XIII SBTA
Simpósio Brasileiro de Tecnologia das ARGAMASSAS
11-13 | JUNHO | 2019 | GOIÂNIA | GO

# AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA AUTOLIMPANTE DE FACHADAS DE EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS APÓS DOIS ANOS DA APLICAÇÃO DA DISPERSÃO DE DIÓXIDO DE TITÂNIO ($TiO_2$)

**Tema:** Manutenção, reabilitação e restauro
**Grupo[1]:** 2

NICOLLE P. PIETROSKI[1], CAROLINE GIORDANI[2], FERNANDA L. GUERRA[3], ANGELA B. MASUERO[4], DENISE C. C. DAL MOLIN[5]

[1] Graduanda em Eng. Civil, Universidade Federal Rio Grande do Sul/UFRGS, nicollepietroski@gmail.com
[2] Engª. Civil Mª. em Eng. Civil, Universidade Federal Rio Grande do Sul/UFRGS, giordani.carol@gmail.com
[3] Arqª. Drª. em Eng. Civil, Universidade Federal Rio Grande do Sul/UFRGS, f.lamegoguerra@gmail.com
[4] Profª. Drª. em Eng. Civil, Universidade Federal Rio Grande do Sul/UFRGS, angela.masuero@ufrgs.br
[5] Profª. Drª. em Eng. Civil, Universidade Federal Rio Grande do Sul/UFRGS, dmolin@ufrgs.br

**RESUMO**

A aplicação do fotocatalisador $TiO_2$ nas fachadas de edificações e sua eficiência autolimpante tem sido avaliada em diversos estudos nas últimas décadas. No entanto, ainda persistem algumas lacunas quanto à sua durabilidade. Com base nesta premissa, avaliou-se a limpeza ocorrida em trechos da fachada de dois prédios históricos em Porto Alegre-RS, após dois anos da aplicação da dispersão de $TiO_2$ por Viapiana *et al.*(1), artigo apresentado no XII SBTA. Aplicou-se a mesma metodologia de análise da variação de cor com espectrofotômetro. Verificou-se a eficiência da aplicação do produto ao longo do tempo.

**Palavras-chave:** edificações históricas, manifestações patológicas, dióxido de titânio, autolimpeza, variação de cor.

# EVALUATION OF THE SELF-CLEANING EFFICIENCY OF HISTORIC BUILDING FACADES AFTER TWO YEARS OF THE APPLICATION OF TITANIUM DIOXIDE ($TiO_2$) DISPERSION

**ABSTRACT**

The $TiO_2$ photocatalyst application in building facades and their self-cleaning efficiency has been evaluated in several studies in the last decades. However, some questions remain about its durability. Based on this premise, the cleaning occurred in sections of the two historical buildings façade in Porto Alegre-RS, after two years of $TiO_2$ dispersion application by Viapiana *et al.*(1), article presented in SBTA XII, was evaluated. The same analysis methodology of the color variation with spectrophotometer was done. The efficiency of the application of the product over time was verified.

**Key-words:** historical buildings, pathological manifestations, titanium dioxide, self-cleaning, color variation.

[1]**Grupo 1:** Oriundos de teses, dissertações e relatórios finais de projetos de pesquisa; ou **Grupo 2:** oriundos de disciplinas de pós graduação, iniciação científica, trabalhos de conclusão de curso (TCC), pesquisas aplicadas e outros.

## 1. INTRODUÇÃO

Os manchamentos, problemas recorrentes nas fachadas de edificações, podem ser originados por partículas presentes na atmosfera, pela umidade, e também por contaminantes biológicos. Enquanto detalhes arquitetônicos visam descolar e reduzir a água em contato nas superfícies, estas regiões também podem tornar-se depósitos de partículas, que ao escorrer com a incidência da chuva, mancham as áreas inferiores[2]. Na presença de umidade e de nutrientes, diferentes microrganismos também podem se estabelecer nas superfícies dos revestimentos, gerando manchamentos de origem biológica e outras alterações físicas e químicas[3]. De forma a evitar o surgimento e expansão de tal manifestação patológica, dentro do conceito de fachadas sustentáveis, *maintainable facades*[4], o fotocatalisador dióxido de titânio ($TiO_2$) apresenta-se como uma possível solução para o problema dos manchamentos.

No trabalho de Viapiana *et al.*[1], que deu origem a este, foi avaliada a autolimpeza de regiões da fachada de dois prédios históricos no Campus Centro da UFRGS, expostos ao microclima urbano, devido a aspersão da suspensão de 5% de $TiO_2$ em água deionizada (Figura 1). A Área A consiste em um trecho do detalhe horizontal no topo de um dos edifícios, na orientação solar noroeste, com pintura branca e escorrimentos por sujidade devido à água da chuva. Na outra edificação, a Área B, corresponde a uma região da fachada próxima à base, de orientação sudoeste. A pintura, de coloração amarelada, apresentava manchamento de coloração esverdeada, provavelmente resultante de crescimento biológico e formação de biofilme. Iniciado em 2016, o trabalho avaliou a eficiência do $TiO_2$ até 240 dias após sua aplicação, e verificou a autolimpeza das superfícies, mais evidente na Área B.

Figura 1 – Fachadas das edificações históricas analisadas: a) Área A no prédio Chateau; b) Área B no prédio Castelinho




(a) (b)

Fonte: Adaptado de Viapiana *et al.*[1]

Neste contexto, o objetivo deste trabalho é avaliar a continuidade da autolimpeza das áreas descritas após 710 e 935 dias da aplicação do fotocatalisador $TiO_2$, verificando também a durabilidade do método de aplicação do $TiO_2$, por aspersão, sobre as regiões analisadas.

## 2. PROGRAMA EXPERIMENTAL: MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalhou seguiu a metodologia de avaliação da autolimpeza das superfícies adotada por Viapiana *et al.*[1], através da análise de imagens e da medição de cor no sistema de coordenadas CIE L*a*b com o espectrofotômetro Konica Minolta CM-2500d. Os autores avaliaram a variação de cor após 1, 2, 3, 30 e 240 dias da aplicação do $TiO_2$. Além da diferença de cor (ΔE, Equação 1), na atual pesquisa também foi avaliada a diferença de luminosidade (ΔL, Equação 2) e comparadas as medidas absolutas no "eixo a", verde/vermelho, e "eixo b", amarelo/azul. As medições foram realizadas aos 710 e 935 dias (n) após a aplicação do fotocatalisador, e comparadas com a cor inicial da superfície (0).

$$\Delta E = \sqrt{(L_n - L_0)^2 + (a_n - a_0)^2 + (b_n - b_0)^2} \quad (1)$$

$$\Delta L = L_n - L_0 \quad (2)$$

Onde:
ΔE = Diferença de cor, de cada ponto, entre a leitura "n" e sua referência "0";
L = ponto no eixo branco/preto na coordenada de cores;
a = ponto do eixo verde/vermelho na coordenada de cores;
b = ponto do eixo azul/amarelo na coordenada de cores;
0 = referência (antes da aplicação de $TiO_2$);
n = tempo em dias.

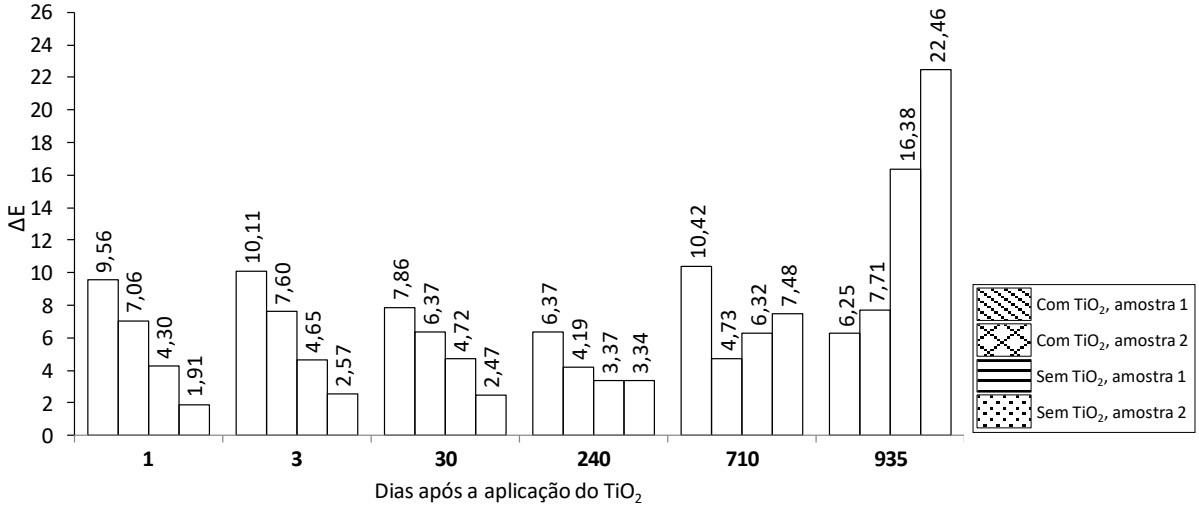
## 3. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

A área A, detalhe horizontal com sujidade escura, apresentou pouca diferença na variação de cor das amostras com aplicação de $TiO_2$ ao longo do tempo. Nos primeiros dias, a variação ocorreu devido à deposição deste pó branco no trecho avaliado[1]. Porém, a partir dos 240 até os 935 dias, esta pode ser explicada pela possível autolimpeza da superfície. Para as amostras sem o fotocatalisador, ocorreu um aumento crescente na alteração da coloração a partir dos 710 dias, provavelmente devido a uma intensificação do manchamento (Figura 2). Ressalta-se que a variação de cor entre 1,5 e 3,0 é classificada como "distinguível"; entre 3,0 e 6,0, como "facilmente distinguível"; e quando o ΔE é maior que 6,0, a diferença é considerada "muito grande", segundo Petter e Gliese[5], com relação à distinguibilidade humana quanto à variação de cor.

Uma vez que a Área A possui pintura de coloração branca e manchamento de cor escura, a diferença da luminosidade ao longo do tempo também fornece informações acerca de sua autolimpeza. Na Figura 3, pode-se corroborar com algumas das conclusões também extraídas para a variação de cor. Nas amostras com aspersão de $TiO_2$, houve variação da luminosidade, nas idades iniciais devido à sua recente aplicação, e aos 240 e 710 dias, sugerindo que ocorreu uma limpeza superficial da amostra. Aos 935 dias, verifica-se que a superfície reduziu sua luminosidade, sugerindo o início do escurecimento da mesma, com relação à medida antes

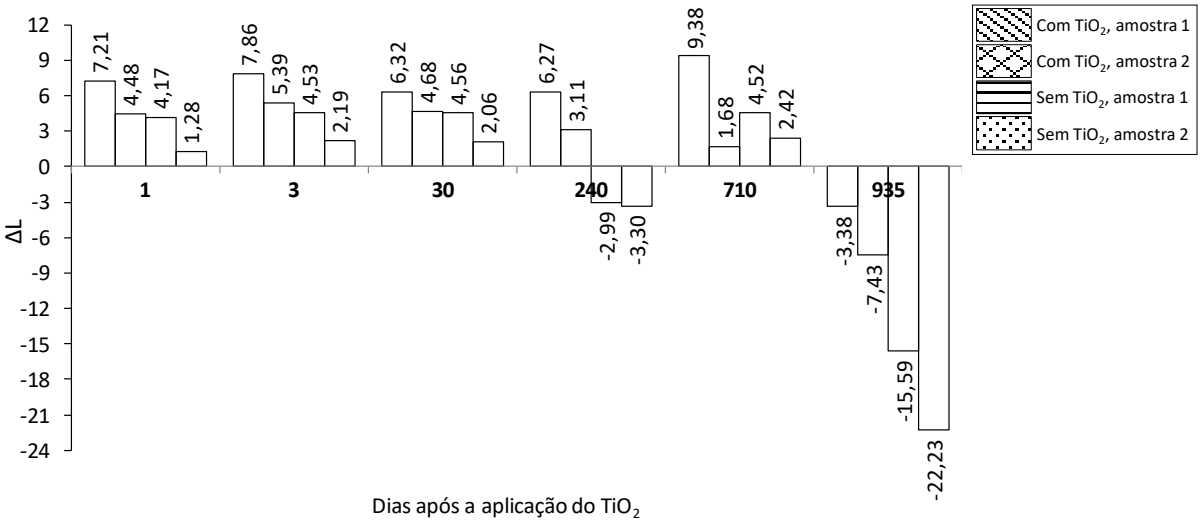
do início dos ensaios. Porém, comparando-se com as amostras sem $TiO_2$, verificou-se que estão muito mais escuras do que aquelas em que o fotocatalisador foi aplicado.

Figura 2 – Variação de cor (ΔE) média dos 8 pontos das amostras da Área A




Fonte: Elaborado pelos autores, sendo os dados de 1, 3, 28 e 240 dias obtidos a partir de Viapiana *et al.*(1)

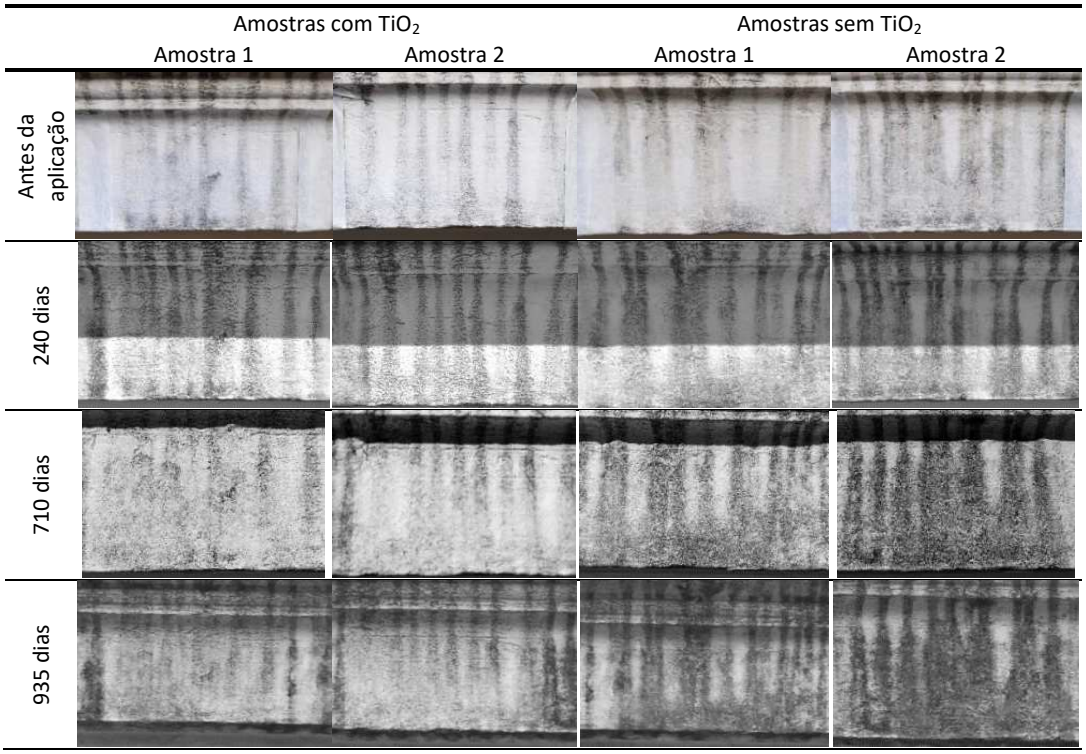
Figura 3 – Variação de luminosidade (ΔL) média dos 8 pontos das amostras da Área A




Fonte: Elaborado pelos autores, sendo os dados de 1, 3, 28 e 240 dias obtidos a partir de Viapiana *et al.*(1)

As informações obtidas com o uso do espectrofotômetro ao longo do tempo podem ser verificadas visualmente no Quadro 1.

Quadro 1 – Evolução das amostras da Área A ao longo do tempo

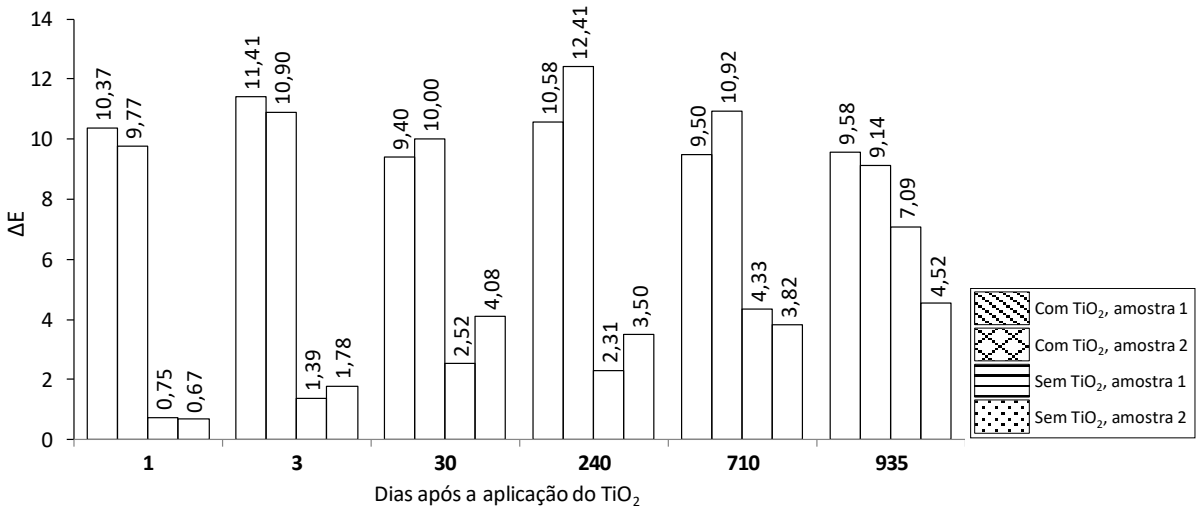



Fonte: Elaborado pelas autoras, sendo as figuras de antes da aplicação e de 240 dias obtidas a partir de Viapiana *et al.*[1]

A Área B, próxima à base da edificação histórica, com sujidade de provável origem biológica, apresentou a variação de cor (ΔE) identificada na Figura 4. Nas amostras em que houve a aplicação da suspensão de $TiO_2$, esta variação manteve-se semelhante ao longo dos 935 dias, sendo originada, nos primeiros momentos, pela deposição do óxido na coloração branca e, após sua lixiviação, pela efetiva limpeza da superfície, com variação de cor considerada “muito grande". Para as amostras sem o fotocatalisador, a variação de cor aumentou ao longo do tempo, o que pode estar relacionado à intensificação da sujidade. No primeiro dia a diferença era “pequena” ($0,5<\Delta E<1,5$), sendo, aos 710 e 935 dias, considerada “facilmente distinguível” ($3,0<\Delta E<6,0$) ou “muito grande” ($\Delta E>6,0$)[5].

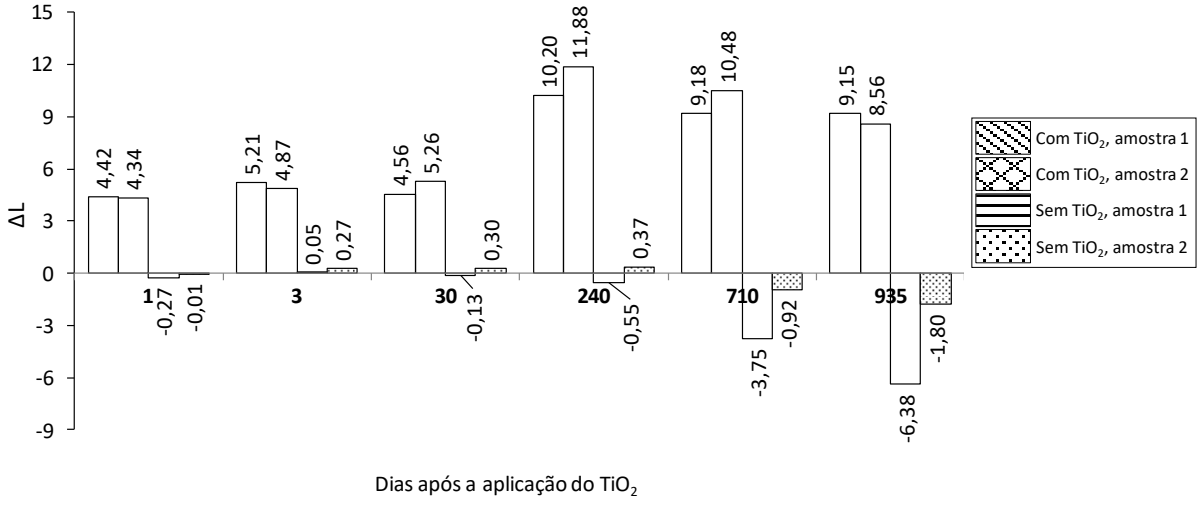
Com relação à variação da luminosidade (ΔL), as amostras com o dióxido de titânio duplicaram este indicador a partir dos 240 dias, evidenciando a ocorrência da autolimpeza na superfície. As amostras sem $TiO_2$ mantiveram a luminosidade com pequena variação ao longo do tempo, e apresentando um escurecimento aos 710 e 935 dias (Figura 5).

Figura 4 – Variação de cor (ΔE) média dos 8 pontos das amostras da Área B




Fonte: Elaborado pelos autores, sendo os dados de 1, 3, 28 e 240 dias obtidos a partir de Viapiana *et al.*(1)

Figura 5 – Variação de luminosidade (ΔL) média dos 8 pontos das amostras da Área B

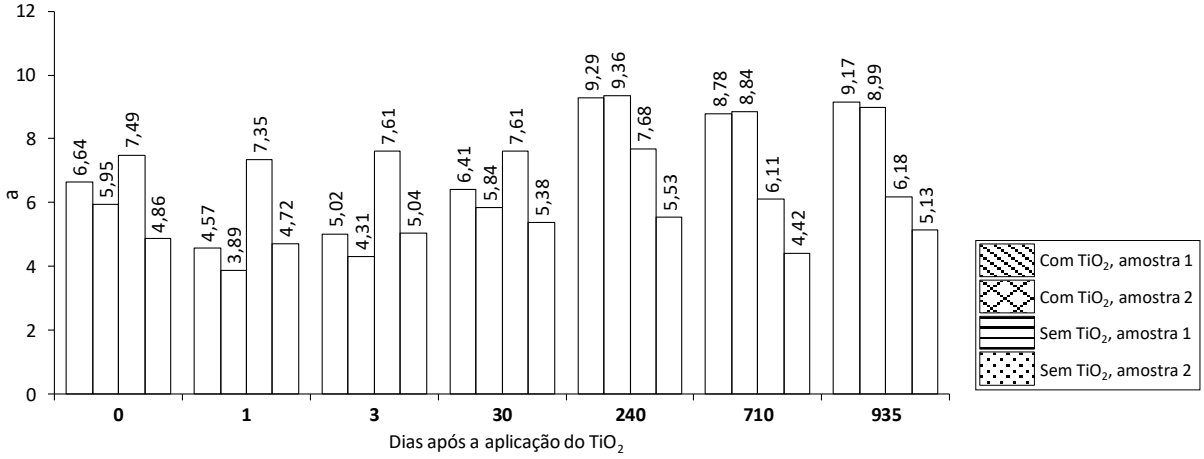



Fonte: Elaborado pelos autores, sendo os dados de 1, 3, 28 e 240 dias obtidos a partir de Viapiana *et al.*(1)

Na Área B, além da superfície possuir pintura em tonalidade amarelada, o manchamento possui coloração em tom esverdeado. Portanto, além de analisar a variação de cor e de luminosidade, também é preciso avaliar a medida absoluta no "eixo a", verde/vermelho (Figura 6), e "eixo b", amarelo/azul (Figura 7). Para as superfícies em que houve a aplicação de $TiO_2$, observa-se a redução da tonalidade vermelha e amarela até os 28 dias, resultado da cobertura branca originada pelo fotocatalisador. A partir dos 273 dias, enquanto a medição no "eixo b" apresentou pouca variação, verificou-se um aumento expressivo na medida da coloração vermelha ("eixo a"), provavelmente relacionados à redução dos manchamentos

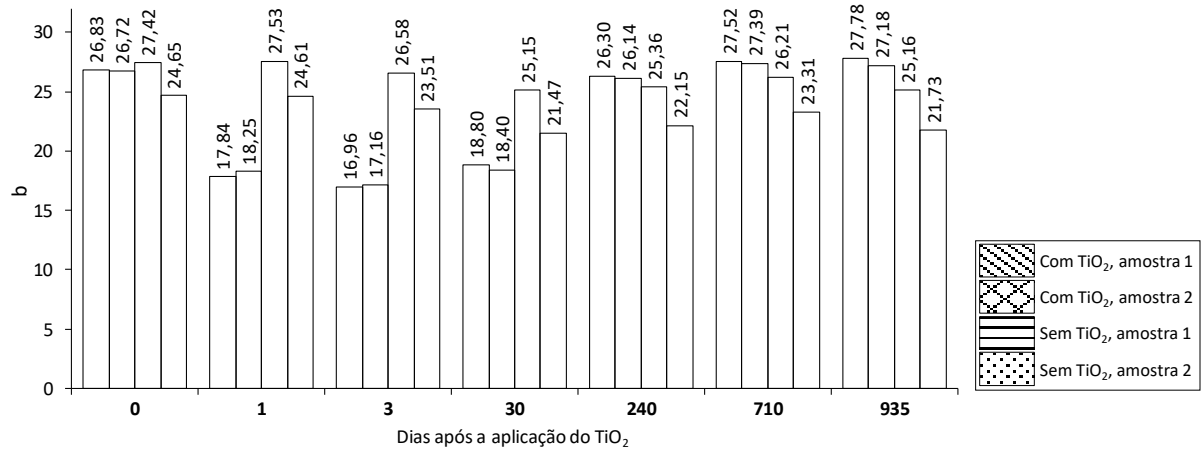
esverdeados, evidenciando a coloração da pintura da superfície. Para as amostras sem $TiO_2$, a medida no "eixo b" manteve-se semelhante em todas as datas avaliadas, e a medida no "eixo a" manteve-se similar até os 273 dias, tendo ocorrido uma redução aos 710 e 935 dias, indicando um possível aumento da contaminação de cor esverdeada nestas amostras.

Figura 6 – Medida no "eixo a" (verde(-)/vermelho(+)) média dos 8 pontos das amostras da Área B




Fonte: Elaborado pelos autores, sendo os dados de 1, 3, 28 e 240 dias obtidos a partir de Viapiana *et al.*(1)

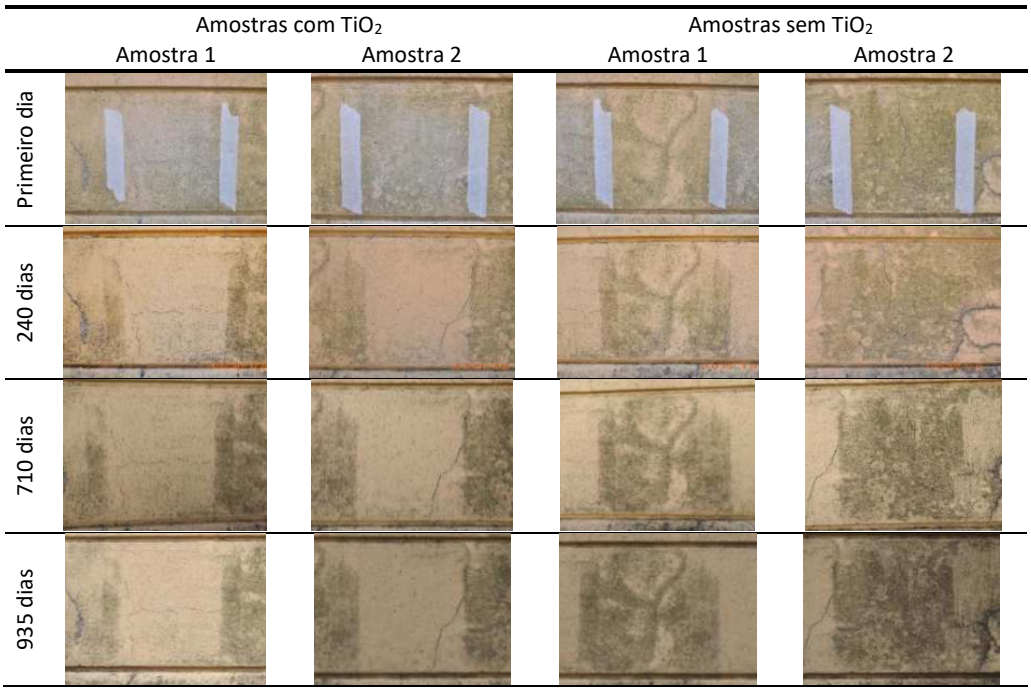
Figura 7 – Medida no "eixo b" (azul (-)/amarelo (+)) média dos 8 pontos das amostras da Área B




Fonte: Elaborado pelos autores, sendo os dados de 0, 1, 3, 28 e 240 dias obtidos a partir de Viapiana *et al.*(1)

O Quadro 2 ilustra a evolução das amostras da Área B ao longo do tempo.

Quadro 2 – Evolução das amostras da Área B ao longo do tempo




Fonte: Elaborado pelas autoras, sendo as figuras do primeiro dia e de 240 dias obtidas a partir de Viapiana *et al.*[1]

## 4. CONCLUSÕES

A autolimpeza das superfícies avaliadas foi verificada principalmente a partir dos 240 dias da aplicação do dióxido de titânio. A eficiência do fotocatalisador foi mais evidente e contínua ao longo do tempo na Área B, onde existe crescimento biológico. O $TiO_2$ vem sendo largamente utilizado como agente biocida contra microrganismos, tais como fungos e bactérias[6,7,8,9]. Embora mencionados como suscetíveis à desinfecção fotocatalítica pelo $TiO_2$, no entanto, há relatos de espécies fúngicas que apresentam resistência[10], incentivando investigações mais aprofundadas sobre o tema.

Na Área A, a autolimpeza foi pouco perceptível até os 710 dias. Porém, a partir deste momento, embora as quatro amostras tenham apresentado intensificação do manchamento por sujidade, o escurecimento da superfície mostrou-se mais perceptível nas amostras em que não houve a aplicação do dióxido de titânio.

Apesar de simples, o método de aplicação da suspensão de 5% de $TiO_2$ por aspersão nas superfícies mostrou-se efetivo no período de 935 dias (2 anos e 8 meses), mesmo após o depósito superficial do fotocatalisador ter sido lixiviado a partir dos 30 dias de sua utilização.

**AGRADECIMENTOS**

Agradecemos o apoio do CNPq e FAPERGS; do laboratório LAMTAC/NORIE; e do programa de pós-graduação PPGCI/UFRGS.

## 5. REFERÊNCIAS

1. VIAPIANA, C.; GUERRA, F. L.; GIORDANI, C.; DAL MOLIN, D. C. C.; MASUERO, A. B. Avaliação das propriedades autolimpantes da dispersão de Dióxido de Titânio em água quando aplicada em detalhe de fachada de prédio histórico. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 12., 2017, São Paulo. **Anais** [...]. São Paulo: USP, 2017. ISSN 2446-6824.

2. VIEIRA, A. de A. **Influência dos detalhes arquitetônicos no estado de conservação das fachadas de edificações do Patrimônio Cultural do Centro Histórico de Porto Alegre**, 2005. Trabalho de conclusão (Mestrado Profissionalizante em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

3. ALLSSOP, D. SEAL, K.; GAYLARDE, C.; BENTO, F. M.; SHIRAKAWA, M.; SAAD, D. de S. **Introdução à biodeterioração.** Primeira edição. Porto Alegre: Ed. dos Autores, 2016.

4. CHEW, M. Y. L.; DE SILVA, N.; TAN, P. P.; DAS, S. Grading of risk parameters for facade maintainability. **International Journal on Architectural Science**, v. 7, n. 3, p.77-87, 2006.

5. PETTER, C. O.; GLIESE, R. **Fundamentos de Colorimetria**. Apostila do Curso de Colorimetria. Laprom, 2004.

6. FOSTER, H. A.; DITTA, I. B.; VARGHESE, S.; STEELE, A. Photocatalytic disinfection using titanium dioxide: Spectrum and mechanism of antimicrobial activity. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 90, n. 6, p. 1847–1868, 2011.

7. FELTRIN, J.; SARTOR, M. N.; NONI, A. de, BERNARDIN, A. M.; HOTZA, D.; LABRINCHA, J. A. Superfícies fotocatalíticas de titânia em substratos cerâmicos: Parte I: Síntese, estrutura e fotoatividade. **Cerâmica**, v. 59, p. 620–632, 2013.

8. LA RUSSA, M. F.; MACCHIA, A.; RUFFOLO, S. A.; DE LEO, F.; BARBERIO, M.; BARONE, P.; CRISCI, G.; URZÌ, C. Testing the antibacterial activity of doped $TiO_2$ for preventing biodeterioration of cultural heritage building materials. **International Biodeterioration and Biodegradation**, v. 96, p. 87–96, 2014.

9. LONGO, V. M.; PICON, F.; ZAMPERINI, C.; ALBUQUERQUE, A.; SAMBRANO, J. R.; VERGANI, C. E.; MACHADO, A. L.; ANDRÉS, J.; HERNANDES, A. C.; VARELA, J. A.; LONGO, E. Experimental and theoretical approach of nanocrystalline $TiO_2$ with antifungal activity. **Chemical Physics Letters**, v. 577, p. 114–120, 2013.

10. GIANNANTONIO, D., J.; KURTH, J.C.; KURTIS, K. E.; SOBECKY, P. A. Effects of concrete properties and nutrients on fungal colonization and fouling. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 63, 252-259, 2009.