

## Revestimentos de $TiO_2$ para a preservação de superfícies arquitetônicas

Tatyana C.F. Borazanian<sup>1\*</sup>, Margarida Szurkalo<sup>1</sup>, Olandir V. Correa<sup>1</sup>, Rodrigo T. Bento<sup>1</sup>, Marina F. Pillis<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN-CNEN/SP), Universidade de São Paulo, Av. Prof. Lineu Prestes, 2242, São Paulo – Brasil.

\*Autor para correspondência: tatyana.borazanian@ipen.br.<sup>1</sup>

### Resumo-Abstract

**RESUMO** - A utilização do dióxido de titânio ( $TiO_2$ ) tem sido amplamente estudada para proteção de elementos arquitetônicos e de revestimentos externos utilizados na construção civil, a fim de preservar melhor seu aspecto visual e minimizar a necessidade constante de limpeza e manutenção decorridas da deposição de partículas de poluentes existentes na atmosfera. Este trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho autolimpante de filmes fotocatalíticos de  $TiO_2$  aplicados em superfícies de materiais comumente empregados na Arquitetura.

*Palavras-chave:*  $TiO_2$ , construção civil, fotocatalise, sol-gel, autolimpeza

**ABSTRACT** - The use of titanium dioxide ( $TiO_2$ ) has been widely studied for protection and preventive maintenance of architectural elements and external coatings used in construction in order to better preserve its visual appearance and to minimize the constant need for cleaning and maintenance after the deposition of particles in the atmosphere. This work has as objective to evaluate the self-cleaning performance of photocatalytic films of  $TiO_2$  applied to surfaces of materials commonly employed in Architecture.

*Keywords:*  $TiO_2$ , construction, photocatalysis, sol-gel, self-cleaning

### Introdução

As fachadas das edificações estão expostas diretamente aos agentes poluentes e vão, portanto, sendo deterioradas ao longo da vida útil. A degradação se inicia a partir do momento em que o edifício está inserido no ambiente construído e depende de diversos fatores, como a localização da edificação, o ambiente e condições climáticas em que a mesma está inserida, a orientação solar, os métodos construtivos e os materiais utilizados na edificação (10, 11). Dentre as manifestações patológicas recorrentes em fachadas, segundo Flores-Colen e Brito (1), as manchas são as primeiras a serem percebidas, pois alteram os padrões estéticos do edifício. Com o intuito de minimizar esses efeitos, o estudo de superfícies autolimpantes vem se destacando nos últimos anos por proporcionar uma economia em manutenção e proteção de fachadas ao trabalhar apenas com a ação da água da chuva em presença da luz do sol, sem a necessidade de se utilizar detergentes ou agentes abrasivos (12). Tais superfícies são constituídas, em geral, por filmes de  $TiO_2$  (16).

O dióxido de titânio é um material cerâmico semicondutor, capaz de ser produzido na forma particulada e de filmes. Apresenta estabilidade química, ausência de toxicidade, resistência à corrosão, insolubilidade em água, fotoestabilidade e energia de band gap compatível com a luz

solar, além de custo relativamente baixo (13). As propriedades físicas e químicas do  $TiO_2$  o tornam um material excelente para diversas aplicações, como fotocatalise, células fotovoltaicas, sensores de gás e aplicações eletroquímicas (14), além de despertar interesse em várias áreas de pesquisa ligadas à indústria farmacêutica, de pigmentos, alimentos.

Na construção civil, o  $TiO_2$  vem sendo muito utilizado adicionado ao concreto, argamassas e pinturas cimentícias, durante sua preparação. Os estudos da aplicação de  $TiO_2$  na construção civil se iniciaram no Japão na década de 1990 (2). No Brasil o dióxido de titânio é utilizado em pavimentos, tintas, superfícies cimentícias e elementos pré-fabricados de concreto (15). Além dos processos convencionais de incorporação de  $TiO_2$  durante a fabricação de itens utilizados na construção civil, outra forma de uso que vem se destacando é pela deposição de filmes de  $TiO_2$  sobre a superfície dos materiais, que os protege da ação de poluentes, conservando-os, e prolongando sua vida útil.

As rochas carbonáticas são caracterizadas pela baixa resistência mecânica devido ao alto conteúdo de minerais carbonatados (principalmente calcita e dolomita), que são as frações mais solúveis geralmente contidas nas pedras de construção e, portanto, são muito sensíveis à ação dos poluentes atmosféricos (3, 4, 5). Os efeitos da poluição do

ar são ainda amplificadas pela alta porosidade aberta das rochas (6).

Este trabalho teve por objetivo estudar o comportamento de autolimpeza de filmes de  $\text{TiO}_2$ , obtidos via processo sol-gel, aplicados sobre a superfície de mármore branco nacional. Os resultados preliminares foram obtidos de forma qualitativa, observando-se a degradação do corante azul de metileno sob luz UV.

### Experimental

Amostras de mármore branco nacional, de dimensões 2 x 2 x 1 cm foram utilizadas como substratos para deposição do filme de  $\text{TiO}_2$ . A escolha deste material deve-se ao fato de que sua alta porosidade e fácil manchamento não favorecem seu uso como revestimento para áreas externas.

Os filmes de  $\text{TiO}_2$  foram sintetizados pelo método sol-gel, utilizando isopropóxido de titânio (pureza 97%) como precursores de titânio e oxigênio, e álcool isopropílico, com uma razão de 1:10 e pH = 3. A solução foi mantida sob agitação a 75°C por 60 min para a obtenção do sol. A deposição dos filmes no mármore branco nacional foi realizada em temperatura ambiente, utilizando-se um aerógrafo. O ângulo de incidência do jato foi fixado em 45° e a velocidade média de avanço foi de 17 mm/s. Para cada camada foram consideradas quatro deposições. As amostras foram secas a 100 °C por 60 min após cada deposição de camada, e, em seguida, tratadas termicamente a 450°C durante 30 min para cristalização do filme de  $\text{TiO}_2$ . Nos testes de autolimpeza foi adotado filme de duas camadas.

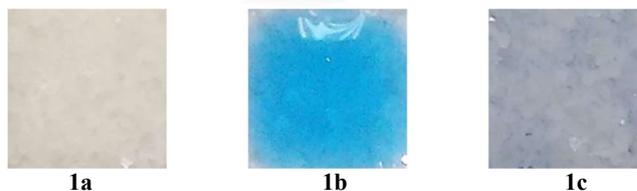
Sobre a superfície de amostras de mármore recobertas e não recobertas pelo filme de  $\text{TiO}_2$  foram gotejadas 2ml de solução aquosa do corante azul de metileno. As amostras foram então expostas à luz UV por oito dias. O comportamento fotocatalítico dos filmes foi avaliado, qualitativamente, pela descoloração das manchas do corante gotejado nas amostras.

### Resultados e Discussão

Para que os revestimentos de  $\text{TiO}_2$  sejam viáveis em superfícies arquitetônicas é necessário que este não altere as características de cor e brilho, percebidas a olho nú, das superfícies onde aplicadas (7, 8, 9). Neste ensaio não foi constatado a olho nú alteração relevante de cor e brilho da superfície da amostra que recebeu deposição de revestimento de  $\text{TiO}_2$ .

Como método de comparação utilizamos amostras não recobertas pelo revestimento de  $\text{TiO}_2$  e a submetemos ao mesmo teste de manchamento e exposição a luz UV

Os testes de autolimpeza apontaram, através de análises qualitativas, que as amostras de mármore branco nacional não recobertas por revestimento de filme de  $\text{TiO}_2$  não exibem atividade fotocatalítica pois mesmo após o período de exposição a luz UV apresenta manchamento do corante aplicado, conforme demonstrado na Figura 1.



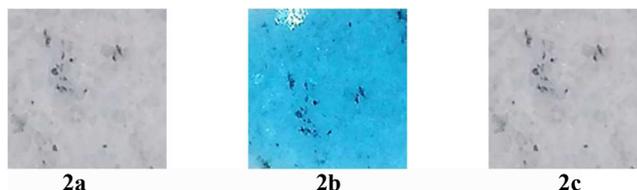
**Figura 1.** Amostras de Mármore Branco Nacional sem deposição de filme de  $\text{TiO}_2$  durante o processo de teste de autolimpeza.

**1a**-sem gotejamento de corante;

**1b**-com gotejamento de corante;

**1c**-com gotejamento de corante e após 8 dias exposição à luz UV;

No entanto as amostras de mármore branco nacional com aplicação de duas camadas de filme de  $\text{TiO}_2$  exibem atividade fotocatalítica com degradação quase completa do corante azul de metileno após o ensaio, ver Figura 2.



**Figura 2.** Amostras de Mármore Branco Nacional com deposição de duas camadas de filme de  $\text{TiO}_2$  durante o processo de teste de autolimpeza.

**2a**-sem gotejamento de corante;

**2b**-com gotejamento de corante;

**2c**-com gotejamento de corante e após 8 dias exposição à luz UV;

Em comparação com tratamentos semelhantes (7, 8, 9) os resultados qualitativos tiveram um desempenho mais satisfatório pois não é possível identificar a olho nú vestígios do corante gotejado no início do ensaio.

### Conclusões

O presente trabalho estudou a deposição de um filme de  $\text{TiO}_2$  como um revestimento protetor para superfícies de mármore branco nacional, de interesse arquitetônico, para impedir a formação de manchas de sujeira. A aplicação de nanopartículas de  $\text{TiO}_2$  não altera de forma relevante o aspecto da rocha.

Além disso, em curto prazo, a fotocatalise do  $\text{TiO}_2$  depositado sobre a superfície da rocha é muito eficiente e capaz de degradar a maior parte da sujeira acumulada nas superfícies tratadas, verificou-se que o filme de  $\text{TiO}_2$  exibe atividade de autolimpeza com degradação quase completa do corante após 8 dias de ensaio, o que sugere sua aplicação promissora para preservação e manutenção de superfícies de revestimentos externos utilizados na construção civil.

### Agradecimentos

Agradecemos ao CNPq pela concessão de bolsa a um dos autores.



## Referências

1. I. Flores-Colen; J. Brito, Estratégias de Manutenção em Fachadas de Edifícios. *Revista Engenharia Civil*. **2002**.
2. A. Fujishima; X. Zhang, Titanium Dioxide Photocatalysis: Present Situation and Future Approaches. *Comptes Rendus Chimie - C R CHIM*. **9**. **2006**, 750-760. 10.1016/j.crci.2005.02.055.
3. Eyssautier-Chuine, M. Gommeaux, C. Moreau, C. Thomachot-Schneider, G. Fronteau, J. Pleck, B. Kartheuser, *QJ. Geol. Hidrogeol.* **47**. **2014**, 177.
4. E. Franzoni, E. Sassoni, *Sci. Total Environ.* **2011**, 412-413, 278.
5. O. Rudic, D. Rajnovic, D. Cjepa, S. Vucetic, J. Ranogajec, *Ceram. Int.* **41**, **2015**, 9779.
6. E. Sassoni, E. Franzoni, *Appl. Phys. Um Mater.* **2014**, 115, 809.
7. G. B. Goffredo; P. Munafò, Placido, Preservation of Historical Stone Surfaces by TiO<sub>2</sub> Nanocoatings. *Coatings*. **5**. **2015**, 10.3390/coatings5020222.
8. N. S. Allen; M. Edge; J. Verran; J. Stratton; J. Maltby; C. Bygott. Photocatalytic titania based surfaces: Environmental benefits. *Polym. Degrad. Stab.* **2008**, **93**, 1632–1646.
9. E. Quagliarini; F. Bondioli; G. B. Goffredo; C. Cordini; P. Munafò. (2012). Self-cleaning and de-polluting stone surfaces: TiO<sub>2</sub> nanoparticles for limestone. *Construction and Building Materials*. **2012**, 37.
10. S. L. C. Leão, *As fachadas da casa moderna*, Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Arquitetura. Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura, **2011**.
11. H. M. C. Petrucci, A alteração da aparência das fachadas dos edifícios: Interação entre as condições ambientais e a forma construída, Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, **2000**.
12. M. A. M. L. de JESUS, *Desenvolvimento de superfícies autolimpantes superhidrofílicas e fotocatalíticas obtidas pela deposição de filmes finos de TiO<sub>2</sub> e TiO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub> pelo método sol-gel*, Dissertação de Mestrado, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais, Belo Horizonte, **2015**.
13. M. M. VIANA, *Estudo de filmes finos e materiais particulados de TiO<sub>2</sub> e de Ag/TiO<sub>2</sub> produzidos pelo processo sol-gel*, Tese de Doutorado, Curso de Pós-graduação em Ciências - Química, Instituto de Ciência Exatas - Departamento de Química, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, **2011**.
14. R. C. CARRIEL, *Caracterização de filmes finos de TiO<sub>2</sub> obtidos por deposição química em fase vapor*, Dissertação de Mestrado, Curso de Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear - Materiais, Instituto de Pesquisa Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, **2015**.
15. S. R. A. Dantas, *A eficácia da edição do TiO<sub>2</sub> em argamassas quanto a manutenção das condições iniciais em termos da sua refletância à irradiação solar*, Dissertação de Mestrado, Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, São Paulo, **2016**.
16. R. WANG et al., Photogeneration of highly amphiphilic TiO<sub>2</sub> surfaces, *Advanced Materials*, v. 10, n. 2, p. 135–138, **1998**.

---

<sup>1</sup> Endereço atual.