

# 59º CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA



“ Química, Energia e  
Sustentabilidade. ”

JOÃO PESSOA / PB  
5 A 8 DE NOVEMBRO DE  
2019

Centro de Eventos do Tambaú Hotel

Menu

## REVESTIMENTOS DE $TiO_2$ PARA PRESERVAÇÃO DE SUPERFÍCIES CIMENTÍCIAS

ISBN 978-85-85905-25-5

### Área

Materiais

### Autores

Borazanian, T.C.F. (INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES) ; Szurkalo, M. (INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES) ; Correa, O.V. (INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES) ; Bento, R.T. (INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES) ; Santos, T.F. (INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES) ; Cotinho, S.P. (INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES) ; Pillis, M.F. (INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES)

### Resumo

Este trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho autolimpante de filmes fotocatalíticos de  $TiO_2$  aplicados sobre argamassa cimentícia usada como revestimento externo de vedações verticais das edificações. Os filmes foram sintetizados pelo método sol-gel e depositados por spray coating, à temperatura ambiente, sobre substratos de argamassa cimentícia. Foram testadas amostras com uma e duas camadas de deposição de filme e foram realizados testes de autolimpeza. As análises apontam que as amostras com aplicação de duas camadas de filme de  $TiO_2$  exibem degradação mais eficiente do corante azul de metileno, após 3 ciclos de 48 horas sob radiação UV, o que sugere sua aplicação promissora para preservação e manutenção de superfícies de revestimentos externos utilizados na construção civil.

### Palavras chaves

$TiO_2$ ; construção civil; autolimpeza

## Introdução

A fachada de uma edificação é a parede de um espaço exterior e define, portanto, parte do espaço no qual este está inserido, configurando assim o entorno urbano (CARRIÓ et al., 1985). As vedações verticais que isolam o espaço interior do espaço exterior das edificações são geralmente revestidas para a proteção do material estrutural, manutenção do conforto térmico e acústico e valorização estética. Porém, estão expostas diretamente aos agentes de degradação e vão sendo deterioradas ao longo da vida útil, a partir do momento em que o edifício é inserido no ambiente construído, e esta degradação depende de diversos fatores: localização, condições climáticas, orientação solar, métodos construtivos e materiais utilizados na edificação (LEÃO, 2011). Dentre as patologias recorrentes e notadas visualmente nas fachadas, as manchas são as primeiras a aparecer (FLORES-COLEN et al., 2002) e alteram o padrão estético da edificação (PETRUCCI, 2000). São causadas principalmente pela deposição de poluentes atmosféricos e proliferação de microrganismos, que normalmente dependem da presença de água na sua forma líquida para se proliferar (MARANHÃO, 2009). Como resultado, as manchas nas fachadas acarretam prejuízos para os usuários da edificação e para a sociedade, uma vez que desvalorizam o ambiente construído no contexto urbano e são necessários constantes reparos, os quais envolvem custos elevados (AUSTRIA, 2015). O estudo de superfícies autolimpantes vem se destacando nos últimos anos como uma busca em minimizar esse impacto financeiro, de degradação e de desvalorização do espaço urbano, proporcionando uma economia na manutenção de fachadas e proteção aos materiais que a revestem 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 (JESUS, 2015). De acordo com a IUPAC (União Internacional de Ciência Pura e Aplicada), a fotocatalise é uma reação catalítica que envolve absorção da luz por um catalisador ou um substrato (STROPA, 2013). As grandes áreas de aplicação da fotocatalise são tratamento de água, desodorização do ar, superfícies autolimpantes e antiembaçantes e materiais autoesterilizantes (FUJISHIMA et al., 1999; NOGUEIRA et al., 1998) e a chave para a implementação desta tecnologia, está no desenvolvimento do material utilizado como catalisador (ZHOU et al., 2012). O dióxido de titânio ( $\text{TiO}_2$ ) é uma cerâmica semicondutora, 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 (VIANA, 2011) e vem sendo amplamente utilizado como fotocatalisador. Revestimentos de  $\text{TiO}_2$  podem se tornar hidrofílicos, atraindo gotículas de água, o que faz com que se forme um lençol de água sobre estas superfícies, lavando os produtos das reações químicas (FUJISHIMA et al., 2006). Esse fenômeno pode ser considerado uma vantagem pois a superfície se torna autolimpante. Os recobrimentos autolimpantes são considerados superhidrofílicos, quando o ângulo de contato tende a zero (BURKARTER, 2010). As superfícies autolimpantes comerciais são constituídas geralmente de filmes de  $\text{TiO}_2$ , material capaz de atuar tanto como oxidante quanto como redutor (HUPA et al., 2011). Wang e colaboradores (WANG et al., 1998) relatam superfícies superhidrofílicas de  $\text{TiO}_2$  para óleo e água, com propriedades antiembaçamento e de autolimpeza. Dentre as várias técnicas utilizadas para a obtenção de filmes de  $\text{TiO}_2$  o método sol-gel se destaca (LÉONARD et al., 2016). É uma técnica de síntese química que permite a obtenção de compostos estruturados dos mais diversos tipos de materiais e com grande homogeneidade química (PHONTAMMACHAI, 2003). Tem sido muito empregada na preparação de filmes, uma vez que possibilita seu processamento a baixas temperaturas e apresenta baixo custo de instalação (COSTA, 1998). Uma das técnicas de

recobrimento de uma superfície pode ser realizado através de processo spray coating em temperatura ambiente, que se baseia na ejeção de partículas finas de materiais por uma corrente de jato com gás de transporte para o substrato (ICHIKI et al., 2003). O objetivo deste trabalho foi estudar o comportamento de autolimpeza de filmes de  $\text{TiO}_2$ , obtidos via processo sol-gel, aplicados sobre a superfície de argamassa cimentícia usada como revestimento de alvenarias nas áreas externas. Os resultados foram analisados de forma qualitativa e quantitativa, medindo-se a degradação do corante azul de metileno sob luz UV.

## Material e métodos

A escolha deste material deve-se ao fato de que argamassa cimentícia é um dos principais materiais utilizados como revestimento para vedações, apesar da sua alta porosidade e fácil manchamento quando usada como revestimento para áreas externas. São constituídas por fragmentos de rocha de dimensões relativamente pequenas e um ligante. As amostras foram confeccionadas utilizando-se argamassa “Votomassa Massa Pronta” da marca Votorantim, as amostras de argamassa cimentícia, com dimensões de 3 cm de diâmetro e 5 mm de espessura, foram utilizadas como substratos para deposição do filme de  $\text{TiO}_2$ . 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  $\text{pH} = 3$ . A solução foi mantida sob agitação a  $75^\circ\text{C}$  por 60 min para a obtenção do sol. A deposição dos filmes nas amostras de argamassa cimentícia foi realizada em temperatura ambiente, utilizando-se um aerógrafo. O ângulo de incidência do jato foi fixado em  $45^\circ$  e a velocidade média de avanço foi de 17 mm/s. As placas de argamassa cimentícia foram divididas em 3 grupos: grupo A: amostras sem filme; grupo B: amostras com filme de 1 camada composta por 10 passes de jateamento; grupo C: amostras com filme de 2 camadas de jateamento, composta por 5 passes de jateamento, seguido de secagem em estufa a  $100^\circ\text{C}$  por 60 min, e mais 5 passes de jateamento. Após o último passe de jateamento as amostras foram secas a  $100^\circ\text{C}$  por 60 minutos. A seguir, as amostras dos grupos B e C foram tratadas por 30 min a  $450^\circ\text{C}$  ao ar para cristalização dos filmes de  $\text{TiO}_2$ . As amostras foram manchadas com solução aquosa do corante azul de metileno com concentração de 20 mg/L (ABNT NBR-10235) para simular o poluente. Foi utilizada massa de corante correspondente a 10% do peso de cada uma das amostras. O manchamento das amostras aconteceu em três etapas em um período total de 48 horas com intervalos de 24 horas. As amostras foram mantidas no escuro por 48 h e em seguida submetidas a 3 ciclos de 48 h sob luz UV com medições intermediárias de cor a cada ciclo e intervalo de 24h no escuro entre os ciclos. Para a avaliação de cores foi utilizado um colorímetro. Delta Color, modelo Colorium com geometria  $45/0^\circ$  e faixa de medição visível de 400 a 700nm e do auxílio do software Lab7 software Colorimetria, para compilar todos os dados gerados. Foram realizadas leituras antes do manchamento (considerada a leitura 0) e após o manchamento, sendo uma medida antes da exposição à luz UV e as demais após cada um dos ciclos de exposição. O comportamento fotocatalítico das amostras foi avaliado através da medida da variação de cor apresentada pelo filme não manchado e o filme manchado, após o final do terceiro ciclo. A superfície das amostras, antes e após o manchamento, foi analisada por microscopia óptica em um microscópio marca Olympus.

## Resultado e discussão

Para análise de descoloração do manchamento das amostras foi adotado o sistema de cores CIELab (Figura 1), esse padrão de coordenadas representa todas as cores visíveis pelo olho humano,

composto pelos eixos  $L^*$ , da reflectância, que representa o branco quando positivo, e o preto quando negativo. O ponto zero que une os três eixos é considerada a cor de referência. Nos eixos  $a^*$  e  $b^*$ , das coordenadas cromáticas que representam cores opostas, o eixo  $a^*$  quando positivo representa a cor vermelha e quando negativo a cor verde, do mesmo modo o eixo  $b^*$  quando positivo representa a cor amarela e quando negativo a cor azul. As amostras foram classificadas em três grupos e submetidas aos processos de manchamento e fotocatalise, passando por medições colorimétricas ao término de cada etapa do ensaio, totalizando cinco medições entre a inicial, sem manchamento, e a final após o último ciclo de exposição à luz UV. Segundo análise dos dados numéricos experimentais apresentados na Figura 2, nota-se que as medições iniciais ( $b^*00$ ) das amostras têm valor positivo tendendo ao tom amarelado. Os valores colorimétricos das amostras dos grupos B e C são iguais e positivos. Após o manchamento, na medição  $b^*01$ , os valores passaram a ser negativos, a amostra do grupo B apresenta valor mais negativo comparado ao grupo C, indicando maior concentração de corante sobre a superfície. Nas medições  $b^*02$  e  $b^*03$  os valores numéricos apresentam degradação proporcional entre os grupos B e C. No grupo A a degradação na medição  $b^*03$  foi mais lenta, porém na medição  $b^*04$  a amostra do grupo C apresenta valor colorimétrico positivo, tendendo novamente ao tom amarelado. O estudo de AUSTRIA G. C. (2015) sobre comportamento fotocatalítico de argamassas autolimpantes com adição de  $TiO_2$ , testando diversos corantes, sugere que o corante azul de metileno foi o que melhor apresentou resultados de autolimpeza, porém esse fenômeno se apresenta tanto nas amostras que continham  $TiO_2$  como nas que não continham. A diferença foi um maior manchamento inicial e recuperação de cor mais lenta nas amostras sem  $TiO_2$ . As amostras analisadas neste trabalho também apresentaram visível descoloração do corante nas amostras dos três grupos analisados. A amostra do grupo A apresenta descoloração após o término do ensaio, porém ainda não suficiente para considerar o processo concluído. A amostra do grupo B apresenta considerável descoloração e regiões onde a descoloração total se inicia, revelando a superfície da amostra sem corante. Já a amostra do grupo C apresenta descoloração satisfatória com regiões maiores sem a presença de corante, sendo possível ver a superfície da amostra, como mostra a Figura 3.

Figura 1 e Figura 2

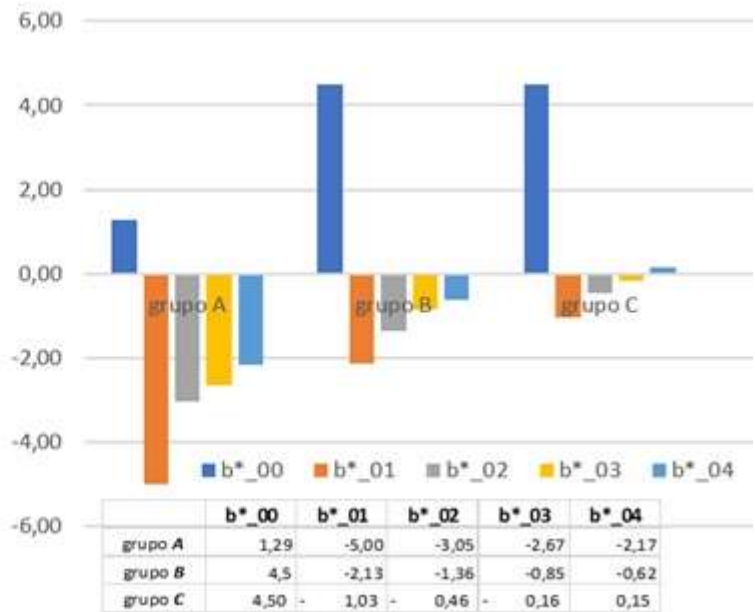
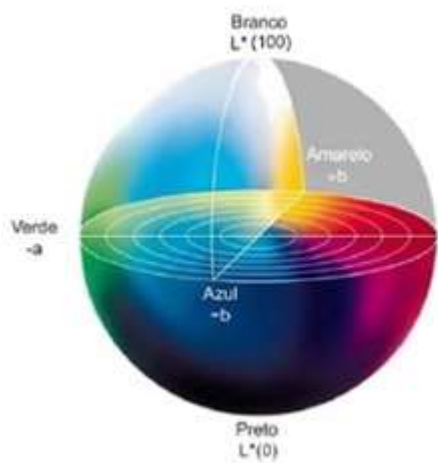
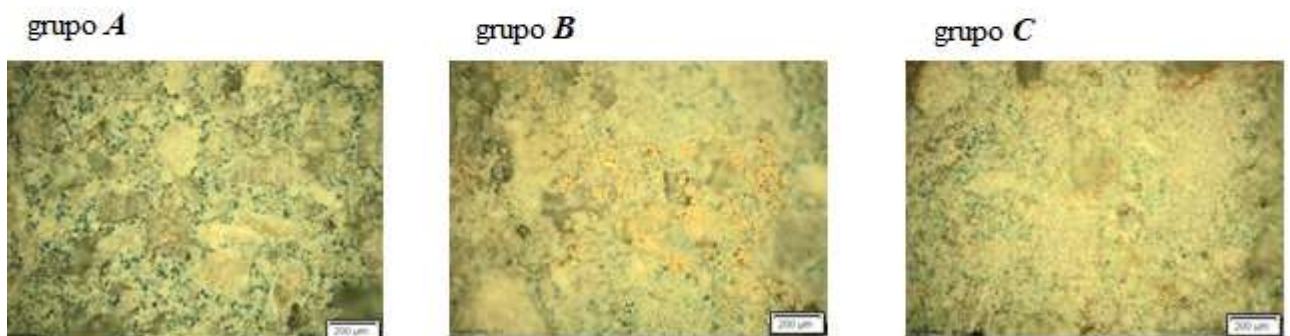


Figura 1 - Sólido de cor do espaço CIEL\*a\*b\* (adaptado de MINOLTA, 1998 apud PASSUELO, 2004) Figura 2 - Parâmetros numéricos L\*a\*b\*, comparativo b\*

Figura 3



Amostras manchadas, antes da exposição à luz UV (medição de cor 01)



Amostras manchadas, após exposição à luz UV (medição de cor 04)

Figura 3 - imagens por microscopia óptica de amostras antes e depois da exposição à luz UV

## Conclusões

O presente trabalho estudou a deposição de um filme de TiO<sub>2</sub> como um revestimento para superfícies de argamassa cimentícia de interesse arquitetônico, preservação do padrão estético e proteção superficial do material. A aplicação de filmes de TiO<sub>2</sub> não altera de forma relevante o

aspecto do revestimento de argamassa cimentícia. É possível perceber visualmente que houve descoloração do manchamento das amostras dos grupos B e C se comparadas às amostras do grupo A. Porém, ao se analisar os dados obtidos pela medição de cor, pode-se perceber que a degradação não foi significativa. O maior manchamento da amostra do grupo B e maior tempo para o processo de fotocatalise indica que a amostra é mais porosa possibilitando maior impregnação de corante. Já a amostra do grupo C, sendo menos porosa mantém a mancha na superfície, o que facilita o processo de autolimpeza e evita futura patologia de manchamento profundo. Verificou-se que o filme com duas camadas de 5 passes (grupo C) é mais eficiente que o filme de 1 camada de 10 passos (grupo B). Podemos, no entanto, entender que apesar da grande eficiência do revestimento fotocatalítico e sua promissora aplicação sobre a superfície deste material para preservação e manutenção dos revestimentos externos utilizados na construção civil, o período experimental de três ciclos de 48 horas de exposição à luz UV não é suficiente para atingirmos os resultados esperados de degradação do corante depositado e atividade de auto-limpeza, sendo necessário um período maior de exposição à luz UV.

## **Agradecimentos**

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, Brasil) ao auxílio financeiro.

## **Referências**

- AUSTRIA, G. C. Argamassa autolimpante para revestimento de fachadas: o efeito das propriedades fotocatalíticas do dióxido de titânio (TiO<sub>2</sub>). 2015, 173 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Porto Alegre. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/131071>>. Acesso em: 02 set. 2017.
- BURKARTER, E. Desenvolvimento de Superfícies Superhidrofóbicas de Politetrafluoretileno. 2010, 138 f. Tese (Doutorado em Física) – Pós-Graduação em Física do Setor de Ciências Exatas da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010, p. 9-101. Disponível em: <[http://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/24777/tese\\_Ezequiel\\_Burkarter.pdf?sequence=1](http://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/24777/tese_Ezequiel_Burkarter.pdf?sequence=1)>. Acesso em: 02 set. 2017.
- CARRIÓ, J. M. Arquitetura, arte funcional. Informe de la Construcción. Madrid, Instituto Eduardo Torroja, v. 37, n. 374, 1985, p. 5-16.
- COSTA, E. Preparação e caracterização de filmes finos sol-gel de Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-TiO<sub>2</sub>. 1998, 83 f. Dissertação (Mestrado) – Área Interunidades em Ciência e Engenharia de Materiais da EESC, IQSC e IFSC da Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.
- FLORES-COLEN, I.; BRITO, J. Estratégias de Manutenção em Fachadas de Edifícios. Revista Engenharia Civil, 2002.
- FUJISHIMA, A.; HASHIMOTO, K.; WATANABE, T. TiO<sub>2</sub> Photocatalysis: Fundamentals and Applications. 1ª ed., Editora BKC, Inc., 1999.
- FUJISHIMA, A.; ZHANG, X. Titanium Dioxide Photocatalysis: Present Situation and Future Approaches. Comptes Rendus Chimie 9 (5-6), 2006, p. 750-760.
- HUPA, L.; PIISPANEN, M. Comparison of self-cleaning properties of three titania coatings on float glass. Applied Surface Science, v. 258, 2011, p. 1126-1131.
- ICHIKI, M. et al. Spray coating fabrication: thin film formation on non-planar surface. In: The 121h International Conference on Solid State Sensors, Actuators and Microsystems, Proceedings, Boston, 2003, p. 825-828.

JESUS, M. A. M. L. de. 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. 2015, 125 f. Dissertação (mestrado) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais, Belo Horizonte. Disponível em: <[http://www.posmat.cefetmg.br/wpcontent/uploads/sites/120/2017/08/Disserta%C3%A7%C3%A3o\\_Magnum\\_Jesus.pdf](http://www.posmat.cefetmg.br/wpcontent/uploads/sites/120/2017/08/Disserta%C3%A7%C3%A3o_Magnum_Jesus.pdf)>. Acesso em: 02 set. 2017.

LEÃO, S. L. C. As fachadas da casa moderna. 2011, Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Arquitetura. Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/32817>>. Acesso em: 02 set. 2017.

LÉONARD, G.L.-M. et al. Journal of Environmental Chemical Engineering 4, 2016, p. 449-459.

MARANHÃO, F. L. Métodos para redução de mancha nas vedações externas de edifícios. 2009, 107 f. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo. Disponível em: <[www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde.../Tese\\_Flavio\\_Leal\\_Maranhao.pdf](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde.../Tese_Flavio_Leal_Maranhao.pdf)>. Acesso em: 02 set 2017.

NOGUEIRA, R.F.P.; JARDIM, W.F. A Fotocatálise heterogênea e sua aplicação ambiental. Química Nova, v. 21, n. 1, 1998, p. 69-72.

PASSUELO, A. Análise de parâmetros influentes na cromaticidade e no comportamento mecânico de concretos à base de cimento branco. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2004.

PETRUCCI, H. M. C. A alteração da aparência das fachadas dos edifícios: Interação entre as condições ambientais e a forma construída. 2000, 120 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/1555/000351541.pdf>>. Acesso em: 02 set. 2017.

PHONTAMMACHAI, N. et al. Structural and rheological aspect of mesoporous nanocrystalline TiO<sub>2</sub> synthesized via sol-gel process. Microporous and Mesoporous Materials, v. 66, 2003, p. 261-271.

STROPA, J.M. Síntese e Caracterização de um Nanocompósito Formado Pelo Sistema Ag/TiO<sub>2</sub> Suportado em Filmes de Borracha Natural Para Aplicação Fotocatalítica e Biocida. 2013. Dissertação de Mestrado. Centro de Ciências Exatas e Tecnologia. Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, Mato Grosso do Sul, 2013.

VIANA, M. M. Estudo de filmes finos e materiais particulados de TiO<sub>2</sub> e de Ag/TiO<sub>2</sub> produzidos pelo processo sol-gel. 2011. 138 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Ciências - Química, Instituto de Ciência Exatas - Departamento de Química, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011, p. 24-53. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1843/SFSA-8H6URU>>. Acesso em: 02 set. 2017.

ZHOU, H.; QU, Y.; ZEID, T.; DUAN, X. Energy & Environmental Science, 2012. DOI: 10.1039/c2ee03447f.

WANG, R. et al. Photogeneration of highly amphiphilic TiO<sub>2</sub> surfaces. Advanced Materials, v. 10, n. 2, p. 135-138, 1998.