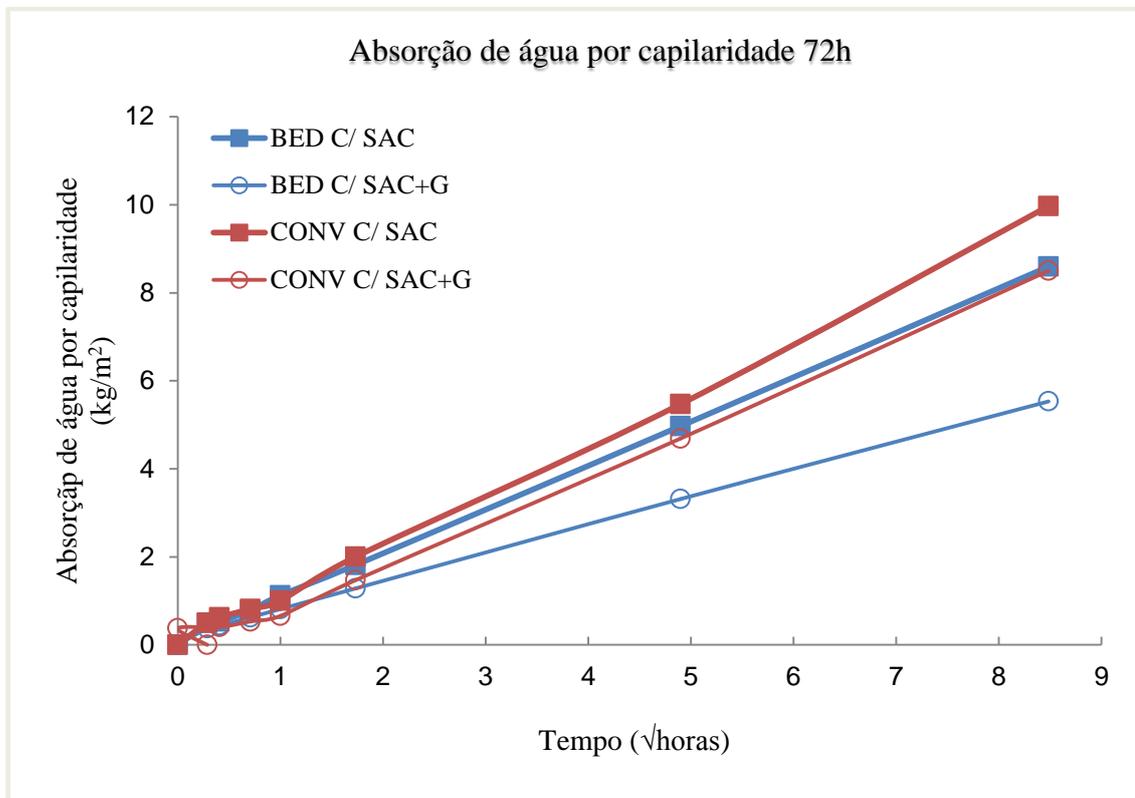


Figura 57 – Absorção de água por capilaridade, betão com proteção e com *graffiti*

Na Figura 58, estão representados os valores do coeficiente de absorção capilar para as primeiras 7 horas de ensaio referentes às duas condições em estudo: betão com sistema de proteção antes e após a aplicação da tinta em *spray*.

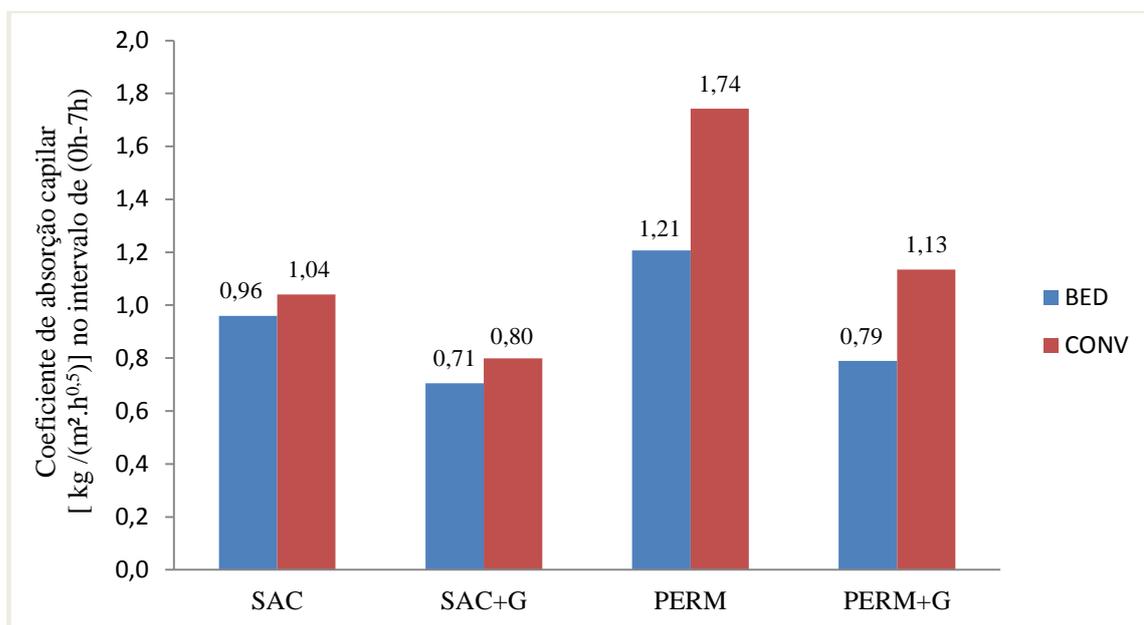


Figura 58 – Coeficiente de absorção capilar no intervalo de 0h – 7h

Fazendo uma análise aos valores do Quadro 20 e à representação dos mesmos nas Figuras 56, 57 e 58, verifica-se que os valores da absorção de água por capilaridade no betão CONV com proteção permanente são superiores aos observados com a proteção sacrificial, enquanto que, no betão BED, os valores das quantidades de água absorvida por capilaridade são muito próximos para ambas as proteções, permanente e sacrificial, no entanto a absorção continua a ser superior na proteção permanente.

Olhando para os resultados às 72 horas (4320 minutos) de ensaio, observamos que há um aumento de 47% na quantidade água absorvida no betão CONV com proteção permanente relativamente à proteção sacrificial. Já no betão BED e para o mesmo intervalo de tempo, esta relação é de apenas 8%, demonstrando assim, a proximidade de valores existente entre ambas as proteções para este betão.

Após a aplicação da tinta em *spray* (PERM+G e SAC+G), verifica-se que a absorção de água por capilaridade diminui em ambos os betões, quer para a proteção permanente quer para a proteção sacrificial. Por observação do Quadro 20, conclui-se que, após a aplicação dos

*graffiti*, existe uma redução da quantidade de água absorvida às 72 horas (4320 minutos) de ensaio em cerca de 37% para o betão BED com proteção permanente e de 36% com proteção sacrificial; no betão CONV com proteção permanente a redução é de 34% e com proteção sacrificial é de 15%. É de denotar que, no betão BED com tinta em *spray* aplicada, as quantidades de água absorvidas para a proteção permanente e sacrificial continuam com valores muito equivalentes, não havendo uma grande diferença, ao contrário do betão CONV, em que o sistema de proteção permanente já apresenta valores de absorção um pouco superiores aos da proteção sacrificial.

Analisando os resultados, é possível constatar que, tanto na situação com proteção *anti-graffiti*, permanente e sacrificial, como após a aplicação da tinta em *spray*, a absorção de água por capilaridade no betão CONV é sempre superior à do betão BED, embora, na situação com proteção sacrificial, a quantidade de água absorvida apresente valores muito semelhantes, conforme se pode verificar através do gráfico da Figura 57.

### 4.3.3 Provetes após remoção e comparação com resultados anteriores

Neste subcapítulo, serão apresentados e analisados os resultados mais significativos obtidos após a remoção da tinta em *spray* (PERM+G+R e SAC+G+R, respetivamente) e estes serão comparados com os resultados anteriores referentes aos subcapítulos 4.3.1 e 4.3.2.

No Quadro 21, apresentam-se os valores obtidos do ensaio de absorção de água por capilaridade para os diferentes intervalos de tempo, cuja evolução está representada na Figura 59 em função da raiz quadrada do tempo.

Quadro 21 - Resultados do ensaio de absorção de água por capilaridade

Amostra	Absorção de água por capilaridade (kg/m <sup>2</sup> )							
	Tempo (minutos)							
	0	5	10	30	60	180	1440	4320
BED PERM+G+R	0,00	0,59	0,81	1,12	1,37	2,72	8,19	13,20
CONV PERM+G+R	0,00	0,69	0,84	1,19	1,56	3,16	11,20	20,20
BED SAC+G+R	0,00	0,69	0,88	1,28	1,66	3,06	8,50	13,80
CONV SAC+G+R	0,00	1,03	1,44	1,94	2,44	4,59	13,60	23,50

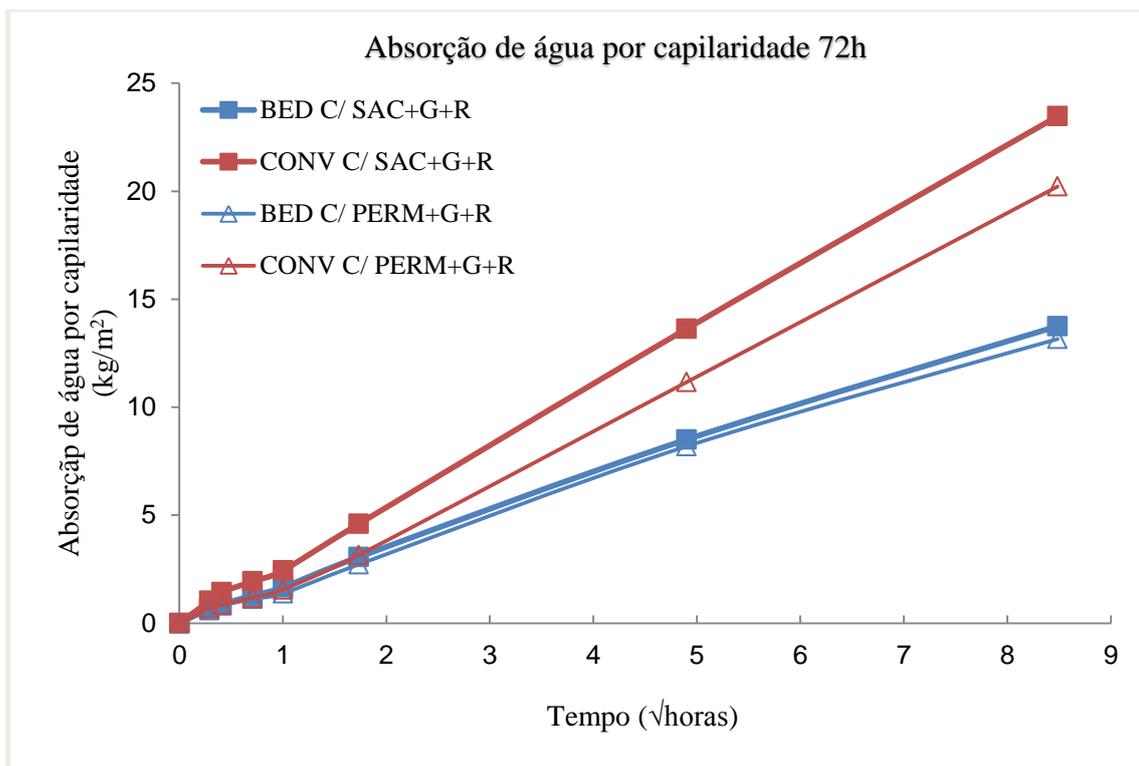


Figura 59 – Absorção de água por capilaridade, betão após remoção dos *graffiti*

Por observação dos resultados apresentados no Quadro 21 e na Figura 59, é possível verificar que, após a remoção da tinta em *spray*, o betão CONV apresenta níveis de absorção de água por capilaridade superiores ao betão BED, tanto para a proteção sacrificial como para a permanente. No entanto, até aos 60 minutos de ensaio, as quantidades de água absorvida no betão BED com proteção sacrificial e permanente com tinta em *spray* (BED C/ PERM+G+R e BED C/ SAC+G+R, respetivamente), e no betão CONV com proteção permanente e tinta em *spray* (CONV C/ PERM+G+R) foram muito semelhantes, com exceção do betão CONV com proteção sacrificial que apresenta níveis de absorção sempre muito superiores aos restantes.

Fazendo uma análise individual para cada betão, constata-se que, em ambos, a acção de remoção da tinta em *spray* faz com que, a proteção sacrificial apresente valores mais elevados de absorção de água por capilaridade em relação à proteção permanente, manifestando-se de forma mais expressiva no betão CONV. Esta ocorrência poderá estar relacionada com o facto de que, a remoção da tinta em *spray* conduz também à remoção da proteção sacrificial, pois esta não permanece na superfície, ao contrário do que ocorre com a proteção permanente após a remoção. Como o betão CONV apresenta uma estrutura mais porosa em relação ao betão

BED, a ação de remoção da tinta em *spray* juntamente com a proteção sacrificial, provoca uma maior absorção de água por parte do CONV, devido à sua maior porosidade.

Na Figura 60, estão representados os valores do coeficiente de absorção capilar para as primeiras 7 horas de ensaio referentes à situação após a remoção da tinta em *spray*, para cada um dos betões em estudo. Através a sua análise, é notório que é o betão CONV com proteção sacrificial que apresenta um valor de coeficiente de absorção capilar mais elevado, seguido da proteção permanente para o mesmo betão. Relativamente ao betão BED, os valores do coeficiente de absorção capilar para ambas as proteções estão bastante próximos, contudo é na proteção sacrificial que estes continuam a ser mais elevados.

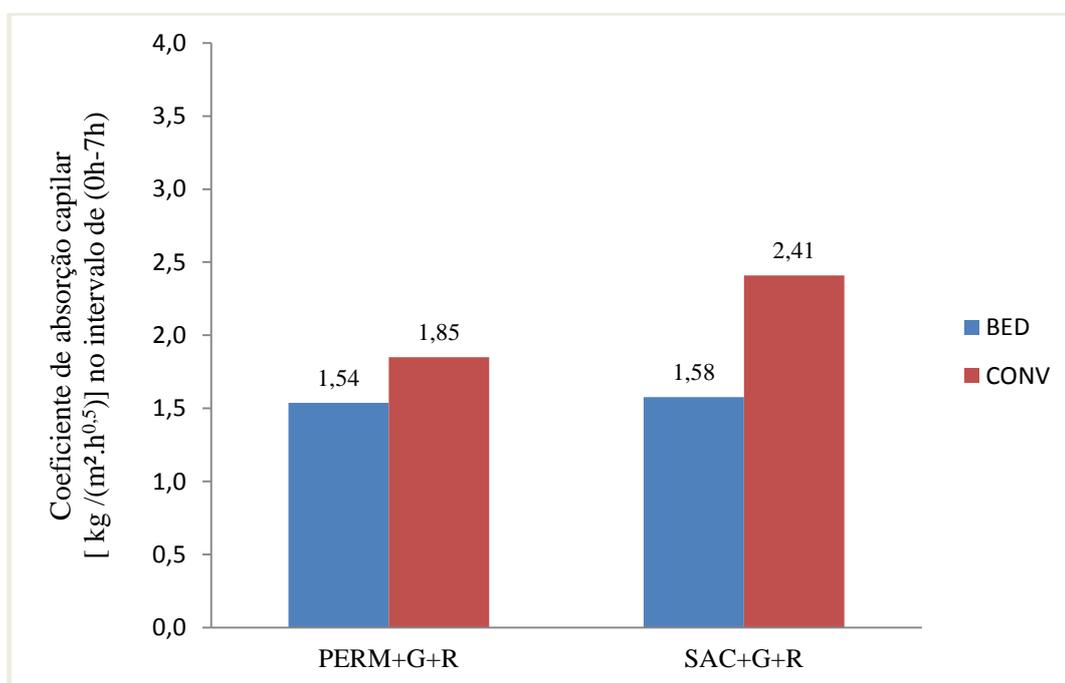


Figura 60 – Coeficiente de absorção capilar no intervalo de 0h – 7h

Na Figura 61 é apresentada uma compilação dos resultados do coeficiente de absorção capilar para as primeiras 7 horas de ensaio referentes a todas as situações anteriormente analisadas. Por observação da figura, conclui-se que, o betão CONV tem maior tendência para absorção de água por capilaridade do que o betão BED, estando este fenómeno associado à estrutura porosa de cada betão. A razão água/ligante é um factor influente na porosidade do betão, pois esta diminui com a diminuição da razão A/L e, tendo o betão CONV uma razão A/L de 0.52 e o betão BED de 0.36, o primeiro é, então, mais poroso.

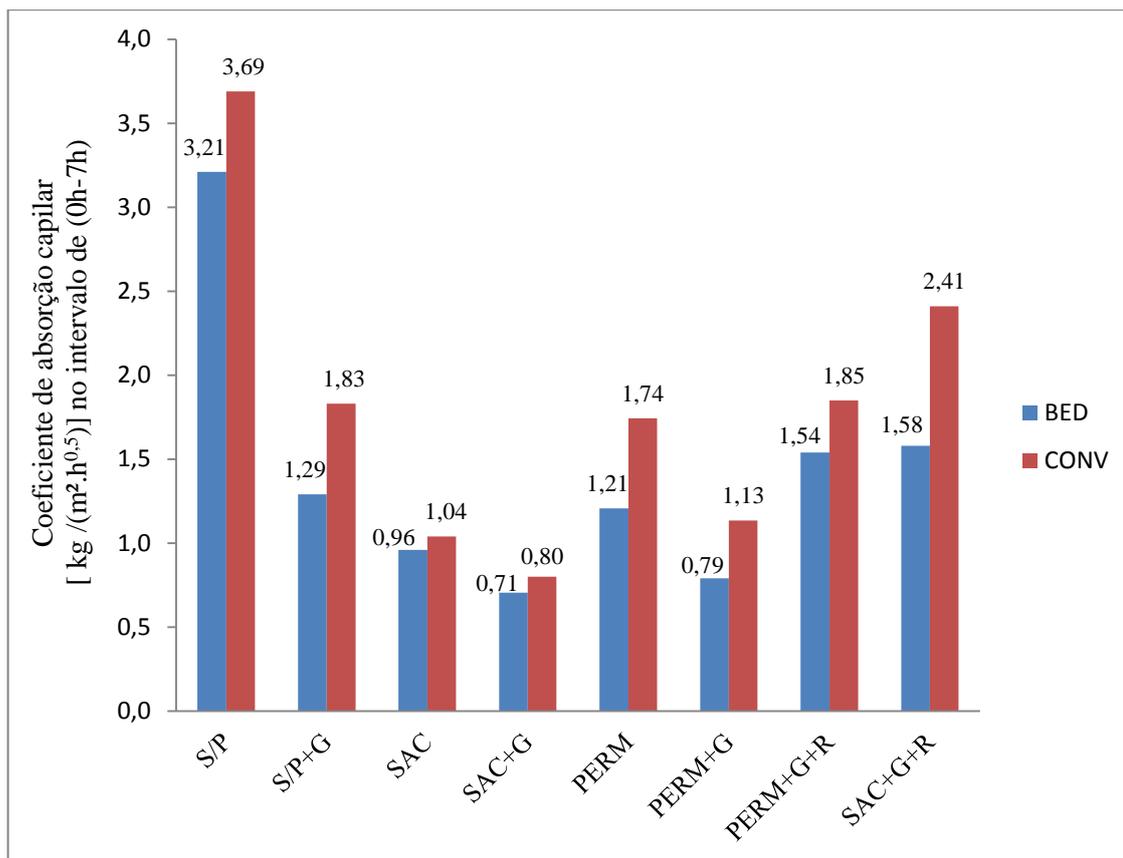


Figura 61 – Coeficiente de absorção capilar no intervalo de 0h – 7h para todas as situações

A ação de remoção da tinta em *spray* conduz a um aumento do coeficiente de absorção capilar, atingindo mesmo valores superiores aos obtidos para o betão com proteção. Isto ocorre de forma mais expressiva para o betão CONV com proteção sacrificial (SAC+G+R), que se aproxima do valor de referência (S/P), embora continue inferior. Desta forma, parece que a ação de remoção não foi 100% eficaz, ou seja, ainda permaneceu produto na superfície que continuou a proteger o betão, particularmente no caso da proteção sacrificial (SAC+G+R), pois sendo a proteção removida juntamente com a tinta em *spray*, os valores deveriam ser próximos aos do betão sem proteção (S/P), o que não acontece. No caso da proteção permanente (PERM+G+R), a remoção deu origem a valores semelhantes, embora ligeiramente superiores, aos do betão com proteção (PERM), como seria de esperar, pois a proteção permanece na superfície após a remoção da tinta em *spray*. Este ligeiro aumento de absorção de água após a remoção dos *graffiti* no betão com proteção permanente (PERM+G+R) em relação à situação só com proteção (PERM), poderá ser um indicador de que a superfície possa ter sofrido alguma degradação. Operações cíclicas de pintura e de remoção poderão conduzir à deterioração da estrutura porosa do betão, principalmente no caso da proteção sacrificial, uma vez que esta é removida e tem que ser novamente aplicada.

Em termos de eficácia, a situação com proteção sacrificial é a que apresenta coeficientes de absorção capilar menores em ambos os betões, transmitindo a ideia de que a aplicação da tinta em *spray* poderá também funcionar como “barreira” na absorção de água.

#### 4.4 Absorção de água por imersão (pressão atmosférica)

Neste subcapítulo, serão apresentados os resultados mais significativos do ensaio de absorção de água por imersão à pressão atmosférica. Os ensaios foram realizados de acordo com o procedimento descrito no ponto 3.6.3.

Para cada condição foram testados 2 provetes cúbicos com 150 mm de aresta. A absorção de água por imersão à pressão atmosférica será analisada através da média de ensaios resultante dos 2 cúbicos ensaiados aos 74, 123, 187 e aos 242 dias.

Deverá ter-se em consideração que a absorção de água por imersão pode ser influenciada pelo tipo de provete ensaiado e suas dimensões, bem como pela idade do betão e tipo de cura.

No Quadro 22 e na Figura 62, apresentam-se os valores obtidos do ensaio de absorção de água por imersão à pressão atmosférica para o betão CONV e para o betão BED, sem proteção aos *graffiti* e após a aplicação da tinta em *spray*, com proteção aos *graffiti*, permanente e sacrificial, e após a aplicação dos *graffiti*, bem como após a remoção da tinta em *spray*.

Quadro 22 – Resultados do ensaio de absorção de água por imersão à pressão atmosférica

Betão	Betão sem proteção <i>anti-graffiti</i>		Betão com proteção <i>anti-graffiti</i>					
	S/P	S/P+G	Permanente			Sacrificial		
			PERM	PERM+G	PERM+G+R	SAC	SAC+G	SAC+G+R
CONV	11,94	11,98	8,02	11,60	7,23	7,32	10,37	7,59
BED	10,68	11,54	7,24	9,43	7,22	6,42	10,03	6,18

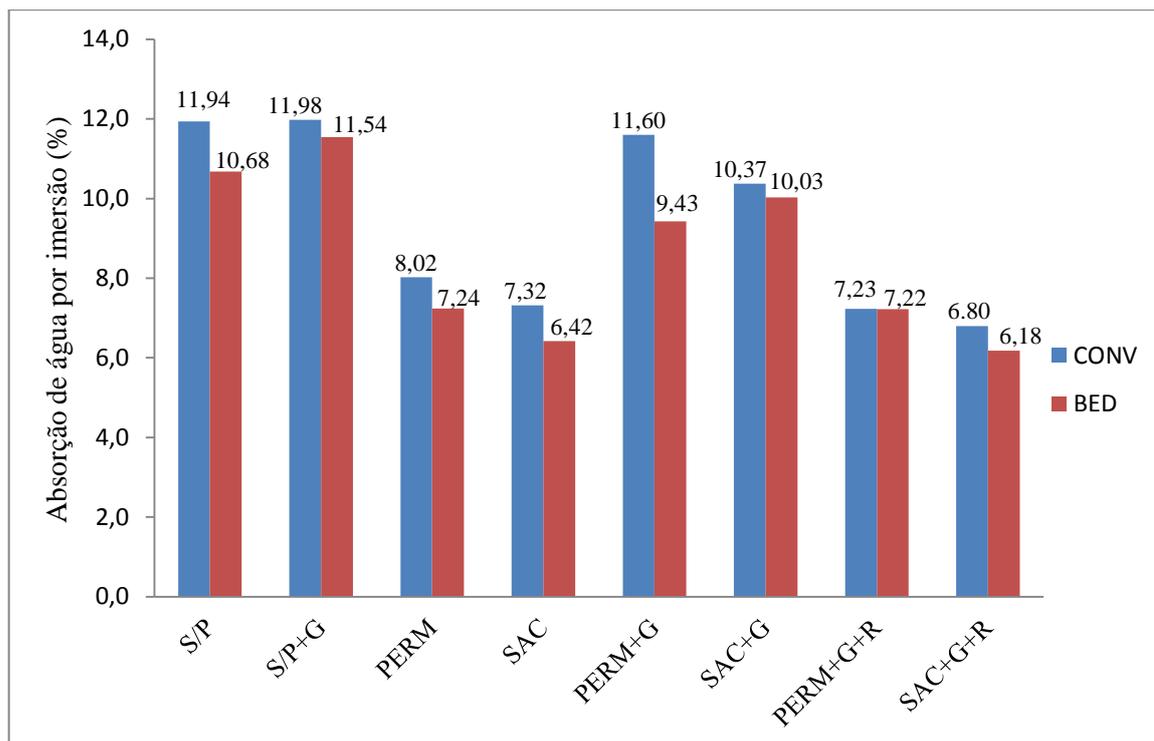


Figura 62 – Resultados do ensaio de absorção de água por imersão à pressão atmosférica

Analisando o Quadro 22 e a Figura 62, verifica-se que o betão CONV apresenta em todas as situações valores de absorção de água por imersão superiores ao betão BED, embora que, esta tendência, possua níveis de absorção diferentes em cada uma das situações em estudo. A quantidade de água absorvida continua a ser superior no betão convencional, devido à maior porosidade que este apresenta comparativamente ao betão de elevado desempenho que possui propriedades hidrofóbicas associadas à sua menor porosidade.

No betão sem proteção aos *graffiti* (S/P), a absorção de água por imersão é ligeiramente superior no betão convencional comparativamente ao betão BED, mantendo-se esta relação após a aplicação da tinta em *spray* (S/P+G).

Após a proteção do betão, é possível constatar que, existe uma diminuição da quantidade de água absorvida por imersão em ambos os betões, isto ocorre tanto para a proteção permanente como para a proteção sacrificial. Comparando os valores obtidos com proteção aos *graffiti* com os da situação de referência, observa-se que, na situação com proteção permanente comparativamente à situação sem proteção (S/P), o betão BED apresenta uma redução de 3.44% na quantidade de água absorvida e o betão CONV de 3.92%. Em relação à proteção

sacrificial, o betão BED verifica uma redução de 4.26% e o betão CONV de 4.62% comparativamente à situação sem proteção (S/P). Em ambos os betões, existe uma menor tendência na absorção de água por imersão com a proteção sacrificial do que com a proteção permanente, embora negligenciável.

Relativamente à situação após a aplicação da tinta em *spray*, verifica-se que, tanto no betão com proteção como no betão sem proteção (S/P+G), existe um aumento dos níveis de absorção de água com a aplicação dos *graffiti*, sendo que, no caso do betão apenas com tinta em *spray* aplicada (S/P+G), este acréscimo conduz a níveis de absorção superiores aos da situação de referência (S/P) em ambos os betões. A pintura poderá, por um lado, ter diminuído a absorção de água para o interior do betão, funcionando como barreira, mas absorveu ela própria uma certa quantidade de água e, no final, um efeito parece anular quase o outro. No caso do betão com proteção, permanente e sacrificial, a aplicação da tinta leva a que a quantidade de água absorvida atinja valores muito próximos do betão sem proteção (S/P), o que faz com que a tinta em *spray* aparente ter ela própria uma capacidade de retenção da água.

A remoção da tinta em *spray* (PERM+G+R e SAC+G+R), conduz a valores de absorção de água por imersão idênticos à situação inicial do betão apenas com proteção, permanente e sacrificial, embora se apresentem um pouco mais baixos. Esta diminuição nos níveis de absorção após a remoção da tinta em *spray* poderá estar associada à ação de remoção da mesma, pois conforme analisado no parágrafo anterior, a aplicação da tinta, aparenta aumentar os níveis de absorção, logo, a sua remoção, induziria então a um efeito redutor. No entanto, a ação de remoção no betão com proteção sacrificial (SAC+G+R), parece não ter sido totalmente eficaz, transmitindo a ideia de que permaneceu produto a proteger o betão, pois ao remover os *graffiti*, a proteção sacrificial também é removida, logo os valores de absorção deveriam ser um pouco mais superiores.

A tendência para a maior absorção de água por imersão tanto pelo betão com proteção (PERM+G e SAC+G) como pelo betão de referência com tinta em *spray* aplicada (S/P+G), poderá estar relacionada com as características hidrofílicas da própria tinta, as quais possuem substâncias que são capazes de serem dissolvidas na molécula da água, apresentando uma relação de “afinidade” com a mesma.

## 4.5 Penetração de CO<sub>2</sub>

Neste subcapítulo, serão apresentados os resultados mais significativos do ensaio de penetração de CO<sub>2</sub>. Os ensaios foram realizados de acordo com o procedimento descrito no ponto 3.6.4.

Para cada condição foi testado 1 provete prismático (300x100x100) (mm<sup>3</sup>) que foi obtido por corte de uma viga com secção transversal de 100 mm x 100 mm e comprimento de 900 mm. A penetração de CO<sub>2</sub> será analisada através da média resultante das diferentes profundidades de carbonatação medidas aos 70 dias e aos 85 dias de exposição do betão ao CO<sub>2</sub>. A idade dos provetes ensaiados foi de 291 dias e de 306 dias.

De cada provete prismático foram retiradas duas amostras com cerca de 1 cm de espessura, uma aos 70 dias e uma outra aos 85 dias de exposição ao CO<sub>2</sub>. A profundidade de carbonatação foi obtida através da média resultante das 20 medições registadas em cada amostra de 1 cm.

No Quadro 23 são apresentados os valores da profundidade de carbonatação obtidos no ensaio de penetração de CO<sub>2</sub> para o betão CONV e para o betão BED nas diferentes condições.

Quadro 23 – Valores da profundidade de carbonatação [mm]

Betão	Tempo (dias)	Betão sem proteção <i>anti-graffiti</i>		Betão com proteção <i>anti-graffiti</i>					
				Permanente			Sacrificial		
		S/P	S/P+G	PERM	PERM+G	PERM+G+R	SAC	SAC+G	SAC+G+R
CONV	70	14,64	12,41	15,09	14,35	15,95	12,64	8,3	17,17
	85	15,94	13,56	16,33	14,78	16,69	14,09	9,88	18,44
BED	70	7,38	8,12	8,91	6,48	11,36	5,33	3,68	9,93
	85	10,47	9,98	9,01	7,93	12,61	6,16	5,52	11,11

Os gráficos das Figuras 63, 64, 65 e 66 expressam a variação da espessura carbonatada em função da raiz quadrada do tempo de exposição, em dias, considerando o CONV e o BED nas

diferentes condições: sem proteção aos *graffiti* e após a aplicação da tinta em *spray*, com proteção aos *graffiti*, permanente e sacrificial, e após a aplicação dos *graffiti*, bem como após a remoção da tinta em *spray*. Os valores do coeficiente de carbonatação,  $K_c$ , para cada condição estão representados nos respectivos gráficos. Considerou-se que a profundidade de carbonatação varia proporcionalmente em relação à raiz quadrada do tempo de exposição.

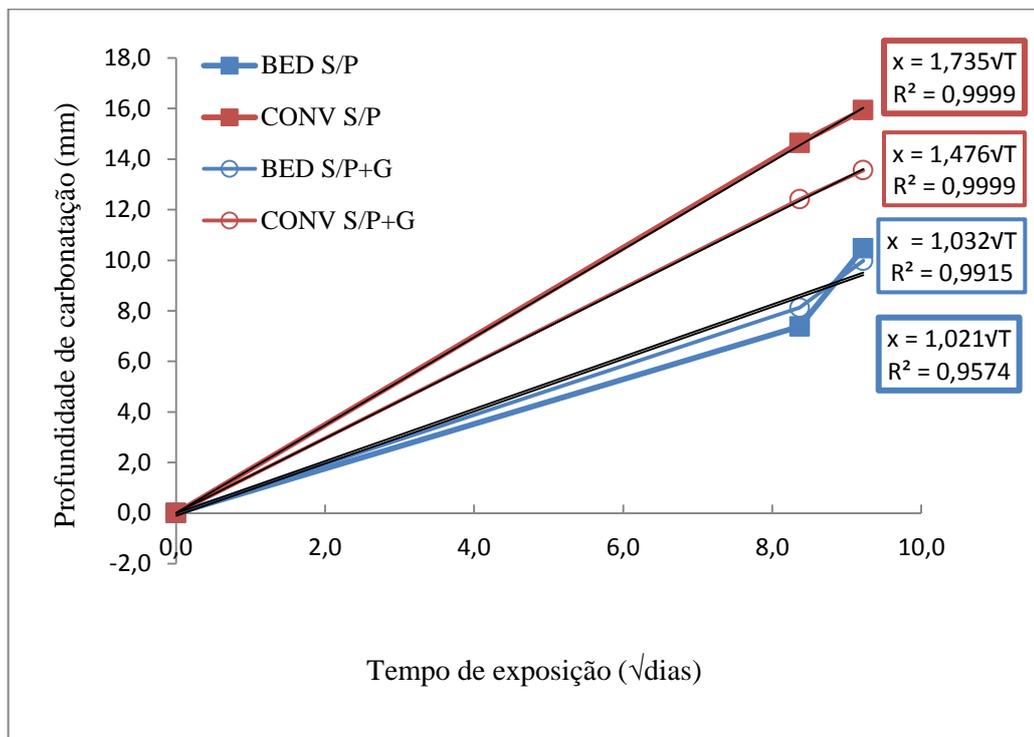


Figura 63 – Variação da profundidade de carbonatação ao longo do tempo, betão sem proteção e com *graffiti*

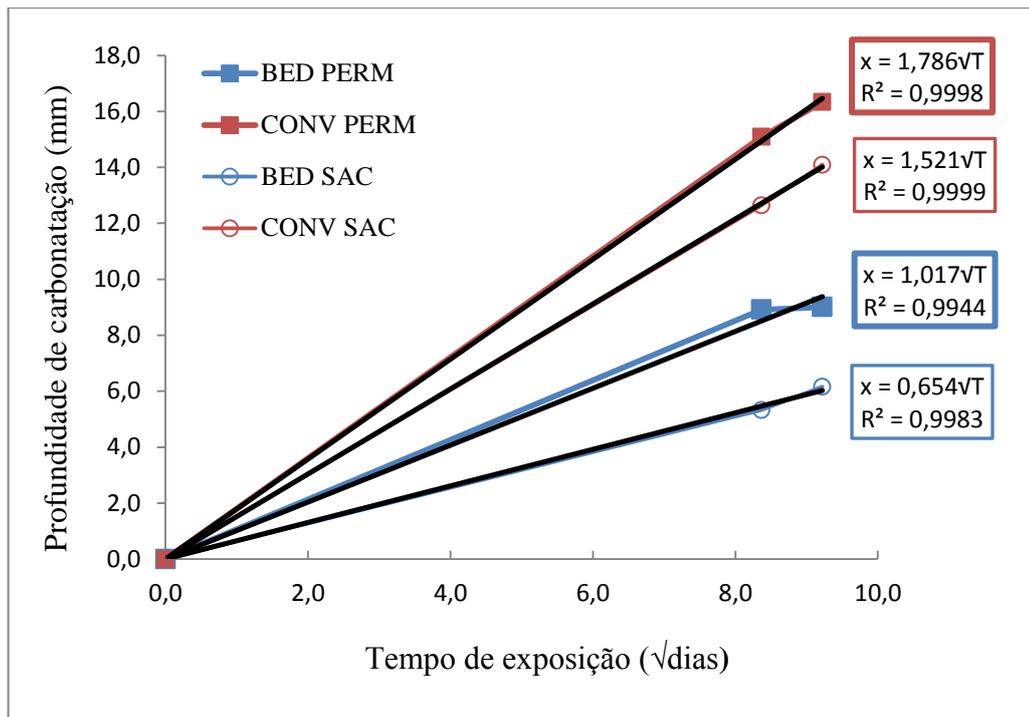


Figura 64 – Variação da profundidade de carbonatação ao longo do tempo, betão com proteção

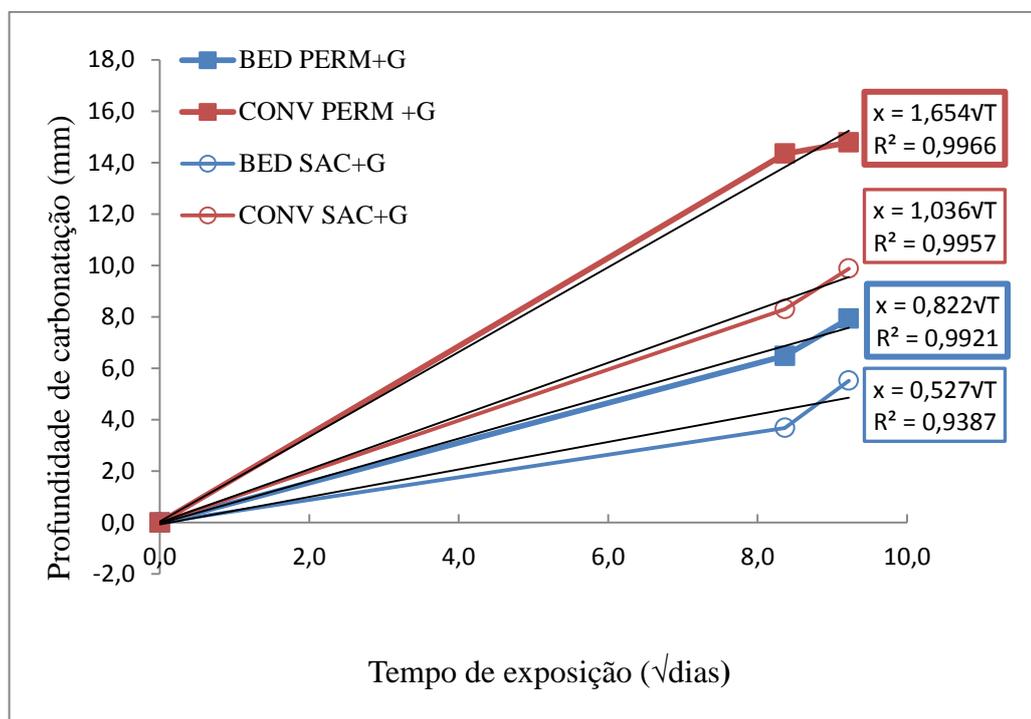


Figura 65 – Variação da profundidade de carbonatação ao longo do tempo, betão com proteção e graffiti

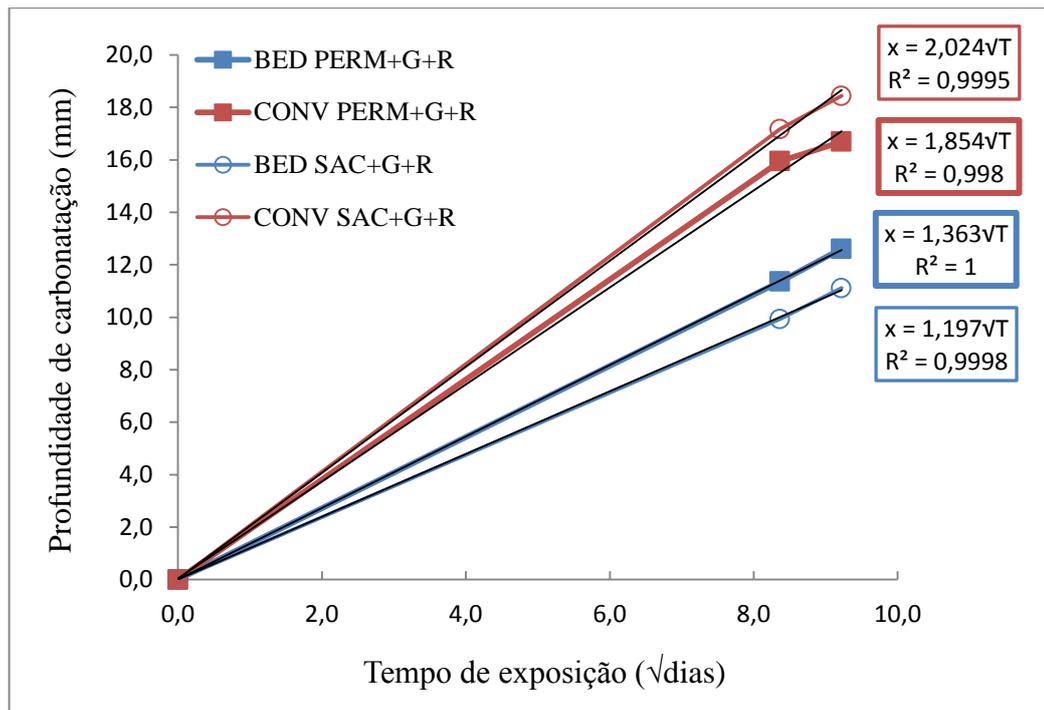


Figura 66 – Variação da profundidade de carbonatação ao longo do tempo, betão após a remoção dos *graffiti*

Mediante a análise do Quadro 23 e das Figuras 63, 64, 65 e 66, verifica-se que, conforme esperado, a profundidade de carbonatação mantém-se sempre superior no betão CONV comparativamente ao betão BED. Uma das causas para esta tendência poderá estar associada à relação água/ligante, pois quanto mais baixa esta se apresentar, mais compactos são os betões e, consequentemente, mais resistentes são à carbonatação. É um facto, amplamente reconhecido, que a profundidade de carbonatação diminui com o aumento de quantidade de cimento por metro cúbico de betão. Isto ocorre devido ao facto de o avanço da frente de carbonatação ser inversamente proporcional à reserva alcalina disponível na matriz da pasta de cimento hidratada, que por sua vez é função da composição química do cimento (Monteiro, 2010). O betão CONV apresenta uma relação A/L de 0.52 e o betão BED de 0.36, o que se traduz numa maior resistência à carbonatação por parte do betão BED, pois é um betão mais compacto, com menor porosidade, o que faz com que a velocidade da frente de carbonatação seja menor comparativamente ao betão CONV.

No betão sem proteção (S/P), o valor da profundidade de carbonatação aos 70 dias de exposição no betão CONV é o dobro comparativamente ao betão BED, no entanto, aos 85 dias, esta relação já não é tão díspar. Após a aplicação da tinta em *spray* (S/P+G), a profundidade de carbonatação diminuiu ligeiramente em ambos os betões relativamente à

situação de referência (S/P), sendo que, no betão BED aos 85 dias, esta redução é muito pouco significativa, rondando os 5%.

Após a proteção do betão, verifica-se que a profundidade de carbonatação não é afectada no betão com proteção permanente (PERM), ou seja, os valores encontram-se bastante próximos da situação de referência (S/P), não havendo qualquer diminuição nos mesmos, aparentando a proteção PERM ser permeável aos gases. No entanto, após a aplicação da tinta em *spray* (PERM+G), existe uma redução na profundidade de carbonatação, manifestando-se de forma mais expressiva no betão BED, pois no betão CONV, apesar dos valores terem diminuído em relação à situação só com proteção permanente (PERM), estes continuam semelhantes ao da situação do betão sem proteção (S/P). Analisando o betão com proteção sacrificial (SAC), constata-se que existe uma diminuição significativa na profundidade de carbonatação em ambos os betões, observando-se uma maior expressividade dos resultados no betão BED, que apresenta uma diminuição na profundidade em cerca de 41% aos 85 dias, enquanto que, o betão CONV conduz a uma redução de cerca de 12% para o mesmo tempo de exposição comparativamente ao betão sem proteção. A proteção sacrificial origina valores menores de profundidade de carbonatação do que a proteção permanente, parecendo que conduz a um “efeito barreira”, também aos gases.

A aplicação da tinta em *spray* no betão com proteção sacrificial (SAC+G) aparenta ter um efeito positivo em ambos os betões, pois existe uma redução na profundidade de carbonatação em relação à situação com proteção sacrificial (SAC). Verifica-se, também, que a profundidade de carbonatação tem valor inferior no betão com proteção sacrificial e tinta (SAC+G) comparativamente ao betão com proteção permanente e tinta (PERM+G). Todos os valores no betão com proteção sacrificial e tinta apresentaram-se inferiores aos do betão sem proteção (S/P) e na situação após a aplicação da tinta em *spray* (S/P+G).

Fazendo uma observação aos resultados, a aplicação da tinta em *spray* origina uma diminuição na penetração de CO<sub>2</sub> em ambos os betões, quer para a situação com proteção, permanente e sacrificial, quer para a situação sem proteção.

Após a remoção da tinta em *spray* no betão com proteção *anti-graffiti* verifica-se, quer para a proteção permanente quer para a sacrificial, um aumento da profundidade de carbonatação. Para o mesmo tempo de exposição, a penetração de CO<sub>2</sub> no betão após a remoção da tinta

(PERM+G+R ou SAC+G+R), atinge valores superiores aos obtidos para o betão sem qualquer proteção (S/P), o que significa, neste caso, que o processo de remoção parece alterar a estrutura porosa da superfície do betão CONV e do betão BED.

Na Figura 67 são apresentados os resultados do coeficiente de carbonatação de todas as situações em estudo.

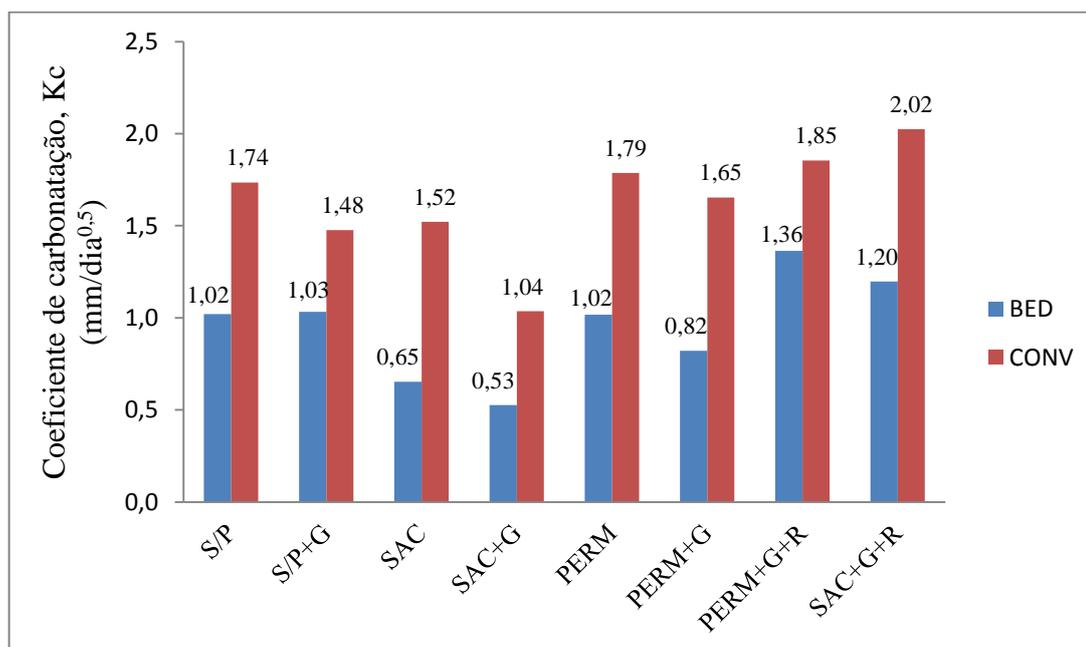


Figura 67 – Coeficiente de carbonatação, Kc, para todas as situações

Por observação da Figura 67 conclui-se que, o betão CONV apresenta um coeficiente de carbonatação superior ao do betão BED para todas as situações em estudo. Esta tendência está associada à estrutura porosa de cada betão, pois o BED é um betão mais compacto e menos poroso comparativamente ao CONV, o que faz com que a frente de carbonatação seja menor, resultando em valores mais baixos do coeficiente de carbonatação para o betão BED.

No betão sem proteção e após a aplicação da tinta em *spray* (S/P+G), verifica-se uma redução do coeficiente de carbonatação em 14.94% para o betão CONV comparativamente à situação de referência (S/P), no entanto, para o betão BED o valor mantém-se semelhante. Isto poderá estar associado ao facto do betão CONV possuir uma maior porosidade, o que faz com que a tinta penetre nos poros e instigue uma ação protetora, reduzindo a velocidade da frente de carbonatação. No betão BED, como este apresenta uma estrutura pouco porosa, a ação da tinta

aparenta ser nula, pois os poros por colmatar são reduzidos, e a própria velocidade da frente de carbonatação acaba por ser mais baixa.

A proteção do betão, conduz à redução do coeficiente de carbonatação em ambos os betões protegidos com proteção sacrificial (SAC), traduzindo-se de forma mais expressiva no betão BED com uma redução de 36.3% e de 12.6% no betão CONV analogamente à situação sem proteção (S/P). Em relação à proteção permanente (PERM), o coeficiente de carbonatação permanece inalterado em ambos os betões comparativamente à situação sem proteção (S/P), o que poderá estar relacionado com uma possível permeabilidade aos gases por parte da proteção permanente.

Após a aplicação da tinta em *spray* no betão protegido, ambas as proteções comportam-se de forma positiva nos dois betões, quer em relação à situação apenas com proteção (PERM ou SAC) quer em relação à situação de referência (S/P). Para a proteção sacrificial (SAC+G), ocorre uma diminuição do coeficiente de carbonatação em 18.5% no betão BED e de 31.6% no betão CONV comparativamente à situação só com proteção (SAC), ao passo que, em relação à situação sem proteção (S/P) a redução é ainda mais significativa, com um valor de 48% no caso do betão BED e de 40.2% no betão CONV. No que concerne à proteção permanente após a aplicação dos *graffiti* (PERM+G), a redução do coeficiente de carbonatação ocorre, mas não é tão acentuada como na proteção sacrificial (SAC+G), resultando num decréscimo de 7.8% no betão CONV e de 19.6% no betão BED em relação à situação só com proteção (PERM) e de 5.2% no betão CONV comparativamente à situação de referência (S/P), pois no betão BED o valor mantém-se nos 7.2%.

Analisando agora os valores após a ação de remoção verifica-se que, para ambas as proteções (PERM+G+R ou SAC+G+R), os dois betões apresentam um aumento do coeficiente de carbonatação em relação a qualquer situação anteriormente estudada. Fazendo uma comparação, a situação mais crítica é em relação ao betão de referência (S/P), pois os valores do coeficiente de carbonatação após a remoção apresentam-se superiores, o que significa, neste caso, que o processo de remoção parece alterar a estrutura porosa da superfície do betão CONV e do betão BED.

## 4.6 Difusão de cloretos por migração em regime não estacionário

Neste subcapítulo, serão apresentados os resultados mais significativos do ensaio de difusão de cloretos por migração em regime não estacionário. Os ensaios foram realizados de acordo com o procedimento descrito no ponto 3.6.5.

Para cada condição, foram testados 5 provetes cilíndricos (100 mm de diâmetro e 50 mm de altura). A análise ao ensaio de difusão de cloretos por migração em regime não estacionário será efectuada através da média de ensaios em 5 provetes cilíndricos ensaiados aos 39, 47, 115, 242, 250, 257, 264 e aos 271 dias.

Este ensaio consiste na passagem dos iões cloro através do betão, devido à diferença de potencial a que os provetes são sujeitos. A profundidade de penetração dos iões cloreto foi calculada recorrendo a um método colorimétrico.

Os ensaios de determinação do coeficiente de difusão de cloretos por ensaio de migração em regime não estacionário deram origem aos resultados apresentados no Quadro 24 e na Figura 68.

No Quadro 24, são também apresentados em percentagem os valores médios do coeficiente de variação para as medições efectuadas.

Quadro 24 – Coeficiente de difusão de cloretos por ensaio de migração em regime não estacionário

Betão		DNSSM ( $\times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$ )							
		Betão sem protecção <i>antigrffiti</i>		Betão com protecção <i>antigrffiti</i>					
		S/P	S/P+G	Permanente			Sacrificial		
			PERM	PERM+G	PERM+G+R	SAC	SAC+G	SAC+G+R	
CONV		5,17	4,23	4,73	3,36	4,84	3,80	2,21	4,62
	C <sub>v</sub> (%)	34,65	23,36	35,91	32,16	36,29	42,57	58,16	33,92
BED		2,84	6,82	5,45	5,36	7,51	8,63	6,33	6,52
	C <sub>v</sub> (%)	30,92	15,18	20,68	20,40	10,51	18,73	18,28	17,57

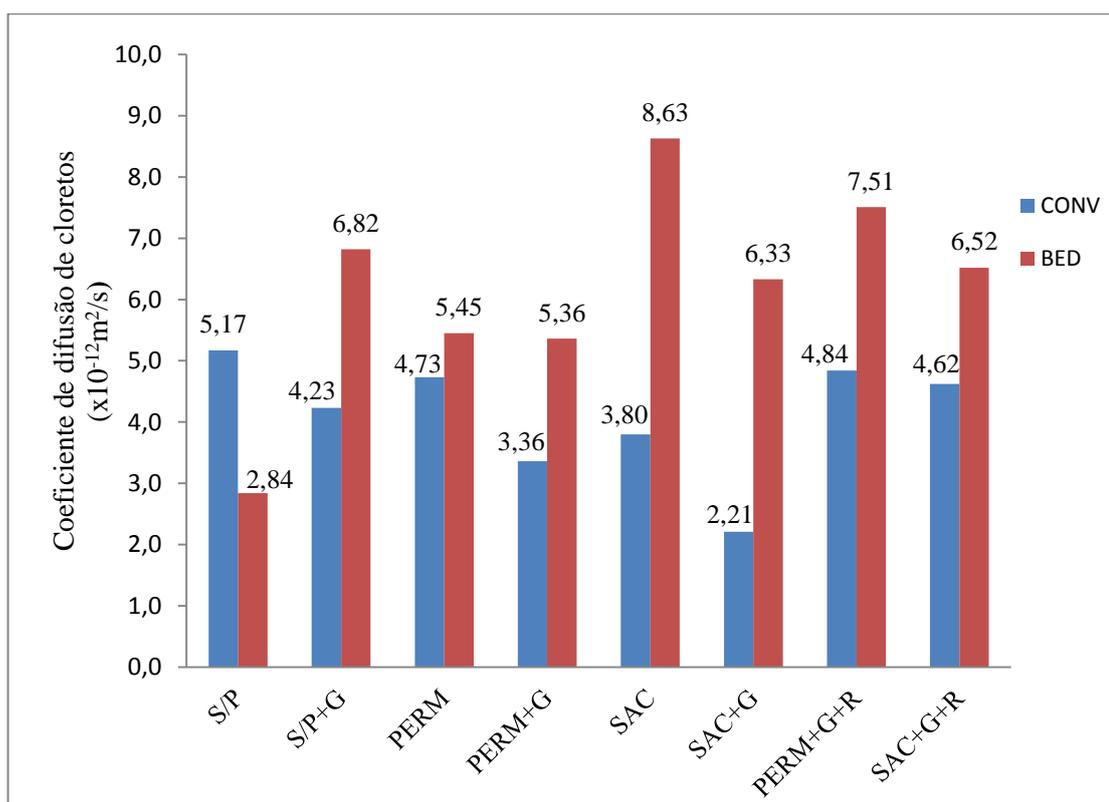


Figura 68 – Resultados do ensaio de difusão de cloretos por migração em regime não estacionário

Por observação do Quadro 24, verifica-se que o valor maior do coeficiente de variação é de 58.16% e o menor é de 10.51%. O betão CONV apresenta sempre valores do coeficiente de variação superiores aos do betão BED.

Analisando o Quadro 24 e a Figura 68, constata-se que, à exceção do betão sem proteção (S/P), o betão BED apresenta valores de coeficiente de difusão de cloretos superiores aos registados no betão CONV, o que se traduz num pior desempenho do betão de elevado desempenho comparativamente ao betão convencional. A baixa porosidade do betão BED deveria, só por si, traduzir-se numa característica importante na redução da penetração dos cloretos, o que neste caso, não acontece, o que faz com que os resultados para este betão sejam atípicos, não estando de acordo com o esperado.

Relativamente ao betão sem proteção (S/P), é possível constatar que a aplicação da tinta em *spray* (S/P+G), origina uma diminuição do coeficiente de difusão em cerca de 18% no betão CONV, ao contrário do betão BED em que ocorre um aumento.

Após a proteção do betão, ocorre uma redução na penetração dos cloretos no betão CONV resultante das características hidrofóbicas dos revestimentos *anti-graffiti*, com a proteção permanente (PERM) a alcançar um efeito redutor de 8.5% e a proteção sacrificial (SAC) de 26.5% analogamente à situação de referência (S/P). No caso do betão BED, esta situação acontece de forma contrária, traduzindo-se num aumento da penetração de cloretos em ambas as proteções, com maior incidência na proteção sacrificial (SAC). Segundo Basheer *et al* (1991, 1998), mesmo em betões de grande qualidade, a utilização de revestimentos superficiais continua a ser benéfica contra a penetração de cloretos, o que só vem demonstrar, que os resultados obtidos para o betão de elevado desempenho não são coerentes.

A aplicação da tinta em *spray* traduz-se numa diminuição do coeficiente de difusão de cloretos no betão convencional para ambas as proteções, manifestando-se com maior expressividade na proteção sacrificial (SAC+G) com uma redução de 42% em relação ao betão apenas com proteção (SAC). Ainda para o mesmo betão, a proteção permanente com tinta aplicada (PERM+G) também induz a um desempenho positivo, resultando numa redução de 29% na penetração de cloretos em relação à situação só com proteção permanente (PERM). Fazendo uma comparação com o betão CONV de referência (S/P), a situação com proteção e tinta em *spray* aplicada, demonstra garantia de proteção, com uma diminuição de 35% no coeficiente de difusão para a proteção permanente (PERM+G) e de 57% para a proteção sacrificial (SAC+G). Analisando o betão BED com proteção, a aplicação da tinta em *spray*, origina uma redução na penetração de cloretos de 26.7% para a proteção sacrificial (SAC+G), enquanto que, para a proteção permanente (PERM+G), o resultado apresenta-se muito pouco significativo em relação à situação apenas com proteção (PERM), cerca de 1.7%. Esta mesma analogia não poderá ser feita em relação ao betão sem proteção (S/P), pois conforme mencionado anteriormente, o seu coeficiente de difusão é menor comparativamente a qualquer situação com proteção (PERM ou SAC) e após a aplicação dos *graffiti* (PERM+G ou SAC+G), confirmando que os resultados obtidos para este betão não se encontram coerentes.

Para o betão convencional, podemos concluir que a aplicação de revestimentos de proteção, permanente ou sacrificial, diminuiu a penetração de cloretos, e observando os resultados obtidos, a proteção sacrificial é a que aparenta oferecer mais eficácia.

A ação de remoção da tinta em *spray* (PERM+G+R ou SAC+G+R) parece induzir um desempenho negativo, tanto para a proteção permanente como para a proteção sacrificial. No betão CONV, a remoção, leva a um aumento generalizado do coeficiente de difusão de cloretos, atingindo mesmo valores superiores ao da situação apenas com proteção (PERM ou SAC) e uma aproximação aos valores da situação de referência (S/P), embora continuem inferiores. Olhando para as duas proteções, a que aparenta gerar um efeito mais negativo com a remoção dos *graffiti* é a proteção sacrificial, devido ao facto, de esta também ser removida juntamente com a tinta em *spray*, ficando a superfície de betão mais desprotegida. No betão BED com proteção permanente, a remoção da tinta em *spray* leva a um aumento desmesurado do coeficiente de difusão comparativamente à situação de referência (S/P), e em relação ao betão apenas com proteção (PERM) este aumento, apesar de um pouco menor, também é acentuado. Para a proteção sacrificial, a remoção dos *graffiti* no betão BED, faz com que o coeficiente de difusão seja muito superior à situação sem proteção (S/P), contudo, este não poderá ser comparado com o betão só com proteção sacrificial (SAC), pois a diferença entre ambos os valores é anómala.

Podemos concluir, que para o betão convencional, a operação de remoção não parece ter degradado substancialmente a superfície, pois os valores permanecem ligeiramente inferiores aos do betão sem proteção (S/P). No entanto, talvez com operações cíclicas de pintura e de remoção isso possa vir a ocorrer, principalmente no caso da proteção sacrificial, uma vez que esta é removida e tem que ser novamente aplicada.

De acordo com Gjörv (1996) e Camões *et al* (2004), a resistência à penetração de cloretos pode ser classificada com base nos resultados do ensaio NT Build 492, representados no Quadro 25.

Quadro 25 - Resistência à penetração de cloretos com base nos resultados do ensaio NT Build 492

$D_{NSSM}$ ( $\times 10^{-12} m^2/s$ )	Resistência do betão
> 15	Reduzida
10 - 15	Moderada
5 - 10	Elevada
2,5 - 5	Muito Elevada
< 2,5	Ultra Elevada

Observando os coeficientes de difusão obtidos no Quadro 24 e mediante a análise do Quadro 25, o betão CONV apresenta, em geral, uma resistência do betão à penetração de cloretos muito elevada no que respeita à situação sem proteção com tinta aplicada (S/P+G), com proteção, permanente (PERM) e sacrificial (SAC), e também após a aplicação da tinta em *spray* para a proteção permanente (PERM+G) e após a ação de remoção, no betão com ambas as proteções (PERM+G+R e SAC+G+R). Em relação à proteção sacrificial com tinta em *spray* aplicada (SAC+G), a resistência obtida para o betão CONV foi ultra elevada, comprovando-se, mais uma vez, que a proteção sacrificial parece ser a que transmite uma maior eficácia e a sua ação conjunta com a tinta em *spray*, aparenta resultados ainda mais positivos no que respeita à penetração de cloretos. Na situação sem proteção (S/P), o betão CONV obteve uma resistência do betão elevada. Fazendo a mesma analogia para o betão BED e, conforme esperado, este obteve uma resistência do betão à penetração de cloretos ultra elevada para a situação sem proteção (S/P). Contudo, para as restantes situações, os resultados não foram conforme o esperado, obtendo-se um valor de resistência do betão elevado à penetração de cloretos, quer para o betão sem e com proteção, permanente (PERM) e sacrificial (SAC), quer após a aplicação da tinta em *spray* (S/P+G, PERM+G e SAC+G) e sua respetiva remoção (PERM+G+R e SAC+G+R).

#### **4.7 Resistividade elétrica**

Neste capítulo, serão apresentados os resultados mais significativos do ensaio de resistividade elétrica. Os ensaios foram realizados de acordo com o procedimento descrito no ponto 3.6.6, nas condições de ensaio de penetração de cloretos em regime não estacionário e que, permitiram determinar em provetes de betão, a intensidade de corrente inicial para a diferença de potencial aplicada.

Para cada condição, foram testados 5 provetes cilíndricos (100 mm de diâmetro e 50 mm de altura). A análise aos resultados obtidos nos ensaios de resistividade elétrica será efectuada através da média de ensaios em 5 provetes cilíndricos ensaiados aos 39, 47, 115, 242, 250, 257, 264 e aos 271 dias.

No Quadro 26 e na Figura 69, apresentam-se os valores das resistividades elétricas médias para o betão CONV e para o betão BED, sem proteção aos *graffiti* e após a aplicação da tinta

em *spray*, com proteção aos *graffiti*, permanente e sacrificial, e após a aplicação dos *graffiti*, bem como após a remoção da tinta em *spray*.

No Quadro 26, são também apresentados em percentagem os valores do coeficiente de variação para as medições efectuadas.

Quadro 26 – Resultados do ensaio de resistividade elétrica

Betão		Resistividade elétrica, $\rho$ ( $\Omega.m$ )							
		Betão sem proteção <i>antigrffiti</i>		Betão com proteção <i>antigrffiti</i>					
		S/P	S/P+G	Permanente			Sacrificial		
			PERM	PERM+G	PERM+G+R	SAC	SAC+G	SAC+G+R	
CONV		227,65	234,10	293,61	313,32	275,10	251,33	310,03	221,24
	Cv (%)	13,15	9,50	9,13	10,86	10,23	9,59	4,66	8,39
BED		913,25	141,51	150,459	183,93	153,55	147,49	167,70	153,85
	Cv (%)	5,29	8,60	1,56	7,27	7,04	6,65	11,55	1,53

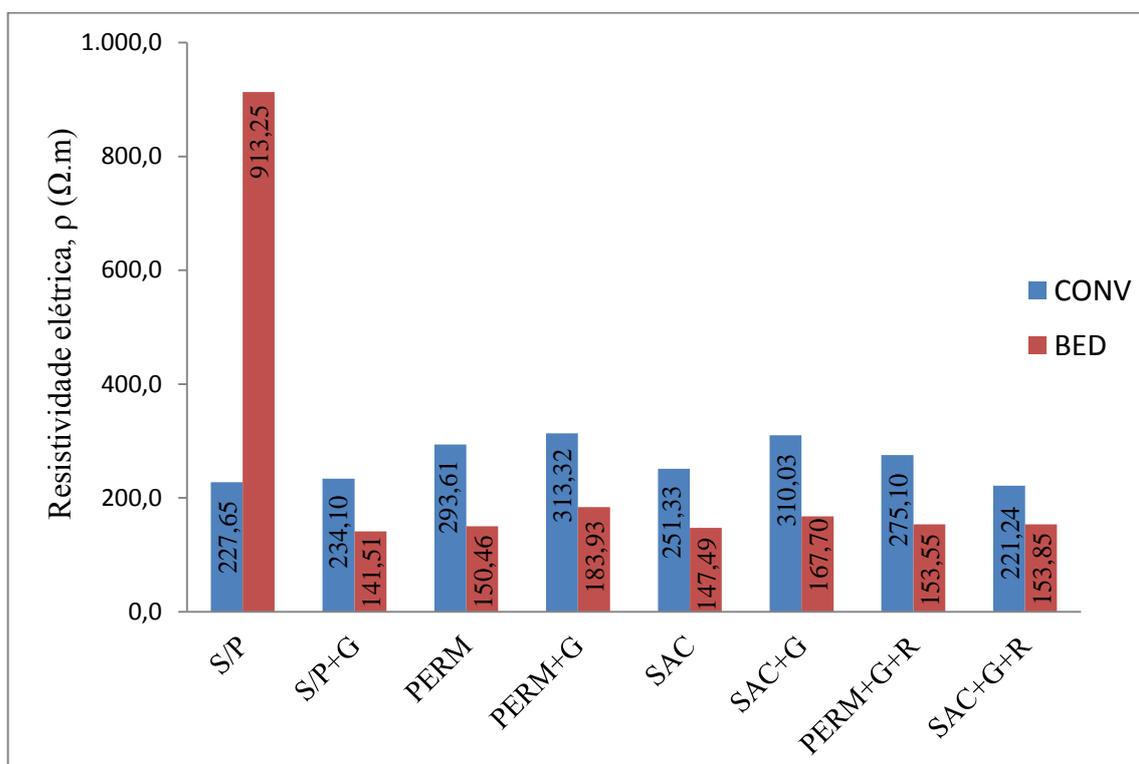


Figura 69 – Resultados do ensaio de resistividade elétrica

Por observação do Quadro 26, verifica-se que o valor maior do coeficiente de variação é de 13.15% e o menor é de 1.53%. Tendo em consideração que os valores obtidos são todos inferiores a 15%, podemos admitir que a dispersão de resultados em cada situação foi baixa.

Analisando o Quadro 26 e a Figura 69, observa-se que, os resultados obtidos para o betão BED são atípicos e que confirmam as anomalias detectadas em 4.6. Exemplo disso, é o facto do valor da resistividade eléctrica na situação sem protecção (S/P) ter sofrido uma redução de cerca de 6 vezes comparativamente à situação após a aplicação da tinta em *spray* (S/P+G). Desta forma, a análise dos resultados será efetuada apenas em relação ao betão CONV.

Fazendo uma comparação do betão sem protecção (S/P) e à situação após a aplicação da tinta em *spray* (S/P+G), constata-se que o valor da resistividade eléctrica no betão CONV pouco se altera após a aplicação da tinta, sendo bastante semelhante ao da situação de referência (S/P).

Para o betão com protecção, em ambos os sistemas *anti-graffiti*, verifica-se que há um aumento da resistividade eléctrica no betão convencional, com valores de 28.9% para a protecção permanente (PERM) e de 10.4% para a protecção sacrificial (SAC) comparativamente à situação de referência (S/P). A aplicação da tinta em *spray* no betão CONV protegido, também origina um aumento da resistividade tanto em relação à situação de referência (S/P) como em relação à situação só com protecção (PERM e SAC), parecendo ser a solução com um desempenho mais positivo, resultando num aumento de 37.6% para a protecção permanente (PERM+G) e de 36% para a protecção sacrificial (SAC+G) comparativamente à situação do betão sem protecção (S/P).

Para o betão convencional e comparando com a situação sem protecção (S/P), a utilização de sistemas de protecção, tanto permanente (PERM) como sacrificial (SAC), aumenta a resistividade do betão, apresentando maior destaque a protecção permanente. A situação da tinta em *spray* aplicada no betão protegido (PERM+G e SAC+G) é a que parece desempenhar um papel mais favorável comparativamente à situação de referência (S/P) e também à situação só com protecção (PERM e SAC).

Após a remoção dos *graffiti*, observa-se para o betão CONV, uma redução da resistividade eléctrica em ambas as proteções, com maior evidência para a protecção sacrificial (SAC+G+R), pois atinge um valor de resistividade inferior ao da situação de referência (S/P) e a protecção

permanente um valor inferior ao do betão com proteção (PERM) e também após a aplicação dos *graffiti* (PERM+G), embora, ao contrário da proteção sacrificial, continue superior ao do betão sem proteção (S/P). Uma das causas para a ação de remoção ser mais prejudicial para a proteção sacrificial, poderá estar relacionada com a remoção dos *graffiti*, que leva também à remoção da própria proteção sacrificial, o que faz com que, a carga possa passar mais facilmente através do betão. Desta forma, poderá ter existido uma alteração da estrutura da superfície de betão, o que, com ações cíclicas de pintura e limpeza, poderão torná-lo ainda mais vulnerável.

No Quadro 27 estão apresentados os riscos de corrosão de acordo com a resistividade elétrica.

Quadro 27 - Risco de corrosão de acordo com a resistividade (Feliu *et al*, 1996)

Resistividade ( $\Omega.m$ )	Risco de corrosão
> 200	Baixo
100 - 200	Baixo a moderado
50 -100	Elevado
< 50	Muito elevado

Do Quadro 27, podemos concluir que, de acordo com os valores obtidos de resistividade elétrica, o betão convencional apresenta um risco de corrosão baixo em qualquer uma das situações.

## 5 CONCLUSÕES

Uma grande parte do património construído no século vinte é em betão aparente, sendo particularmente suscetível às agressões dos *graffiti*. Hoje em dia, torna-se cada vez mais usual e necessário, a adoção de medidas preventivas que resultem num mecanismo de minimização ou até de prevenção dos danos provocados pelos *graffiti*. Uma das soluções passa pela utilização de produtos de proteção *anti-graffiti*.

O trabalho realizado no âmbito desta dissertação pretendeu avaliar a contribuição dos sistemas de proteção *anti-graffiti* na durabilidade do betão. Para tal, foi desenvolvida uma campanha experimental que envolveu a realização de vários ensaios de durabilidade.

Neste capítulo, são apresentadas as conclusões principais resultantes da análise dos resultados obtidos dos ensaios experimentais realizados. Posteriormente, são sugeridas propostas para trabalhos futuros no âmbito da temática abordada, com o objetivo de prosseguir com o seu desenvolvimento e análise de outros aspetos que não foram debatidos ou completamente clarificados.

### 5.1 Apreciações gerais

Com base no trabalho desenvolvido, foi possível constatar que, quer os *graffiti*, quer os produtos *anti-graffiti*, alteram a superfície do betão aparente, afetando os indicadores de durabilidade respetivos. Do trabalho de investigação desenvolvido, são apresentadas de seguida, as principais conclusões alcançadas a partir da análise dos resultados obtidos dos ensaios realizados:

- Ambas as proteções *anti-graffiti* são eficazes na diminuição da quantidade de água absorvida por capilaridade, no entanto, a proteção sacrificial é a que parece desempenhar um papel mais positivo em ambos os betões comparativamente à proteção permanente, antes (SAC) e após a aplicação dos *graffiti* (SAC+G);

- A aplicação da tinta em *spray* sobre a superfície do betão conduz a uma diminuição da absorção de água por capilaridade no betão CONV e no betão BED, quer para a situação sem proteção (S/P+G), quer para a situação com proteção, permanente (PERM+G) e sacrificial (SAC+G);
- A ação de remoção da tinta em *spray* leva a um aumento dos níveis de absorção de água por capilaridade em ambos os betões com proteção, permanente (PERM+G+R) e sacrificial (SAC+G+R), atingindo mesmo valores superiores em relação às outras situações, à exceção do betão sem proteção (S/P);
- Após a remoção dos *graffiti*, a proteção sacrificial (SAC+G+R) é a que aparenta apresentar uma ação mais negativa em ambos os betões, com especial destaque para o betão CONV, onde a quantidade de água absorvida por capilaridade foi maior;
- A operação de remoção da tinta em *spray* não parece ter degradado a superfície dos betões, pois os valores de absorção capilar permanecem inferiores aos do betão sem proteção (S/P), particularmente no caso da proteção permanente (PERM+G+R), no entanto, talvez com operações cíclicas de pintura e de remoção isso possa vir a ocorrer, principalmente no caso da proteção sacrificial (SAC+G+R), uma vez que esta é removida aquando a remoção dos *graffiti*, tendo que ser novamente aplicada;
- Relativamente ao ensaio de absorção de água por imersão à pressão atmosférica, verifica-se que, o betão CONV tem ao longo de todo o ensaio valores de absorção de água superiores aos do betão BED. As propriedades hidrofóbicas do betão de elevado desempenho associadas com a sua menor porosidade, poderá ser umas das explicações para a tendência verificada;
- A utilização de revestimentos de proteção *anti-graffiti*, também diminui a absorção de água por imersão, no CONV e no BED, sendo o comportamento dos betões muito semelhante para ambos os produtos de proteção, permanente (PERM) e sacrificial (SAC);

- A aplicação da tinta em *spray* origina, nos dois betões, um aumento significativo na quantidade de água absorvida por imersão, quer no betão sem proteção (S/P+G), quer no betão protegido (PERM e SAC), levando mesmo, a atingir valores muito próximos aos registados no betão de referência (S/P) e no caso do betão só com tinta aplicada (S/P+G), a serem ligeiramente superiores;
- Com a remoção da tinta em *spray* (PERM+G+R e SAC+G+R), os valores da absorção de água por imersão tornam a diminuir, apresentando-se idênticos ao do betão apenas com proteção, permanente (PERM) e sacrificial (SAC);
- Se a aplicação da tinta aumenta os níveis de absorção por imersão e a sua remoção instiga a um efeito contrário, uma das causas para este fenómeno, poderá estar relacionada com as características hidrofílicas da própria tinta, as quais possuem substâncias que são capazes de serem dissolvidas na molécula da água, apresentando uma relação de “afinidade” com a mesma;
- No ensaio de penetração de CO<sub>2</sub>, a profundidade de carbonatação mantem-se sempre superior no betão CONV comparativamente ao betão BED. Um dos motivos para esta tendência poderá estar associada à relação água/ligante, pois quanto mais baixa esta se apresentar, mais compactos são os betões e, conseqüentemente, mais resistentes são à carbonatação;
- A proteção do betão com revestimento sacrificial (SAC) origina uma redução na profundidade de carbonatação no betão CONV e no betão BED, atingindo valores mais expressivos no betão de elevado desempenho. Relativamente à proteção permanente (PERM), esta não gera grandes alterações nos resultados;
- Após a aplicação da tinta em *spray*, a profundidade de carbonatação diminuiu ligeiramente em ambos os betões, quer para a situação sem proteção (S/P) quer para o betão protegido (PERM+G e SAC+G), manifestando-se de forma mais significativa no betão com proteção sacrificial (SAC+G);
- A remoção da tinta em *spray* no betão com proteção *anti-graffiti* verifica, quer para a proteção permanente quer para a sacrificial, um aumento da profundidade de

carbonatação. Para o mesmo tempo de exposição, a penetração de CO<sub>2</sub> no betão após a remoção da tinta (PERM+G+R ou SAC+G+R), atinge valores superiores aos obtidos para o betão sem qualquer proteção (S/P), o que significa, neste caso, que o processo de remoção parece alterar a estrutura porosa da superfície do betão CONV e do betão BED;

- Com a proteção do betão, ocorre uma redução na penetração dos cloretos no betão CONV resultante das características hidrofóbicas dos revestimentos *anti-graffiti*, com a proteção sacrificial (SAC) a alcançar um efeito mais redutor analogamente à proteção permanente (PERM);
- A aplicação da tinta em *spray*, leva a uma diminuição do coeficiente de difusão de cloretos no betão CONV, quer para a situação de referência (S/P) quer para o betão com ambas as proteções, com maior eficácia para a proteção sacrificial (SAC+G);
- Após a remoção da tinta em *spray*, há um aumento do coeficiente de difusão em ambos os betões, com os valores para as duas proteções no betão CONV a aproximarem-se dos de referência (S/P) e a serem superiores aos da situação só com proteção, com (PERM+G e SAC+G) e sem tinta (PERM e SAC);
- Para o betão convencional, a operação de remoção não parece ter degradado a superfície, pois os coeficientes de difusão permanecem ligeiramente inferiores aos do betão sem proteção (S/P). No entanto, talvez com operações cíclicas de pintura e de remoção isso possa vir a ocorrer, principalmente no caso da proteção sacrificial, uma vez que esta é removida e tem que ser novamente aplicada;
- A resistência do betão CONV à penetração de cloretos foi, em geral, muito elevada, à exceção do betão com proteção sacrificial e tinta em *spray* (SAC+G) em que o valor da resistência revelou-se ultra elevado e no betão sem proteção (S/P) o resultado foi elevado;

- A proteção do betão resulta num aumento dos valores de resistividade elétrica no CONV para ambas as proteções, com maior destaque para a proteção permanente (PERM);
- Há um aumento da resistividade elétrica no betão CONV sem proteção (S/P+G) e com proteção, permanente (PERM+G) e sacrificial (SAC+G), após a aplicação da tinta em *spray*, contudo, para a situação de referência (S/P) esse aumento foi pouco significativo;
- A ação de remoção da tinta em *spray*, leva há redução da resistividade elétrica em ambas as proteções, com maior evidência para a proteção sacrificial (SAC+G+R), pois atinge um valor de resistividade inferior ao da situação de referência (S/P). Uma das causas para a ação de remoção ser mais prejudicial para a proteção sacrificial, poderá estar relacionada com a remoção dos *graffiti*, que leva também à remoção da própria proteção sacrificial, o que faz com, a carga possa passar mais facilmente através do betão. Desta forma, poderá ter existido uma alteração da estrutura da superfície de betão, o que, com ações cíclicas de pintura e limpeza, poderá torná-lo ainda mais vulnerável.

## 5.2 Sugestões para trabalhos futuros

Uma vez que a temática abordada nesta dissertação não se esgotou e certamente poderá ser alvo de futuros desenvolvimentos, apresentam-se alguns tópicos que poderão ser abordados e podem dar resposta a determinadas dúvidas ou preencher algumas lacunas, relativamente aos sistemas de proteção *anti-graffiti* e o seu efeito nos indicadores de durabilidade do betão. Salientam-se as seguintes:

Para uma melhor compreensão do efeito da ação de remoção na estrutura porosa do betão, seria importante a execução de ensaios cíclicos de remoção/pintura de *graffiti*, sobrepondo-os com ensaios de envelhecimento, nomeadamente à exposição UV;

Como forma de complemento aos ensaios realizados, seria importante que se efetuassem outros ensaios. O estudo do betão aparente com microscopia eletrónica de varrimento, avaliação colorimétrica com o espectrofotómetro, determinação da hidrofobicidade através do

ângulo de contacto, permeabilidade ao oxigénio e à água, gelo-degelo e difusão de cloretos em estado estacionário são ensaios que poderão ser introduzidos em futuros trabalhos no âmbito desta temática;

Seria interessante, estudar os produtos de proteção *anti-graffiti* com diferentes idades, de forma a perceber, se essa característica influenciaria os resultados e quais seriam as implicações, positivas ou negativas, no seu desempenho;

Uma outra sugestão passaria pela produção de superfícies com diferentes graus de acabamento, como porosidade, rugosidade, aderência, com o intuito de analisar possíveis alterações nas propriedades dos produtos de proteção e também na sua interação com a superfície;

A execução de ensaios que permitam obter o comportamento real dos produtos *anti-graffiti*, com diferentes condições de humidade e temperatura, com o objetivo de mensurar as suas propriedades de impregnação e de proteção.

## REFERÊNCIAS

**Aguiar, José B., Camões, A. and Moreira, Pedro M. (2008).** Coatings for concrete Protection against Aggressive Environments. Journal of Advanced Concrete Technology Vol.6, Nº 1, 243-250, February 2008. Japan Concrete Institute;

**Amaro, M. F. (2007).** Estudo Comparativo de Tintas para Fachadas. Dissertação para obtenção de Grau de Mestre, Universidade Técnica de Lisboa;

**Andrew, C., Young, M. and Tonge, K. (1994).** Stonecleaning – A guide for practitioners, Edinburgh: Historic Scotland, 122 p;

**Arpone (2001).** History of Graffiti. Graffiti-Workshop 'Europa 2001' in Vienna. Disponível em: <http://www.hiphop-network.com/articles/graffitiarticles/historyofgraff-arpone.asp> (consultado em 18 Fevereiro de 2013);

**Ashurst, N. (1994).** Cleaning historic buildings. Donhead, London, Vol.1 and 2;

**Banksy (2005).** Banksy wall and piece. Century, London;

**Basheer, L., Basheer, P. A. M., Montgomery, F. R. and Cleland, D. J. (1991).** Assessment of the effectiveness of protective surface treatments. In: International Conference on Bridges and Flyovers, Hyderabad, India, pp. 22-27;

**Basheer, L., Cleland, D. J. and Long, A. E. (1998).** Protection provided by surface treatments against chloride induced corrosion. Materials and Structures, Vol. 31, University of Belfast, UK, pp. 459-464;

**Begonha, A. (2001).** Patologia da pedra. Casos de obra. 1<sup>as</sup> Jornadas de MATERIAIS NA CONSTRUÇÃO. FEUP - Edições, Porto, Portugal;

**Camões, A. (2002).** Betões de elevado desempenho com incorporação de cinzas volantes. Dissertação apresentada para obtenção do grau de Doutor em Engenharia Civil, Universidade do Minho, pp. 487;

**Camões, A., Cruz, P.J.S., Jalali, S., Ferreira, R. and Cunha, P. (2004).** Durability performance of concrete bridge piers made with metakaolin and latex mixes. IABMAS'04 - 2nd International Conference on Bridge Maintenance Safety and Management, Kyoto;

**Campos, R. (2007).** Pintando a cidade - uma abordagem antropológica aos *graffiti* urbano. Dissertação de Doutoramento, Universidade Aberta, Lisboa;

**Campos, R. (2009).** “All City” – Graffiti Europeu como modo de comunicação e transgressão no espaço urbano. Universidade Aberta, Lisboa;

**Campos, R. (2010).** Porque pintamos a cidade? – uma abordagem etnográfica dos graffiti urbano. Fim de Século – Edições, Lisboa;

**Carmona-Quiroga, P.M., J.Rubio, M.J.Sanchez, Martinez-Ramirez, S., Blanco-Varela M.T. (2011).** Surface dispersive energy determined with IGC-ID in anti-graffiti coated building materials, Progress in Organic Coatings;

**Carmona-Quiroga, P.M., Martínez-Ramírez, S., Blanco-Varela, M. (2010).** Estudio del comportamiento de dos tratamientos antigraffiti como protectores de materiales de construcción: interacción anti-graffiti-substrato, propiedades y durabilidad. Interaction between two anti-graffiti treatments and cement mortar (paste). Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Geológicas;

**Carmona-Quiroga, P.M., Martínez-Ramírez, S., Sánchez-Cortés, S., Oujja, M., Castillejo and Blanco-Varela, M.T. (2012).** Effectiveness of antigraffiti treatments in connection with penetration depth determined by different techniques. Journal of Cultural Heritage 11, pp. 297-303;

**Carmona-Quiroga, P.M., Martinez-Ramirez, S., Sobrados, I. and Blanco-Varela, M. (2010).** Interaction between two anti-graffiti treatments and cement mortar (paste). *Cement and Concrete Research* 40, pp. 723-730;

**Cerqueira, A. L. (2006).** Graffiti: a expressão dos excluídos. Projeto a vez do Mestre, Universidade Cândido Mendes, Rio de Janeiro, Brasil;

**Chalfant, H., Cooper, M. (2006).** Subway art. Thames & Hudson Ltd, London;

**Clifton, J. R. (1983).** Cleaning Stone and Masonry. ASTM Special Technical Publication, Philadelphia, PA: ASTM, ©1986. Louisville, KY;

**Correia, I. Delicioso (2010).** O design de comunicação e o graffiti como meios cúmplices na personalização do espaço urbano. Dissertação para obtenção do grau de Mestre, Universidade Técnica de Lisboa;

**Coutinho, J. (2002).** Ciência dos Materiais – 1ª Parte. Documento Provisório, pp. 107-109;

**Cunha, S. (2003).** Graffiti – Arte ou Vandalismo? Processos de legitimação. Instituto Superior de Ciências do Trabalho e da Empresa;

**Endo, Tatiana S. (2009).** A pintura rupestre da pré-história e o grafite dos novos tempos. Trabalho de conclusão do curso de pós-graduação, Universidade de São Paulo;

**English Heritage (1999).** Graffiti on historic buildings and monuments. Methods of removal and prevention. Technical advice note. Disponível em: <https://www.english-heritage.org.uk/publications/graffiti-on-historic-buildings-and-monuments/graffiti-historic-buildings-and-monuments.pdf>;

**Feliu, S., Andrade, C., González, J. A. and Alonso, C. (1996).** A new method for in-situ measurement of electrical resistivity of reinforced concrete. *Materials and Structures*, 29(6), pp. 362-365;

**Ferro, Sofia L. (2011).** Da rua para o mundo: configurações do graffiti e do parkour e campos de possibilidades urbanas. Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor, Instituto Universitário de Lisboa;

**FprCEN/TS 12390-12 (2010).** Testing hardened concrete – Part 12: Determination of the potential carbonation resistance of concrete: Accelerated carbonation method. Technical Specification;

**Ganz, N. (2004).** Graffiti world. Thames & Hudson Ltd, London;

**García, O., Malaga, K. (2012).** Definition of the procedure to determine the suitability and durability of an anti-graffiti product for application on cultural heritage porous materials. Journal of Cultural Heritage 11, pp. 77-82;

**Garí, J. (1995).** La conversación mural – Ensayo para una lectura del graffiti. Madrid, Fundesco;

**Gjørsv, O.E. (1996).** “Performance and serviceability of concrete structures in the marine environment”, Proceedings, Odd E. Gjørsv Symposium on Concrete for Marine Structures, Ed. por P.K. Mehta, CANMET/ACI, pp. 259-279;

**Gordon, S. (2007).** Graffiti on Historic Surfaces. The Building Conservation Directory. Disponível em: <http://www.buildingconservation.com/articles/graffiti/graffiti.htm> (consultado em 19 Fevereiro 2013);

**Grimmer, Anne E. (1988).** Keeping it Clean: Removing Exterior Dirt, Paint, Stains, and Graffiti from Historic Masonry Buildings. Washington, D.C.: Preservation Assistance Division, National Park Service, U.S. Department of the Interior;

**Hoekstra, F. (1992).** Coming from the subway New York graffiti art histoire et developpement d’un mouvement controversé. VBI/Royal Smeets Offset, Weert;

**Kreijger, P.C. (1984).** The skin of the concrete. Composition and properties. Materials and Structures, 17275-283;

**Lei nº61/2013 de 23 de Agosto.** Diário da República nº162/2013 - Série I. Assembleia da República, Lisboa;

**Lewisohn, C. (2009).** Street art, the graffiti revolution. Tate Publishing, London;

**LNEC E 372 (1993).** Água de amassadura para betões - Características e verificação da conformidade. LNEC, Lisboa, pp. 6;

**LNEC E 391 (1993).** Betões - Determinação da resistência à carbonatação. Documentação normativa, Especificação LNEC, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, pp. 2;

**LNEC E 393 (1993).** Betões - Determinação da absorção de água por capilaridade. Documentação normativa, Especificação LNEC, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, pp. 2;

**LNEC E 394 (1993).** Betões - Determinação da absorção de água por imersão, Ensaio à pressão atmosférica. Documentação normativa, Especificação LNEC, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, pp. 2;

**LNEC E 463, (2004).** Betões - Determinação do coeficiente de difusão dos cloretos por ensaio de migração em regime não estacionário. Documentação normativa, Especificação LNEC, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, pp. 7;

**Lozano, J. (2001).** Catálogos nacionales de patrimonio de Europa: una visión en conjunto. II Jornadas Europeas de Patrimonio Cultural, Madrid;

**Luping, T. (1996).** Chloride transport in concrete - Measurement and prediction. Doctural Thesis, Chalmers Tekniska Ogskola, pp. 88;

**Maury, A., Belie, N. (2010).** State of the art of TiO<sub>2</sub> containing cementitious materials: self-cleaning properties. Materials de Construcción. Vol.60, 298, pp. 33-50;

**Matsui, I., Nagai, K., Yuasa, N. and Ishigami, Y. (2002).** Removing Graffiti on Concrete Surface by Laser. Nihon University, Taisei Corporation, Japan. Proceeding of The International Conference held at the University of Dundee, Scotland, U.K;

**Monteiro, I. (2010).** Modelação da evolução da carbonatação em elementos de betão armado. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre, Universidade Técnica de Lisboa;

**Moreira, M. de Fátima (1991).** Superfícies em betão aparente. Tese para obtenção do Grau de Mestre, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto;

**Neto, E., Souto, A., Camões, A., Begonha, A., Cachim, P. (2014).** Efeitos da proteção *antigrffiti* na durabilidade do betão. Congresso Luso-Brasileiro de Materiais de Construção Sustentáveis. Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Minho, Guimarães;

**Neto, E., Souto, A., Camões, A., Begonha, A., Cachim, P. (2014).** Durabilidade do betão aparente com proteção *antigrffiti*. Encontro Luso-Brasileiro de Degradação em Estruturas de Concreto Armado. Salvador, Bahia, Brasil;

**New York Times. Taki 183 (1971).** Spawns Pen Pals, Edição de 21 de Julho;

**Nordtest Method NT Build 492.** Determination of Chloride Diffusion Coefficient from Non-Steady State Migration Experiments.

**NP EN 196-1 (2000).** Métodos de Ensaio de Cimento. Parte 1: Determinação das Resistências Mecânicas. Lisboa, Instituto Português da Qualidade;

**NP EN 197-2 (2001).** Cimento, Parte 2: Avaliação da Conformidade. Lisboa, Instituto Português da Qualidade;

**NP EN 206-1 (2005).** Betão, Parte 1: Especificação, desempenho, produção e conformidade. Lisboa, Instituto Português da Qualidade, pp. 84;

**NP EN 450-1 (2012).** Cinzas Volantes para Betão. Parte 1 - Definição, Especificações e Critérios de Conformidade. Lisboa, Instituto Português da Qualidade;

**NP EN 12350-2 (2009).** Ensaio do Betão Fresco – Parte 2: Ensaio de abaixamento. Lisboa, Instituto Português da Qualidade, 11p;

**NP EN 12390-3 (2009).** Ensaio do betão endurecido – Parte 6: Resistência à compressão de provetes. Lisboa, Instituto Português da Qualidade, 21p;

**Oliveira, E. Maria (2012).** Estudo da interação dos tratamentos *anti-graffiti* e o substrato em betão aparente. Plano de Tese no âmbito do Programa Doutoral em Engenharia Civil, Universidade do Minho;

**Pais, J. M. (2002).** Praxes, graffitis, hip hop, em Carles Feixa, Carmen Costa e Joan Pallarés (orgs.), *Movimientos Juveniles en la Península Ibérica: Graffitis, Grifotas, Ocupas*. Barcelona, Ariel;

**Pires, B. F. (2009).** SEN - talento clandestino. *Jornal Algarve* em 3 de Setembro;

**Reiss, J. (2007).** *Bomb it DVD*. Antidote Films inc., New York;

**Resende, J. A. (2010).** Análise dos efeitos de produtos preventivos e correctivos *anti-graffiti* no granito do Porto. Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho;

**Ribeiro, R. de Macedo (2010).** *Concreto aparente: uma contribuição para a construção sustentável*. Monografia, Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, Brasil;

**Saavedra, F. F. (2006).** *Graphitfragen - Una mirada reflexiva sobre el graffiti*. Ediciones Minotauro Digital, Madrid;

**Sanjeevan, P., Klemm, A. J. and Klemm, P. (2007).** Removal graffiti from mortar by using Q-switched Nd:YAG laser. School of Built and Natural Environment, Glasgow Caledonian University, Cowcaddens Road, Glasgow, G4 OBA, UK;

**Smith, M.R. (1999).** Stone: Building Stone, Rock Fill and armourstone in construction. The Geological Society Engineering Geology Publications, nº16, The Geological Society of London, London;

**Swamy, R. N., Suryavanshi, A. K., Tanikawa, S. (1998).** Protective ability of an acrylic-based surface coating system against chloride and carbonation penetration into concrete. ACI Materials Journal, 95, pp. 101-112;

**The City of Edinburgh Council (2003).** Treatment of Graffiti on Historic Buildings: Consultation Draft of Joint Protocol and Revised Policy Guidelines, Edinburgh;

**Urquhart, D. (1999).** The treatment of graffiti on historic surfaces – Advices on graffiti removal procedures, antigraffiti coatings and alternative strategies, Historic Scotland. Edinburgh, Scotland;

**Virolleaud, F. (1990).** Le ravalement, Guide technique, réglementaire et juridique, in Le Moniteur des Travaux Publics et du Bâtiment. Paris, Hors Série, pp. 121-148;

**Weaver, Martin E. (1995).** Removing graffiti from Historic Masonry Preservation Briefs: 38. National Park Service, Preservation Assistance Division Masonry, U.S. Disponível em:<http://ia601205.us.archive.org/30/items/removinggraffiti00weav/removinggraffiti00weav.pdf> (retirado em 16 de Fevereiro 2013);

**Weisel, Deborah L. (2002).** Graffiti. Problem-Oriented Guides for Police Series No.9. U.S. Department of Justice, Office of Community Oriented Policing Services. Disponível em: <http://www.popcenter.org/problems/problem>.