

Fotocatálise solar na remediação de corantes indigoides usados no tingimento de fios de algodão¹

Solar photocatalysis in remediation of indigoides dyeing used in colouring cotton yarn

Enrico Saggiaro

Thelma Pavesi

Luís Filipe Vieira Ferreira

Josino Moreira

Anabela Oliveira*

Resumo

O objetivo do presente trabalho é avaliar a eficiência da fotodegradação solar do corante índigo carmim mediada pelo dióxido de titânio. O processo de degradação do índigo carmim foi avaliado sob a luz solar na localização S 22°52'37.3" e W 43°15'0.9" (Rio de Janeiro, Brasil). Volumes de 100 mL de solução aquosa (30 mgL⁻¹) do corante foram irradiados por 5 h na presença de TiO₂ (1 gL⁻¹ a 1x10⁻³ gL⁻¹). As alíquotas (0, 15, 30, 45, 60, 90, 120, 180 e 300 min) do corante foram analisadas por Espectrofotometria UV-Vis, observando $\lambda_{\text{máx}}=610\text{nm}$ do corante. A velocidade de degradação aumentou com a concentração de TiO₂. Para a luz solar aos 15 min notou-se 99% de degradação para concentração de 1gL⁻¹, enquanto apenas 8% para concentração de 1x10⁻³ gL⁻¹. A constante de velocidade de degradação diminui para a concentração 1x10⁻¹ gL⁻¹ e aumenta para a concentração 1x10⁻³ gL⁻¹, sendo que ao final de 5 h ambas degradaram aproximadamente 99% do corante. A fotocatalise mediada pelo TiO₂ mostra-se uma alternativa viável e eficaz para o tratamento de efluente contendo resíduos de corantes têxteis. O processo mostra-se mais atraente considerando-se a possibilidade de utilização da radiação solar como meio para diminuir o tempo de reação e o custo energético para o tratamento.

Palavras chave: dióxido de titânio; índigo; fotodegradação solar; fotocatalise; processos oxidativos avançados.

Abstract

The aim of this study is to evaluate the efficiency of solar photodegradation of indigo carmine dye mediated titanium dioxide. The process of degradation of indigo carmine was evaluated under sunlight in location S 22 ° 52 '37.3 '' W and 43 ° 15 ' 0.9 '' (Rio de Janeiro, Brazil). Volumes of 100 ml of aqueous (30 mgL⁻¹) dye were irradiated for 5 h in the presence of TiO₂ (1 gL⁻¹ to 1x10⁻³ gL⁻¹). Aliquots (0, 15, 30, 45, 60, 90, 120, 180 and 300 min) dye were analyzed by UV-Vis spectrophotometry by observing the dye $\lambda_{\text{máx}} = 610\text{nm}$. The degradation rate increased with the concentration of TiO₂. To sunlight for 15 min was noted to 99% degradation 1gL⁻¹ concentration, while only 8% to 1x10⁻³ gL⁻¹. The rate constant for degradation decreases the concentration 1x10⁻¹ gL⁻¹ concentration and increases to 1x10⁻³ gL⁻¹, and after 5 h degraded both approximately 99% of the dye. The mediated TiO₂ photocatalysis showed a feasible and effective treatment of waste effluent containing textile dyes. The process appears to be more attractive considering the possibility of using solar radiation as a means to decrease reaction time and energy cost for the treatment.

Keywords: titanium dioxide, indigo, solar photodegradation, photocatalisys, advanced oxidation processes.

¹ Trabalho apresentado no III Seminário de I&DT, organizado pelo C3i – Centro Interdisciplinar de Investigação e Inovação do Instituto Politécnico de Portalegre, realizado nos dias 6 e 7 de Dezembro de 2012.

1. Introdução

Desde os primórdios da história, nossos ancestrais usavam corantes como formas de expressão. Escritos datados de 2500 a.C. foram encontrados na China. Posteriormente, os romanos já dominavam o processo para o tingimento dos fios de lã com corantes naturais (SILVA, 2006). Desde o início do século XX, os corantes naturais foram sendo substituídos pelos sintéticos, representando estes, hoje, mais de 10 mil compostos orgânicos sintéticos ligados a indústria têxtil (SILVA, 2006). O número de corantes sintéticos cresce e se diversifica com a demanda de novas combinações, sendo a grande questão atual o uso e manejo dos corantes de maneira sustentável, sem causar danos à saúde humana e ambiental, danos ocasionados principalmente pelos resíduos gerados pelas indústrias têxteis.

Atualmente estima-se que o consumo anual de corantes sintéticos possa atingir cerca de 7×10^5 toneladas no mundo, e no Brasil esses números giram em torno de 26.500 toneladas (DANESHVAR et al., 2004; KUNZ et al., 2002).

Diante deste cenário em que os problemas ambientais tem se tornado cada vez mais críticos e frequentes, a preservação do meio ambiente ganha forte importância (BONANCÊA, 2005). Quando não tratados corretamente, os efluentes industriais tornam-se potencialmente nocivos ao ambiente, devido às diversas substâncias utilizadas no processo. Cerca de 5 a 20% do corante é perdido no processo de tingimento, causado pela incompleta fixação deste nas fibras têxteis durante a lavagem do tecido (PASCOAL; TREMILIOSI-FILHO, 2005). Sendo que grande parte do efluente contendo corante não sofre qualquer tipo de tratamento, o que gera grandes volumes com altas cargas de compostos orgânicos fortemente coloridos, promovendo alterações quanto aos processos fotossintéticos naturais dos corpos d'água onde são descarregados (HASSEMER, 2006).

Devido a sua estrutura química complexa, quando descartados no ambiente sem nenhum tipo de tratamento, os corantes, não são facilmente biodegradados pelas bactérias presentes nos sistemas, ficando assim por um longo período nos ecossistemas. Os efeitos dos corantes atingem primeiramente a biota aquática, acumulando-se em altas concentrações nos níveis mais elevados da cadeia alimentar (ROBINSON et al., 2000).

O índigo é conhecido desde a antiguidade, tendo sua origem na Índia, nas antigas civilizações do Egito, Grécia e Roma, sendo considerado um corante nobre devido as suas excelentes qualidades em tingir. Como todo produto industrializado tem primeiramente suas origens na natureza, com este corante não foi diferente, tendo como forma natural a Indigotina, a qual era extraída diretamente das plantas; nos países tropicais das espécies *Indigosfera tictória* e nos países temperados da *Polygonium tintoorun*. Sua extração era com água resultando em uma solução de glicósido de indoxilo e devido à oxidação com o ar dava origem ao índigo (SANTOS, 2006).

Com o advento da industrialização, em 1897, a BASF iniciou a produção do índigo sintético a preços mais baixos do que o produto natural extraído. E nos dias de hoje, cerca de 20.000 toneladas/ano de índigo sintético são produzidos, principalmente como agente corante dos “blue jeans” (SANTOS, 2006).

O corante índigo *carmin* é considerado um indigóide altamente tóxico, podendo causar irritações na pele e na córnea. O corante possui propriedades cancerígenas e que interferem no desenvolvimento neural; e o seu consumo pode ser fatal. Othman *et al* (2007) demonstraram que o corante induz a ocorrência de tumores nos locais de aplicação e, quando administrado por via intravenosa, pode causar hipertensão grave, doenças cardiovasculares e problemas respiratórios.

Na Figura 1, observamos as duas estruturas dos corantes, atentando para os grupamentos NaSO_3 do índigo *carmin*, os quais lhe confere solubilidade em meio aquoso. Também na figura abaixo, é evidenciando o grupo cromóforo, responsável pela cor do corante, este consiste de um sistema conjugado de uma ligação $\text{C}=\text{C}$ substituído por dois grupos doadores de elétrons (NH) e dois grupos aceitadores de elétrons ($\text{C}=\text{O}$) (VAUTIER *et al.*, 2001).

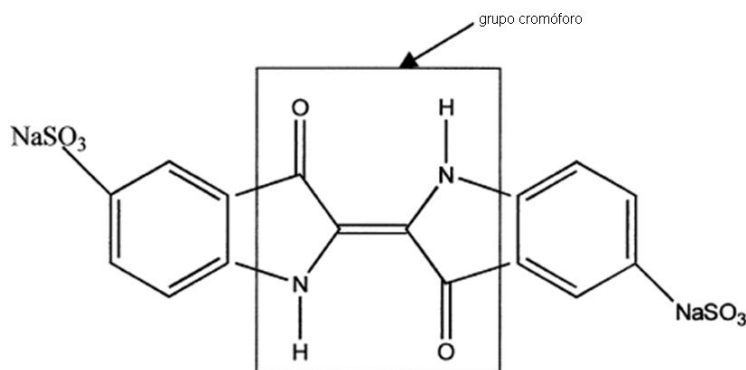


Figura 1. Estrutura do índigo carmim

Diversos processos oxidativos avançados (POAs) têm se destacado na tentativa de tratar as águas residuais contaminadas por diversas substâncias persistentes, em virtude da sua elevada capacidade destrutiva de moléculas orgânicas. Baseados na formação de radicais hidroxilas altamente oxidantes, possuem capacidade de reagir com os mais variados tipos de componentes orgânicos e inorgânicos, levando à formação de produtos intermediários de menor toxicidade ou a completa mineralização, com formação de dióxido de carbono (CO_2) e água (ALMEIDA, 2004). São processos limpos e não seletivos, podem ser usados para tratamento de todo o tipo de poluentes orgânicos em meio líquido, gasoso ou sólido. Ocorrem em temperatura e pressão normais, sendo que existem diversos caminhos para formação do radical hidroxila, diferenciando e classificando os diversos processos que podem ser heterogêneos ou homogêneos, conforme a ausência ou presença de catalisadores, além de estarem ou não sob irradiação (LEGRINI et al., 1993; TEIXEIRA; JARDIM, 2004).

O sistema de fotocatalise heterogênea baseia-se na utilização de semicondutores que atuam como fotocatalisadores possuindo duas regiões energéticas: a região de energia mais baixa é a banda de valência (BV), onde os elétrons não possuem movimento livre, e a região de energia mais alta é a banda de condução (BC), onde os elétrons são livres para se movimentar. Entre essas duas regiões existe uma zona denominada de “band gap”. A energia de “band gap” é a energia mínima necessária para promover a excitação de um elétron para que ele salte da camada de valência para a camada de condução (ZIOILLI, 1999).

O dióxido de titânio é o fotocatalisador mais ativo e o mais utilizado na degradação de compostos orgânicos presentes em águas e efluentes. O TiO_2 apresenta baixo custo, a não toxicidade, a insolubilidade em água, a estabilidade química em ampla faixa de pH, a possibilidade de utilizar luz solar e por fim possibilidade de imobilização sobre sólidos. Esta última vantagem facilita o processo de fotodegradação, eliminando as etapas de filtração quando o mesmo é utilizado em suspensão (FERREIRA; DANIEL, 2004).

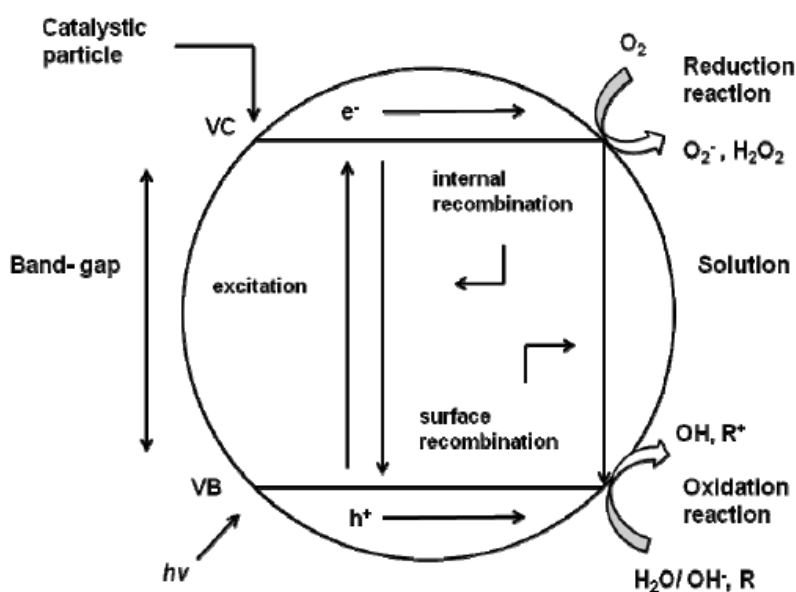


Figura 2. Mecanismo de ativação do dióxido de titânio.

Desta forma, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a eficiência da fotodegradação solar do corante índigo carmim mediada pelo dióxido de titânio.

2. Metodologia

O dióxido de titânio Degussa P25 (70% anatase: 30% rutilo), possui a capacidade de ser ativado pela luz solar, fato este que reduz os custos com energia gerada, além de ser ambientalmente favorável. Desta forma foram feitos testes em ambientes abertos, utilizando luz solar como fonte de energia, como mostrado na figura 3.



Figura 3. Degradação fotocatalítica do corante índigo carmim sob diferentes concentrações de TiO_2 utilizando a luz solar, na localização S 22°52'37.3" e W 43°15'0.9" (Rio de Janeiro, Brasil).

Para os testes foi utilizada uma solução de índigo carmim 30mg L^{-1} . Cada béquer continha 100 ml da solução índigo carmim e variadas de concentrações de TiO_2 em pó. As soluções ficaram em agitação constante, garantida por um agitador magnético.

Para avaliar a eficiência do tratamento, relacionando-o com as radiações solares disponíveis nas diferentes estações do ano, foram feitos testes com as condições acima descritas em dois dias de cada mês, variando dos meses de Janeiro de 2011 a Fevereiro de 2011 e de Julho de 2011 a Agosto de 2011, na cidade do Rio de Janeiro. Os testes foram iniciados a partir das 10h00min até as 15h00min, e a cada 60 minutos foi medida a intensidade da radiação solar com o radiômetro. Antes da exposição à luz, as amostras ficaram sob agitação constante no escuro por 30 minutos.

A exposição à luz solar foi de 5 horas para cada amostra, sendo retiradas alíquotas para posterior análise, ao longo do tempo: 0 min, 15 min, 30 min, 45 min, 60 min, 90 min, 120 min, 180 min, 300 min. As amostras foram centrifugadas e filtradas. O

monitoramento das amostras foi feito por Espectrofotometria UV-Vis, observando $\lambda_{\text{máx}}=610\text{nm}$ do corante.

A localização exata do experimento foi S 22°52'37.3" e W 43°15'0.9" (Rio de Janeiro, Brasil) utilizando um GPS.

Para observar os melhores horários do dia e as estações do ano com maior eficiência para o tratamento de efluentes utilizando TiO_2 , na localização descrita anteriormente, será medida a intensidade da radiação de 10h00min até as 16h00min a cada 60 minutos, durante 10 dias escolhidos aleatoriamente de cada mês durante um ano.

3. Resultados e discussão

Os resultados de acordo com a figura 4 demonstram que os melhores meses para realizar o tratamento de águas contendo corantes mediados por TiO_2 , são os meses de janeiro e fevereiro, correspondendo o verão dos países do hemisfério sul. A intensidade de luz solar está diretamente relacionada com a atividade do dióxido de titânio, visto que, para a formação dos radicais hidroxilas é necessário que o elétron passe da banda de valência para a banda de condução do semiconductor, sendo necessária uma energia, energia esta advinda dos raios solares. Desta forma, os horários para um melhor aproveitamento energético estão entre 12:00h e 13:00h, como visto na figura 4.

A variação da concentração do TiO_2 é um importante parâmetro para avaliar a eficiência do processo fotocatalítico. A figura 5 relaciona os espectros de absorção UV-Vis (200-900nm) do corante índigo blue para os testes fotocatalíticos utilizando diferentes concentrações de TiO_2 sob luz solar, em diferentes tempos de irradiação. A velocidade de degradação aumentou com a concentração de TiO_2 . Aos 15 min observou-se 99% de degradação para concentração de 1gL^{-1} , e 8% para concentração de $1 \times 10^{-3}\text{gL}^{-1}$. Porém a constante de velocidade de degradação diminuiu para a concentração $1 \times 10^{-1}\text{gL}^{-1}$ e aumenta para a concentração $1 \times 10^{-3}\text{gL}^{-1}$ e ao final de 5 h observou-se uma degradação de 99,8% do corante. A descoloração de índigo na presença de $5 \times 10^{-3}\text{gL}^{-1}$ de TiO_2 , foi 95% sob 90 min de radiação solar. O decréscimo da constante de velocidade é atribuído à agregação e sedimentação das partículas do TiO_2 , impedindo a penetração de luz.

Ambos os fatores, a luz e o catalisador são necessários para a descoloração efetiva do corante.

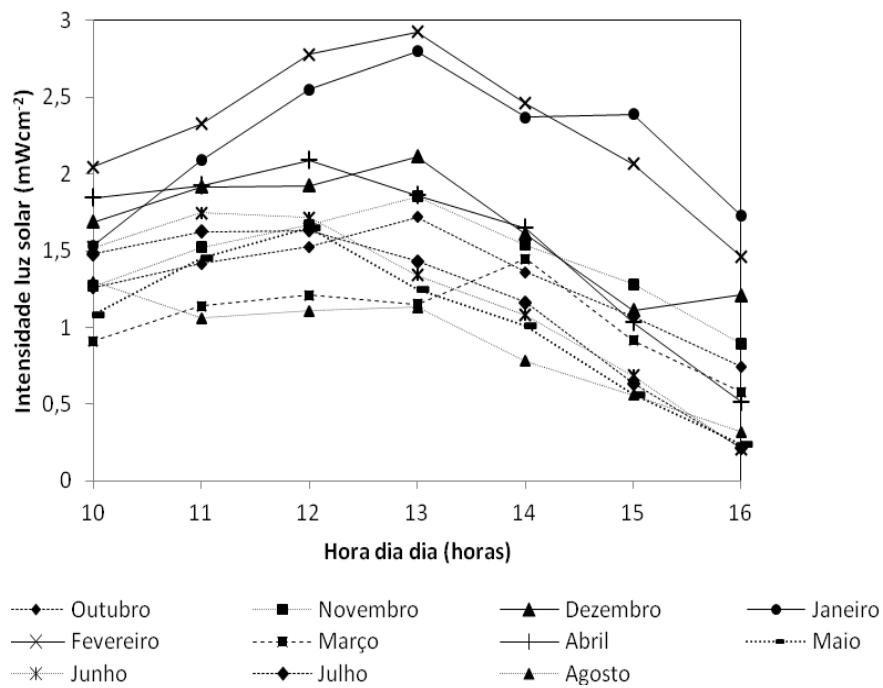


Figura 4. Intensidade média da luz solar medida ao longo do ano na localização S 22°52'37.3" W 43°15'0.9" de 10h-16h.

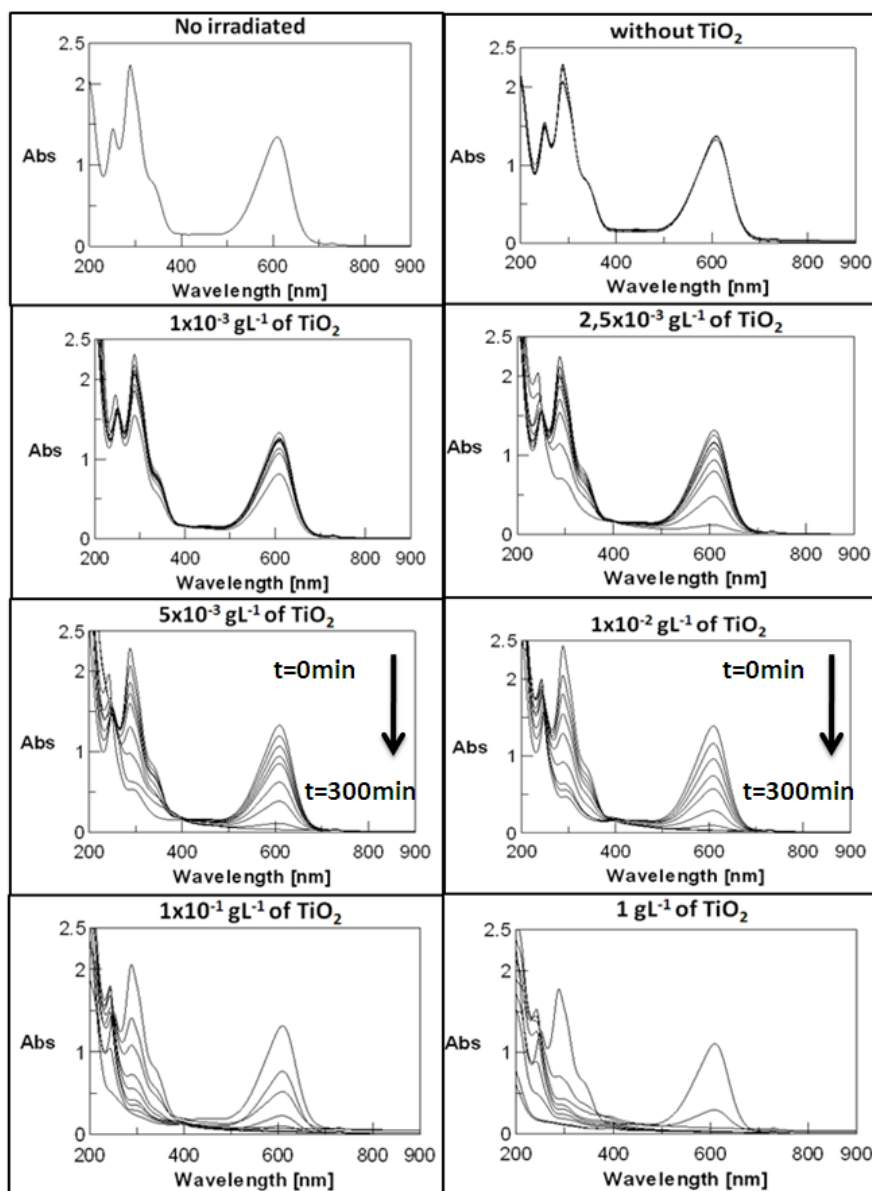


Figura 5. Degradação fotocatalítica utilizando luz solar do corante índigo carmin com diferentes concentrações de TiO_2 . Intensidade média da radiação solar foi de $2,834 \text{ mW/cm}^2$.

Quando comparamos a degradação do corante índigo carmin sob luz solar, temos em vista que a intensidade da radiação varia drasticamente em um dia, como demonstrado na figura 4. Desta forma, analisar a degradação do corante mediada pelo dióxido de titânio tendo a luz solar como fonte de energia, torna-se interessante a necessidade de avaliar a degradação fotocatalítica do composto em questão em um dia nublado e em um dia ensolarado, como demonstrado pela figura 6. O resultado evidencia que, embora a degradação seja mais eficiente em dias de sol intenso, o método de tratamento é totalmente apropriado para dias nublados, onde a intensidade da luz solar torna-se mais baixa.

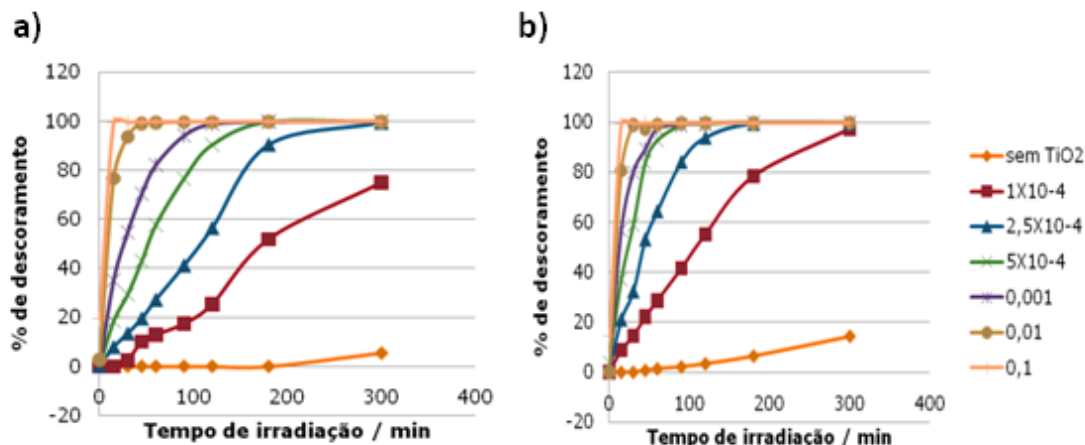


Figura 6. Degradação do corante índigo carmim com luz solar. **a)** dia nublado ($0,88428571 \text{ mW/cm}^2$) e **b)** dia ensolarado ($1,77128571 \text{ mW/cm}^2$).

Para demonstrar que a degradação do corante pode vir a ocorrer em qualquer época do ano, testes de degradação foram feitos no verão e inverno na cidade do Rio de Janeiro, Brasil. Foram escolhidos dois meses do verão e dois meses do inverno, e para cada mês foi selecionado aleatoriamente dois dias para realização dos testes de fotodegradação. A tabela 1 resume os resultados obtidos em 120 min de tratamento em diferentes concentrações de TiO_2 . A degradação sem TiO_2 , ou seja, fotólise, foi insuficiente para todos os meses escolhidos, demonstrando que a presença de TiO_2 é primordial para a quebra da molécula do corante de maneira eficiente.

Para a maior concentração de TiO_2 (1 gL^{-1}) a degradação foi entre 97-99% para todos os meses, independente da estação do ano. Isso demonstra que uma quantidade elevada de TiO_2 degrada o corante mesmo em baixa intensidade luz, pois a proporção de radicais hidroxila formados é suficientemente grande para degradar a quantidade de moléculas de corante presentes no efluente. Mesmo diminuindo a quantidade de TiO_2 até $1 \times 10^{-2} \text{ gL}^{-1}$, a degradação continua satisfatória independentemente da estação do ano, somente quando a concentração de TiO_2 é abaixada para $5 \times 10^{-3} \text{ gL}^{-1}$ que observamos uma diferença entre as estações do ano.

Tabela 1. Porcentagem de degradação do corante índigo carmim durante o verão e o inverno em diferentes concentrações de TiO_2 (concentração do corante: 30 mgL^{-1} ; tempo de irradiação: 120min).

Concentração de TiO ₂	Verão				Inverno			
	Janeiro		Fevereiro		Julho		Agosto	
	dia 1	dia 2	dia 1	dia 2	dia 1	dia 2	dia 1	dia 2
Intensidade da luz (mWcm ⁻²)	(2.041)	(2.834)	(1.546)	(1.464)	(1.677)	(0.335)	(1.25)	(1.743)
Controle	0	9.27	3.66	2.32	1.94	0	1.81	0.90
1x10 ⁻³ gL ⁻¹	45.86	61.54	45.44	26.04	42.67	22.83	20.90	42.79
2.5x10 ⁻³ gL ⁻¹	89	91.07	83.57	64.28	72.92	31.30	66.56	86.72
5x10 ⁻³ gL ⁻¹	97.51	98.92	95.70	93.67	95.95	57.57	59.60	89.84
1x10 ⁻² gL ⁻¹	99.52	99.30	95.93	96.97	96.55	81.66	95.88	92.29
1x10 ⁻¹ gL ⁻¹	99.60	99.46	99.77	99.13	97.24	96.56	97.59	97.83
1 gL ⁻¹	99.67	99.61	99.17	99.45	97.32	97.56	97.97	98.01

4. Conclusão

A fotocatalise solar mediada pelo TiO₂ mostrou ser uma alternativa viável e eficaz para o tratamento de efluente contendo resíduos de corantes têxteis. O processo mostra-se mais atraente considerando-se a possibilidade de utilização da radiação solar ao longo de todo o ano como meio para diminuir o tempo de reação e o custo energético para o tratamento.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Fundação para Ciência e Tecnologia (FCT, Portugal) através dos projetos PTDC|QUI|65510\2006 and PTDC|QUI|70153\2006. E.M. Saggiore agradece a Faperj e ENSP/FioCruz. J.C. Moreira agradece a Faperj e CNPq.

Referências Bibliográficas

ALMEIDA, E.I. **Remediação de Solos Contaminados com Hexaclorociclohexano através da utilização de Dióxido de Titânio – Estudo na Cidade dos Meninos**. 2004. 103f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde Pública) – Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2004.

BONANCÊA, C.E. **Estudo dos mecanismos de fotodegradação de corantes sobre dióxido de titânio através de técnicas de espectroscopia Raman intensificadas**. 2005. 94f. Dissertação (Mestrado em química) – Faculdade de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

DANESHVAR, N.; RABBANI, M.; MODIRSHAHLA, N.; BEHNAJADY, M.A. Kinetic modeling of photocatalytic degradation of Acid Red 27 in UV/TiO₂ process. **Journal of Photochemistry and Photobiology**, Tabriz, v.168, n.1-2, p. 39-45, jul. 2004.

FERREIRA, I.V.L.; DANIEL, L.A. Fotocatálise heterogênea com TiO₂ aplicada ao tratamento de esgoto sanitário secundário. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, São Carlos, v.9, n.4, p. 335-342, dez. 2004.

HASSEMER, M.E. **Oxidação fotoquímica – UV/H₂O₂ – para degradação de poluentes em efluentes da indústria têxtil**. 2006. 175f. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

KUNZ, A.; ZAMORA, P.P.; MORAES, S.G.; DURÁN, N. Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis. **Química Nova**, v. 25, n.1, p. 78-82, jun. 2002.

LEGRINI, O.; OLIVEROS, E.; BRAUN, A. Photochemical Processes for Water Treatment. **Chemical Reviews**, v. 93, p. 671-698, jun. 1993.

OTHMAN, I.; MOHAMEND, R.M.; IBRAHEM, F.M. Study of photocatalytic oxidation of indigo carmine dye on Mn-supported TiO₂. **Journal of Photochemistry and Photobiology**, Cairo, v. 189, p. 80-85, jan. 2007.

PASCHOAL, F.M.; TREMILIOSI-FILHO, G. Aplicação da tecnologia de eletrofloculação na recuperação do corante Índigo Blue a partir de efluentes industriais. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 5, p. 766-772, jun. 2005.

ROBINSON, T.; McMULLAN, G.; MARCHANT, R.; NIGAM, P. Remediation of dyes in textile effluent: a critical review on current treatment technologies with a proposed alternative. **Bioresource Technology**, Coleraine, v. 77, p. 247-255, mai. 2000.

SANTOS, E.O. **Caracterização, biodegradabilidade e tratabilidade do efluente de uma lavanderia industrial**. 2006. 136f. Dissertação (Mestrado em engenharia civil) – Faculdade de engenharia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2006.

SILVA, A.C. **Degradação de corante em meio salino por ozonização**. 2006. 181f. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Química) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

TEIXEIRA, C.P.; JARDIM, W.F. Processos Oxidativos Avançados. **Caderno Temático**, Campinas, v. 6, ago. 2004.

VAUTIER, M.; GUILLARD, C.; HERMANN, J. Photocatalytic Degradation of Dyes in Water: Case Study of Indigo of Indigo Carmine. **Journal of Catalysis**, Lyon, v. 201, p. 46-59, 2001.

ZIOLLI, R.L. **Fotodegradação da fração de petróleo solúvel em águas de mar sob ação da luz solar**. 1999. 140f. Tese (Doutorado em Química Ambiental) – Faculdade de Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

Notas sobre os autores

Enrico Saggio

saggi_br@hotmail.com

Doutorando em Saúde Pública e Meio Ambiente - Toxicologia Ambiental no Centro de Estudos da Saúde do Trabalhador e Ecologia Humana, Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, Brasil (J.C. Moreira / A.S. Oliveira)

Bacharel em Farmácia pela Universidade Federal de Juiz de Fora, 2009

Thelma Pavesi

thelma@fiocruz.br

Tecnologista júnior da Fundação Oswaldo Cruz – Pesquisador do Centro de Estudos da Saúde do Trabalhador e Ecologia Humana, Escola Nacional de Saúde Pública, Rio de Janeiro, Brasil

Mestre em Química Analítica pela Universidade de São Paulo, 2006

Licenciatura e Bacharelato em Química pela Universidade Estadual de Campinas, 1988

Luís Filipe Vieira Ferreira

luisfilipevf@ist.utl.pt

Professor Associado Agregado (1999), Responsável pelo Grupo de Fotoquímica de Superfícies no Centro de Química-Física Molecular e no Instituto de Nanociências e Nanotecnologias (Laboratório Associado) do Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, Portugal

Pós-Doutoramento, Loughborough University, Reino Unido (F. Wilkinson), 1987

Doutoramento em Engenharia Química pelo Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, Portugal (J. Conte), 1983

Licenciado em Engenharia Química pelo Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, Portugal, 1972

Josino Moreira

josinocm@fiocruz.br

Tecnologista sênior da Fundação Oswaldo Cruz – Pesquisador do Centro de Estudos da Saúde do Trabalhador e Ecologia Humana, Escola Nacional de Saúde Pública, Rio de Janeiro, Brasil

Doutorado em Química pela Loughborough University, Loughborough, Reino Unido (A. Fogg), 1991

Mestrado em Química Analítica pela Universidade Católica do Rio de Janeiro, PUC-Rio, Brasil, 1977

Bacharel em Farmácia pela Universidade Federal de Juiz de Fora, Brasil 1967

Anabela Oliveira*

asoliveira@estgp.pt

Professora Coordenadora da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Portalegre

Centro Interdisciplinar de Investigação e Inovação, C3i, do Instituto Politécnico de Portalegre, Portalegre, Portugal

Grupo de Fotoquímica de Superfícies no Centro de Química-Física Molecular e no Instituto de Nanociências e Nanotecnologias (Laboratório Associado) do Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, Portugal

Pós-Doutoramento, Fundação Oswaldo Cruz, Brasil / Instituto Superior Técnico (J.C. Moreira, L.F. Vieira Ferreira), 2007-2008, Instituto Superior Técnico (L.F. Vieira Ferreira), 2001 - 2003, Instituto Superior Técnico / Loughborough University, Reino Unido (L.F. Vieira Ferreira / F. Wilkinson), 1997 - 2000

Doutoramento em Engenharia Química pelo Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, Portugal (L.F. Vieira Ferreira), 1997

Licenciada em Engenharia Química – Ramo de Química Aplicada pelo Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, Portugal, 1990