



Incorporação de aditivo fotocatalítico a base de TiO_2 em tinta acrílica branca: avaliação do efeito da dopagem com AgNO_3

Incorporation of TiO_2 -based photocatalytic additive in white acrylic paint: assessment of doping with AgNO_3 effect

Jennifer Vieira do Nascimento¹, Gabriela Canuto Meira², Eduardo Borges Lied³

RESUMO

O presente estudo tem como objetivo avaliar a capacidade de degradação fotocatalítica de revestimentos de tinta acrílica, através da incorporação de partículas de TiO_2 dopadas com AgNO_3 . Para realizar os ensaios de degradação fotocatalítica, empregou-se uma câmara de irradiação ultravioleta. Os revestimentos de tinta foram impregnados com a solução do corante indicador resazurina. Com base nos resultados, observou-se um aumento na diferença média de contraste de cor à medida que a concentração de TiO_2 aumenta, indicando um aumento na atividade fotocatalítica. Contudo, é importante ressaltar que, apesar das diferenças observadas, elas não foram estatisticamente significativas, devido à relativamente baixa concentração de Dióxido de Titânio. Além disso, a dopagem do TiO_2 com Nitrato de Prata, embora tenha resultado em diferenças significativas nos resultados, não demonstrou influência positiva na degradação da resazurina. Portanto, este estudo fornece insights valiosos sobre o comportamento desses materiais em condições fotocatalíticas, sugerindo áreas futuras de pesquisa e aplicação.

PALAVRAS-CHAVE: tinta inteligente; radiação UV; revestimento.

ABSTRACT

The present study aims to evaluate the photocatalytic degradation capacity of acrylic paint coatings through the incorporation of TiO_2 particles doped with AgNO_3 . Photocatalytic degradation tests were conducted using an ultraviolet irradiation chamber. The paint coatings were impregnated with a solution of the indicator dye resazurin. Based on the results, an increase in the average color contrast difference was observed as the TiO_2 concentration increased, indicating an enhancement in photocatalytic activity. However, it is important to note that, despite the observed differences, they were not statistically significant, likely due to the relatively low concentration of Titanium Dioxide. Furthermore, the doping of TiO_2 with Silver Nitrate, while resulting in significant differences in the results, did not demonstrate a positive influence on resazurin degradation. Therefore, this study provides valuable insights into the behavior of these materials under photocatalytic conditions, suggesting future areas for research and application.

KEYWORDS: smart paint; UV radiation; coating.

INTRODUÇÃO

Tintas inteligentes têm se destacado como uma revolução no mundo da pintura e revestimento, oferecendo propriedades avançadas muito além de sua função tradicional de decoração e proteção de superfícies. Uma inovação notável nesse campo é a incorporação de Dióxido de Titânio (TiO_2) dopado com prata, o que eleva significativamente o desempenho dessas tintas. O TiO_2 é um reconhecido fotocatalisador, capaz de desencadear reações químicas sob a influência da luz, que podem resultar na degradação de poluentes, germes e bactérias presentes nas superfícies onde a tinta é aplicada. No

¹Fundação Araucária. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Paraná, Brasil. Email: jennifer12vieira@gmail.com. ID Lattes: 4864451615939236.

²Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Paraná, Brasil. E-mail: gmeira@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: 1235914038788254

³Docente no Curso de Engenharia Ambiental. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Paraná, Brasil. E-mail: eduardolied@utfpr.edu.br. ID Lattes: 5028430253887652.



entanto, a adição de prata dopada ao TiO_2 amplia ainda mais suas capacidades e traz diversas vantagens.

Uma das principais vantagens da incorporação de prata dopada é a melhoria na atividade fotocatalítica da tinta. Isso significa que, quando a tinta é exposta à luz, os íons de prata na matriz de TiO_2 atuam como catalisadores, acelerando as reações químicas que eliminam impurezas. Isso torna essas tintas inteligentes altamente eficazes na purificação do ar e na eliminação de poluentes orgânicos e inorgânicos. As aplicações das tintas inteligentes com TiO_2 dopado com prata são amplas e versáteis. Além de sua eficácia na purificação do ar e na proteção contra microrganismos, essas tintas também podem ser usadas em sistemas de filtragem de água, revestimento de equipamentos eletrônicos para proteção contra poeira e umidade, e em muitas outras aplicações industriais e comerciais.

Em resumo, a incorporação de TiO_2 dopado com prata em tintas inteligentes representa um avanço significativo na tecnologia de revestimento. Essas tintas oferecem uma combinação única de propriedades, incluindo a capacidade de purificar o ar, proteger contra microrganismos e proporcionar durabilidade aprimorada. Com seu potencial para melhorar a qualidade de vida e a segurança em diversos ambientes, as tintas inteligentes com TiO_2 dopado com prata estão rapidamente conquistando espaço no mercado e prometem um futuro promissor na indústria de revestimentos. Neste contexto, o objetivo do presente trabalho é avaliar a degradação fotocatalítica do corante resazurina sobre a superfície de revestimentos de tinta acrílica a partir da adição de partículas de TiO_2 dopadas com AgNO_3 .

MATERIAIS E MÉTODOS

PREPARAÇÃO DO CORANTE INDICADOR RESAZURINA

Para preparação do corante indicador de resazurina, segundo a metodologia indicada por Mills (2013), foram realizados os seguintes procedimentos: pesagem de 10 g de uma solução aquosa contendo 1,5% de hidroxietilcelulosa (HEC), 1 g de glicerol, 10 mg de corante de Resazurina (Rz) (75%, sal de sódio) e 10 mg de surfactante de Polissorbato 20. A solução foi levada para o agitador por 20 minutos a 120 RPM.

PREPARAÇÃO DA SOLUÇÃO DE TINTA ACRÍLICA FOSCA BRANCA COM TiO_2

Para a preparar as amostras de tinta acrílica incorporadas com TiO_2 , foram definidos teores de TiO_2 de: 0, 2, 4 e 6%. Esses teores foram utilizados para 10 g de Tinta acrílica fosca cor branca da marca Coral. Por exemplo, para preparação da Tinta acrílica com 6% de TiO_2 , foram pesados 0,6 g de TiO_2 P25 da marca Evonik®. A incorporação da Nitrato de Prata ao Dióxido de Titânio foi conduzida pelo método de foto deposição, adaptado de Bokare et al. (2013).

PREPARAÇÃO DOS REVESTIMENTOS

A preparação dos revestimentos utilizou-se de placas de alumínio com dimensões 5,0 x 5,0 cm. As placas foram revestidas com a tinta acrílica em diferentes teores de TiO_2 . A fabricação dos revestimentos foi feita com a deposição de 1 g de tinta uniformemente



distribuída sobre a superfície das placas com auxílio de pincel. Em seguida, as placas revestidas com tinta foram levadas a estufa para secagem a 50°C.

ENSAIO COM RADIAÇÃO UV

Para os ensaios de degradação fotocatalítica foi utilizada uma câmara de irradiação ultravioleta. Os revestimentos de tinta foram impregnados com a solução de corante indicador resazurina. Após a deposição do corante, os revestimentos foram colocados sob irradiação por um período de 60 min. O efeito da degradação foi medido pelo índice de mudança de cor através dos parâmetros fornecidos pelo equipamento colorímetro (CHROMA METER CR-400/410). Esse equipamento gera no instante da leitura da superfície os parâmetros L , a e b .

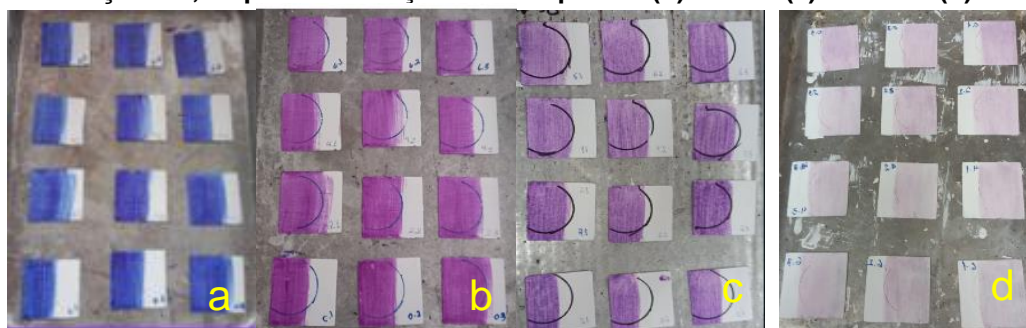
Para obtenção dos resultados quantitativos geralmente, em estudos que investigam alterações na cor de objetos, é comum utilizar o conceito conhecido como Contraste de Cor (CAMPOS,2016). A medida desse contraste é obtida por meio da Distância Euclidiana (ΔE) nos parâmetros L^* , a^* e b^* , iniciais e finais expressa na Equação 1 das amostras com diferentes concentrações de TiO_2 (CAMPOS,2016).

$$\Delta E = \sqrt{((L_* - L_0^*)^2) + (a_* - a_0^*)^2 + (b_* - b_0^*)^2} \quad \text{Eq.1}$$

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a quantificação do índice de alteração de coloração, procedeu-se à realização de análises de natureza quantitativa e qualitativa. No que tange à avaliação dos atributos qualitativos, procedeu-se à observação visual com o propósito de discernir discrepâncias cromáticas entre as amostras em seu estado inicial e as amostras após o processo de tratamento, como exemplificado na Figura 1.

Figura 1- Imagens dos revestimentos com deposição do corante resazurina (a) antes da exposição a radiação UV, e após a irradiação nos tempos de (b) 15 min (c) 30 min e (d) 60 min.



Fonte: Autoria Própria,2023.

Os resultados apresentados na Figura 1 revelam uma transição cromática que varia do matiz azul para o rosa, em relação às concentrações de TiO_2 de 0%, 2%, 3% e 6%. Esta modificação de coloração pode ser atribuída a um processo fotocatalítico que se desencadeia quando um indicador de tinta contendo resazurina é aplicado sobre a tinta,



contendo diferentes teores de titânio, e posteriormente exposto à radiação ultravioleta (UV) (MILLS; WELLS; O'ROURKE, 2016). Durante a exposição à luz UV, o filme fotocatalítico induz a formação de pares de elétrons e lacunas fotogeradas, com a capacidade de reduzir irreversivelmente a resazurina (Rz), convertendo-a em resorufina, que manifesta uma coloração de tonalidade rosa (MILLS; WELLS; O'ROURKE, 2016). Logo, a transmutação de cor visualmente observada representa diretamente a eficácia do filme fotocatalítico, sendo que a taxa dessa transformação está correlacionada com a efetividade do fotocatalisador (MILLS; WELLS; O'ROURKE, 2016). Na Tabela 1, os resultados de ΔE são apresentados com base em três repetições para as concentrações de TiO_2 de 0%, 2%, 4% e 6%.

Tabela 1 - Efeito da adição de TiO_2 sobre a degradação do corante.

ΔE	0%	2%	4%	6%
Repetição 1	31,11	34,08	37,14	40,70
Repetição 2	31,63	36,25	39,69	44,98
Repetição 3	-	35,51	44,09	38,94
Média	31,37a	35,28a	40,31a	41,54a

* Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Autoria Própria, 2023.

Pela ANOVA e o teste de Tukey, entende-se que os resultados para avaliação do efeito da adição de TiO_2 sobre o ΔE após 60 minutos de irradiação não apresentaram diferenças significativas ($\text{dms} = 21,86$; $p \leq 0,05$). Conclui-se que os valores de ΔE após o ensaio de fotodegradação se mostraram iguais estatisticamente entre as diferentes proporções de TiO_2 .

Gráfico 1 - ΔE médio em relação a diferentes concentrações de 0%,2%,4% e 6% TiO_2 , após 60 minutos de exposição Ultravioleta.



Fonte: Autoria Própria, 2023.

Com base nos resultados apresentados na Figura 2, é possível observar um incremento na diferença média de contraste de cor à medida que a concentração de TiO_2 aumenta. A concentração de 0% corresponde à tinta convencional, desprovida de adição de TiO_2 , enquanto uma concentração de 6% de TiO_2 incorporada à tinta convencional resulta em um aumento de 75% na atividade fotocatalítica, conforme sustentado por BAUDYS; KRYSA; MILLS (2017). No entanto, é relevante notar que os resultados não manifestaram diferenças estatisticamente significativas, o que pode ser atribuído à relativamente baixa concentração de Dióxido de Titânio. A partir dos achados obtidos, foi procedida a etapa de dopagem do TiO_2 com Nitrato de Prata, em concentrações de 0%, 3%, 6% e 12%, como representado na Tabela 2.



Tabela 2 - Efeito da adição de dopante (AgNO_3) sobre a degradação do corante.

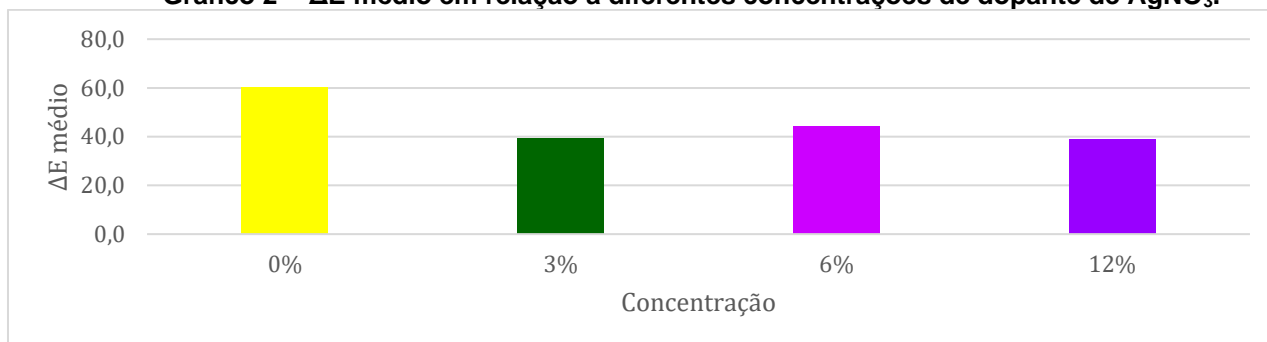
ΔE	0%	3%	6%	12%
Repetição 1	55,05	44,72	51,20	37,47
Repetição 2	62,74	36,75	37,78	41,29
Repetição 3	62,88	35,97	44,29	37,61
Média	60,23a	39,15b	44,43b	38,79b

* Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Autoria Própria, 2023.

Pela ANOVA e o teste de Tukey, entende-se que os resultados para avaliação do efeito da adição de dopante a base de prata sobre a fotodegradação apresentaram diferenças significativas ($dms = 11,26$; $p \leq 0,05$). Conclui-se que os valores de ΔE após o ensaio de fotodegradação se mostraram diferentes estatisticamente entre as diferentes proporções de dopante, porém evidenciando uma correlação negativa, pois foi observada ocorrência na diminuição da degradação a partir do aumento de dopante.

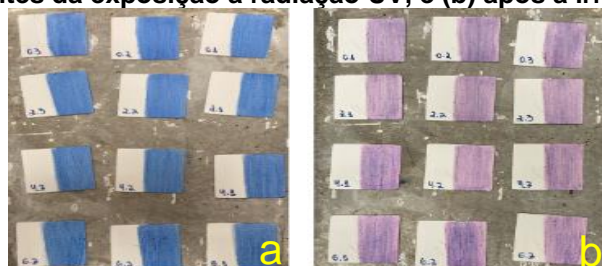
Gráfico 2 - ΔE médio em relação a diferentes concentrações de dopante de AgNO_3 .



Fonte: Autoria Própria, 2023.

O processo de dopagem é comumente utilizado para aumentar a eficiência da atividade fotocatalítica de semicondutores como o TiO_2 (DAL'TOÉ, 2018). No gráfico 2, esta técnica é avaliada por meio dos resultados que revelam uma diminuição no ΔE à medida que a concentração de AgNO_3 aumenta. É importante observar que, embora os resultados apresentem diferenças estatisticamente significativas, a dopagem não demonstra influência positiva na degradação da resazurina.

Figura 2- Imagens dos revestimentos com TiO_2 dopado com AgNO_3 com deposição do corante resazurina (a) antes da exposição a radiação UV, e (b) após a irradiação no tempo 60 min.



Fonte: Autoria Própria, 2023.



Conforme ilustrado na Figura 2, ocorreu a conversão da resazurina em resorufina, com valores mais baixos em comparação com a Figura 1(d), na qual as amostras foram submetidas a 60 minutos com concentrações exclusivamente de TiO_2 .

CONCLUSÃO

A conclusão retirada deste estudo é que o TiO_2 desempenha um papel importante na degradação da resazurina. No entanto, ao aplicar a técnica de dopagem com nitrato de prata, destinada a melhorar a eficiência do processo fotocatalítico, observou-se que os resultados não foram satisfatórios, pois a técnica, na verdade, diminuiu a eficácia do processo fotocatalítico.

Agradecimentos

Agradecemos ao Professor Eduardo Lied, à Gabriela, ao CNPq, à Fundação Araucária, a CEANMED e a Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Conflito de interesse

Não há conflito de interesse.

REFERÊNCIAS

Campos, José Rogerio de Oliveira. **Degradação da cor e propriedades mecânicas de papel japonês sujeito a foto-oxidação por luz UV.** 2016.

DAL'TOÉ, Adrieli Teresinha Odorcik et al. Dióxido de titânio dopado com lantânio e recoberto com nanopartículas de prata para a degradação fotocatalítica de poluentes orgânicos. 2018.

Peixoto Carlos Arthur Leães. **Ajuste Da Cor De Tintas No Estado Líquido.** UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL -PPGEM. Porto Alegre- Rio Grande do Sul, 2016.

MILLS, Andrew; WELLS, Nathan; O'ROURKE, Christopher. Correlation between the photocatalysed oxidation of methylene blue in solution and the reduction of resazurin in a photocatalyst activity indicator ink (Rz Paii). **Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry**, [S. l.], p. 86-89, 2016.

BAUDYS, M; KRYSA, J; MILLS, A. Smart inks as photocatalytic activity indicators of self-cleaning paints. **Catalysis Today**, [S. l.], p. 8-13, 14 fev. 2017.

ZANROSSO, CRISSIÊ DOSSIN. **AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DE ÁCIDOS POLICARBOXÍLICOS COMO LIGANTES NA IMOBILIZAÇÃO DE DIÓXIDO DE TITÂNIO EM TECIDOS DE ALGODÃO.** 2016. Dissertação de Mestrado (Mestre em Engenharia Química) - UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL ESCOLA DE ENGENHARIA, [S. l.], 2016.