

UNIVERSIDADE DE SANTA CRUZ DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA AMBIENTAL –
MESTRADO
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM GESTÃO E TECNOLOGIA AMBIENTAL

BRUNA BAUER DE VARGAS

**DESINFECÇÃO DO AR INTERIOR UTILIZANDO REATOR FOTOCATALÍTICO
DE UVA/TiO₂ EM SUPORTE DE POLIÉSTER ORTOFTÁLICO**

Santa Cruz do Sul

2021

Bruna Bauer de Vargas

**DESINFECÇÃO DO AR INTERIOR UTILIZANDO REATOR
FOTOCATALÍTICO DE UVA/TiO₂ EM SUPORTE DE POLIÉSTER
ORTOFTÁLICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental – Mestrado, Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC, como requisito parcial para o título de Mestre em Tecnologia Ambiental.

Orientador (a): Prof.^(a) Dr (a). Adriane Lawisch Rodrigues

Santa Cruz do Sul
2021

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	OBJETIVOS.....	18
2.1	Objetivo Geral.....	18
2.2	Objetivos Específicos.....	18
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	19
3.1	Bioaerossóis.....	19
3.2	Legislação Brasileira.....	19
3.3	Processos Oxidativos Avançados.....	20
3.4	Fotocatálise heterogênea.....	21
3.5	Dióxido de Titânio.....	22
3.6	Lâmpadas <i>LED</i> UVA.....	23
3.7	<i>Luffas</i>	24
3.8	Aplicações de fotoreatores para desinfecção de ar interior.....	24
4	METODOLOGIA.....	27
4.1	Estado da arte.....	27
4.2	Preparação, Configuração do Reator Protótipo e Testes.....	28
4.3	Reator Principal.....	29
4.3.1	Reagentes e Soluções.....	29
4.3.2	Preparo do filme de PO/TiO ₂	30
4.3.3	Deposição do filme de PO/TiO ₂ em tubos.....	30
4.3.4	Preparo das <i>luffas</i>	31
4.3.5	Deposição do filme de PO/TiO ₂ em <i>luffas</i>	32
4.3.6	Adaptação das placas de Petri.....	32
4.3.7	Montagem do reator.....	32
4.3.8	Preparo dos meios de cultura.....	34
4.3.9	Obtenção de cultura de micorganismos através de coleta por sedimentação.....	34
4.3.10	Determinação da vazão.....	35
4.3.11	Avaliação da esterilidade do equipamento.....	36
4.3.12	Observação do TiO ₂ incorporado em <i>luffas</i> através de microscopia...36	
4.3.13	Experimento de desinfecção de atmosfera artificialmente contaminada.....	36
4.3.14	Limpeza e manutenção do reator.....	38
4.3.15	Aprovação do estudo em UBS.....	38
4.3.16	Adaptação do reator ao uso no serviço de saúde.....	39

4.3.17	Caracterização do ambiente.....	39
4.3.18	Quantificação de microrganismos na sala da UBS antes da operação do reator.....	40
4.3.19	Experimento de desinfecção de atmosfera real – UBS.....	41
4.3.20	Análise estatística dos dados.....	42
5	ARTIGO – DESINFECÇÃO DO AR INTERIOR UTILIZANDO REATOR FOTOCATALÍTICO DE ÚVA/TiO ₂ EM SUPORTE DE POLIÉSTER ORTOFTÁLICO.....	43
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	73
7	REFERENCIAS	75
8	APÊNDICES	
	APÊNDICE A - Tubo preenchido por água deionizada e vedado.....	79
	APÊNDICE B - Conexões engate rápido fixadas com cola de silicone em placas Petri adaptadas.....	80
	APÊNDICE C - Introdução das <i>luffas</i> nos tubos do circuito 1.....	81
	APÊNDICE D - Tabela de custos.....	82
	APÊNDICE E - Suportes para sustentar as placas de Petri acoplados na saída do reator.....	83
	APÊNDICE F - Planta parcial da Unidade Básica de Saúde.....	84
	APÊNDICE G - Dados das configurações do reator através de fluxograma.....	85

RESUMO

Atualmente, a contaminação do ar é uma preocupação global por ser responsável por grande parte das patologias respiratórias, podendo causar grandes danos à saúde da população. A vida na sociedade contemporânea frequentemente exige que muitas pessoas estejam presentes em ambientes fechados durante um grande período de tempo. Isso requer que o ar atmosférico dos ambientes confinados esteja saudável. Em ambientes de saúde este problema é ainda mais preocupante, já que se trata de espaços onde encontram-se pessoas potencialmente contaminadas, assim como pessoas com disfunção imunológica compartilhando o mesmo recinto. A fotocatalise heterogênea tem sido estudada pela sua capacidade de oxidação, inativando bactérias e fungos do ar. Neste trabalho construiu-se um reator, onde TiO_2 P25 foi incorporado à face interna de tubos de policloreto de vinila e a esponjas vegetais (*luffas*) através de resina de Poliéster Ortoftálico (PO) e lâmpadas LED Ultravioleta A foram utilizadas para ativar o catalizador TiO_2 com o objetivo de testar a capacidade de inativação de microrganismos. A inativação dos microrganismos foi avaliada em ambiente controlado e em condições naturais. Os resultados mostraram que em atmosfera artificialmente contaminada, o reator fotocatalítico se mostrou eficiente em dois dos três testes para bactérias. Para fungos, se mostrou eficiente nos três. Em atmosfera real, também se mostrou eficiente em dois dos três testes, tanto para bactérias, quanto para fungos. O nível baixo de contaminação encontrado no circuito teste em atmosfera real, causou dificuldade em realizar comparação de inativação. Portanto, considerando os estudos que apontam a eficiência da fotocatalise heterogênea na inativação de microrganismos e a importância de um ar interior de qualidade, a presente pesquisa é de grande relevância, já que visa uma alternativa sustentável para promoção da saúde humana.

Palavras-chave: Fotocatalise Heterogênea, Poliéster, TiO_2 , UVA, Desinfecção do ar, *luffa*

1 INTRODUÇÃO

Existe uma grande variedade de espécies de microrganismos no ar atmosférico e, na maioria das vezes, não ocasionam problemas para a saúde humana. Porém, alguns podem ser patogênicos se inalados em grande quantidade.

A vida na sociedade contemporânea frequentemente exige que muitas pessoas estejam presentes em ambientes fechados durante longos períodos de tempo, devido ao trabalho em escritórios, empresas, repartições públicas, fábricas, entre outros. Isso exige que o ar atmosférico dos ambientes confinados esteja saudável, ou seja, que os poluentes biológicos e não biológicos não prejudiquem a saúde dos ocupantes. Para que isso ocorra, é fundamental que haja renovação do ar de forma natural ou mecânica. Paschoalino e Jardim (2008) referem que o aumento das concentrações de poluentes internos estão principalmente relacionados à baixa troca de ar nas quais os sistemas de ar condicionado operam.

Os sintomas apresentados pelos ocupantes de áreas internas estão frequentemente relacionados à Síndrome do Edifício Doente (SED), ou *Sick Building Syndrome* (SBS). O termo SBS é usado para descrever situações em que os ocupantes de edifícios apresentam efeitos agudos de saúde e desconforto que parecem estar relacionados ao tempo de permanência em um edifício, mas nenhuma doença ou causa específica pode ser identificada (PASCHOALINO e JARDIM, 2008).

A SBS inclui sintomas médicos como dor de cabeça, fadiga, sensação de cabeça pesada e dificuldade de concentração, sintomas da mucosa como irritações nos olhos, garganta e nariz ou tosse e sintomas de pele. Alguns fatores que influenciam na ocorrência desses sintomas são exposição microbiana a fungos e bactérias, alérgenos de ácaros da poeira doméstica e compostos orgânicos voláteis (COVs) (SARKHOSH *et al.*, 2020).

Para Riaz *et al.* (2020), os poluentes biológicos ou bioaerossóis (bactérias, fungos e vírus) são indutores significativos para a “Síndrome do Edifício Doente (SED)”, mais prevalente em edifícios residenciais e ocupacionais como escritórios, escolas, hotéis e hospitais.

Em ambientes de saúde, como Unidades Básicas de Saúde, Estratégias de Saúde da Família e hospitais, este problema é ainda mais preocupante, já que se trata

de espaços onde encontram-se pessoas potencialmente contaminadas, assim como pessoas com disfunção imunológica compartilhando o mesmo recinto. Portanto, um ar interno de boa qualidade é fundamental.

No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) regulamentou por meio da Resolução RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003, as orientações técnicas para os “Padrões Referenciais da Qualidade do Ar de Interiores em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo” que tem como meta estabelecer critérios que informem a população sobre a qualidade do ar nesses ambientes, assim como indicar o planejamento, elaboração, análise e execução de projetos e ações de inspeção (BRASIL, 2003). Os ambientes de saúde se enquadram no escopo desta resolução.

Para minimizar o problema da contaminação do ar, algumas técnicas vêm sendo utilizadas, dentre elas, os Processos Oxidativos Avançados (POAs).

Os Processos Oxidativos Avançados (POAs) são baseados na geração de espécies reativas de oxigênio como radicais hidroxila com um elétron desemparelhado e, por isso, reagem ativa e prontamente com uma série de espécies químicas, que de outra forma são muito difíceis de degradar (AMETA *et al.*, 2018).

Ameta *et al.* (2018) defendem que os POAs são comparativamente melhores que outros métodos convencionais (filtros de carvão ativado, filtros de sistemas de ar condicionado central) porque geram produtos de oxidação termodinamicamente estáveis, como dióxido de carbono, água e produtos orgânicos biodegradáveis. Os POAs incluem o processo de fotocatalise.

O processo de fotocatalise heterogênea requer três elementos a serem realizados: um fóton emitido no comprimento de onda compreendido de 200 nm a 400 nm; um catalisador, geralmente um material semicondutor como o TiO₂, CdS, ZnO, WO₃, ZnS e Fe₂O₃; e um forte agente oxidante como o O₂, O₃, H₂O₂ e Fe³⁺ (ORTIZ, RIVERO e MARGALLO, 2019; PASCHOALINO e JARDIM, 2008; NOGUEIRA e JARDIM, 1998; CATALKAYA e KARGI, 2007).

A principal vantagem da fotocatalise sobre outros tratamentos de oxidação é a absorção direta da luz, que permite a degradação dos poluentes à temperatura ambiente, pressão e umidade ambiente, entre outros (KALOUSEK *et al.*, 2008).

O uso de fotocatalisadores, como potenciais agentes antimicrobianos foi estudados a partir do início de 1990, tendo o fotocatalisador TiO₂ com o maior potencial para inativação das bactérias (GANGULY *et al.*, 2018).

Diferentes abordagens experimentais mostraram que a superfície do TiO₂ irradiada com UVA, UVB ou UVC pode decompor uma porção substancial da massa celular bacteriana devido a danos na membrana quando na presença de água ou ar úmido, além de mineralizar a maior parte do composto orgânico volátil, deixando como produtos, dióxido de carbono, água e ácidos minerais (PASCHOALINO e JARDIM, 2008).

Ganguly *et al.*, (2018) referem que a desinfecção fotocatalítica é eficiente na desativação de extensas variedades de organismos. Foram estudadas várias cepas bacterianas Gram positivas e Gram negativas, como *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pneumoniae*, entre outras. Da mesma forma, cepas de fungos como *Aspergillus niger*, *Fusarium graminearum*, algas (*Tetraselmis suecica*, *Amphidinium carterae*, entre outras) e cepas virais também foram examinadas nas últimas décadas (GANGULY *et al.*, 2018).

Paschoalino e Jardim (2008), Pigeot-Remy *et al.* (2014), Rodrigues-Silva *et al.* (2017), Martínez-Montelongo *et al.* (2020) e Zacarías *et al.* (2020) são exemplos de pesquisadores que utilizaram o fotocatalisador TiO₂ na inativação de microrganismos.

Apesar do número crescente de patentes depositadas todos os anos em processos fotocatalíticos para desinfetar o ar interno, o número de documentos científicos produzidos nessa área ainda é modesto. Além disso, as condições operacionais normalmente exploradas nesses documentos estão longe da rotina vivenciada em salas ocupadas cuja atmosfera deve ser desinfetada (PASCHOALINO e JARDIM, 2008).

Portanto, considerando os estudos que apontam a eficiência da fotocatalise heterogênea na inativação de microrganismos, a busca de condições operacionais viáveis e eficientes dessa tecnologia e a importância de um ar interior de qualidade, a presente pesquisa é de grande relevância, já que visa uma alternativa sustentável para promoção da saúde humana.

Com isso, foi desenvolvido um reator fotocatalítico para desinfecção de atmosferas contaminadas por fungos e bactérias em condições sintéticas e

ambientais, empregando catalisador TiO_2 Degussa p25 (Rutilo:Anatase/85:15), Poliéster Ortoftálico (PO) e lâmpadas *LED* Ultravioleta A. A capacidade do reator em inativar microrganismos foi testada em ambiente controlado (ar contaminado por microrganismos artificialmente), assim como em condições naturais (Laboratório de Tratamento de Efluentes e Resíduos Sólidos da UNISC e Unidade Básica de Saúde - UBS).

O artigo desenvolvido após a pesquisa será submetido à revista "*Indoor Air*", *qualis* A1.

REFERÊNCIAS

- AGARWAL, P.; SARKAR, M.; CHAKRABORTY, B.; BANERJEE, T. Chapter 7 - Phytoremediation of Air Pollutants: Prospects and Challenges. *In*: PANDEY, V. C. e BAUDDH, K. (Ed.). **Phytomanagement of Polluted Sites**: Elsevier, 2019. p. 221-241.
- AMETA, R.; SOLANKI, M. S.; BENJAMIN, S.; AMETA, S. C. Chapter 6 - Photocatalysis. *In*: AMETA, S. C. e AMETA, R. (Ed.). **Advanced Oxidation Processes for Waste Water Treatment**: Academic Press, 2018. p. 135-175.
- ANDRADE, N. J. D.; SILVA, R. M. M. D.; BRABES, K. C. S. Avaliação das condições microbiológicas em unidades de alimentação e nutrição. **Ciência e Agrotecnologia**, 27, n. 3, p. 590-596, 2003-06 2003.
- BISOGNIN, R. P.; MARQUARDT, L. **Avaliação da qualidade do ar interno de uma sala em prédio administrativo de Porto Alegre/RS. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, [S.l.], v. 6, n. 1, p. 209-232, maio 2017. ISSN 2238-8753. Disponível em: <http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/3811>. Acesso em: 19 nov. 2020.
- BOLASHIKOV, Z. D.; MELIKOV, A. K. Methods for air cleaning and protection of building occupants from airborne pathogens. **Building and Environment**, 44, n. 7, p. 1378-1385, 2009. Article.
- BOYNARD, C. A.; MONTEIRO, S. N.; D'ALMEIDA, J. R. M. Aspects of alkali treatment of sponge gourd (*Luffa cylindrica*) fibers on the flexural properties of polyester matrix composites. **Journal of Applied Polymer Science**, 87, n. 12, p. 1927-1932, 2003/03/21 2003. <https://doi.org/10.1002/app.11522>.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Consulta Pública nº 109, de 11 de dezembro de 2003. Proposta de resolução que dispõe sobre Indicadores da Qualidade do ar ambiental interior em serviços de saúde. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*. Brasília, 12 dez., 2003. Disponível em: <<http://www4.anvisa.gov.br/base/visadoc/CP/CP%5B6046-2-0%5D.PDF>> Acesso em 20 de agosto de 2019.
- BRASIL, Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Portaria nº. 3523, publicada no Diário Oficial da União em 31 de Agosto de 1998.
- BRASIL, Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Portaria nº. 1339, publicada no Diário Oficial da União em 19 de Novembro de 1999.

CATALKAYA, E. C.; KARGI, F. Color, TOC and AOX removals from pulp mill effluent by advanced oxidation processes: A comparative study. **Journal of Hazardous Materials**, 139, n. 2, p. 244-253, 2007. Article.

EL-ROZ, M.; HAIDAR, Z.; LAKISS, L.; TOUFAILY, J. *et al.* Immobilization of TiO₂ nanoparticles on natural *Luffa cylindrica* fibers for photocatalytic applications. **RSC Advances**, 3, n. 10, p. 3438-3445, 2013. Article.

GANGULY, P.; BYRNE, C.; BREEN, A.; PILLAI, S. C. Antimicrobial activity of photocatalysts: Fundamentals, mechanisms, kinetics and recent advances. **Applied Catalysis B: Environmental**, 225, p. 51-75, 2018. Review.

KALOUSEK, V.; TSCHIRCH, J.; BAHNEMANN, D.; RATHOUSKÝ, J. Mesoporous layers of TiO₂ as highly efficient photocatalysts for the purification of air. **Superlattices and Microstructures**, 44, n. 4-5, p. 506-513, 2008. Article.

MAGALHÃES, P.; ANDRADE, L.; NUNES, O. C.; MENDES, A. Titanium dioxide photocatalysis: Fundamentals and application on photoinactivation. **Reviews on Advanced Materials Science**, 51, n. 2, p. 91-129, 2017. Article.

MARTÍN-SÓMER, M.; PABLOS, C.; VAN GRIEKEN, R.; MARUGÁN, J. Influence of light distribution on the performance of photocatalytic reactors: LED vs mercury lamps. **Applied Catalysis B: Environmental**, 215, p. 1-7, 2017/10/15/ 2017.

MARTÍNEZ-MONTELONGO, J. H.; MEDINA-RAMÍREZ, I. E.; ROMO-LOZANO, Y.; ZAPIEN, J. A. Development of a sustainable photocatalytic process for air purification. **Chemosphere**, 257, 2020. Article.

MATAFONOVA, G.; BATOEV, V. Recent advances in application of UV light-emitting diodes for degrading organic pollutants in water through advanced oxidation processes: A review. **Water Research**, 132, p. 177-189, 2018. Review.

MORAWSKA, L. Droplet fate in indoor environments, or can we prevent the spread of infection? **Indoor Air**, 16, n. 5, p. 335-347, 2006. Conference Paper.

MOTA, Maria Kalionara de Freitas. Obtenção e caracterização de um compósito de matriz polimérica com carga de bucha vegetal (*Luffa cylindrica*). Tese (Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal: 2016

NOGUEIRA, R. F. P.; JARDIM, W. F. Heterogeneous photocatalysis and its environmental applications. **Química Nova**, 21, n. 1, p. 69-72, 1998. Article.

NUNES, Z. G. Estudo da qualidade microbiológica do ar de ambientes internos climatizados. Tese (Doutorado em Vigilância Sanitária) – Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde, Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz, 2005.

ORTIZ, I.; RIVERO, M. J.; MARGALLO, M. Chapter 6 - Advanced oxidative and catalytic processes. *In*: GALANAKIS, C. M. e AGRAFIOTI, E. (Ed.). **Sustainable Water and Wastewater Processing**: Elsevier, 2019. p. 161-201.

PASCHOALINO, M. P. Utilização da fotocatalise heterogênea na desinfecção de atmosferas confinadas. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Química) – Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas, 2006.

PASCHOALINO, M. P.; JARDIM, W. F. Indoor air disinfection using a polyester supported TiO₂ photo-reactor. **Indoor Air**, 18, n. 6, p. 473-479, 2008. Article.

PELAEZ, M.; NOLAN, N. T.; PILLAI, S. C.; SEERY, M. K. *et al.* A review on the visible light active titanium dioxide photocatalysts for environmental applications. **Applied Catalysis B: Environmental**, 125, p. 331-349, 2012/08/21/ 2012.

PIGEOT-REMY, S.; LAZZARONI, J. C.; SIMONET, F.; PETINGA, P. *et al.* Survival of bioaerosols in HVAC system photocatalytic filters. **Applied Catalysis B: Environmental**, 144, p. 654-664, 2014. Article.

QUADROS, M. E. Qualidade do ar em ambientes internos hospitalares: parâmetros físico-químicos e microbiológicos. 2008. 135f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, 2008.

RIAZ, N.; KHAN, M. S.; BILAL, M.; ULLAH, S. *et al.* Photocatalytic inactivation of bioaerosols: A short review on emerging technologies. **Current Analytical Chemistry**, 17, n. 1, p. 31-37, 2020. Review.

RODRIGUES-SILVA, C.; MIRANDA, S. M.; LOPES, F. V. S.; SILVA, M. *et al.* Bacteria and fungi inactivation by photocatalysis under UVA irradiation: liquid and gas phase. **Environmental Science and Pollution Research**, 24, n. 7, p. 6372-6381, 2017. Article.

SALUSTIANO, V. C. Avaliação da microbiota do ar de ambientes de processamento em uma indústria de laticínios e seu controle por agentes químicos. 2002. 72f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa, 2002.

SARKHOSH, M.; NAJAFPOOR, A. A.; ALIDADI, H.; SHAMSARA, J. *et al.* Indoor Air Quality associations with sick building syndrome: An application of decision tree technology. **Building and Environment**, 188, 2021. Article.

SUÁREZ-CÁCERES, G. P.; FERNÁNDEZ-CAÑERO, R.; FERNÁNDEZ-ESPINOSA, A. J.; ROSSINI-OLIVA, S. *et al.* Volatile organic compounds removal by means of a felt-based living wall to improve indoor air quality. **Atmospheric Pollution Research**, 12, n. 3, p. 224-229, 2021/03/01/ 2021.

SUNGKAJUNTRANON, K.; SRIBENJALUX, P.; SUPOTHINA, S.; CHUAYBAMROONG, P. Effect of binders on airborne microorganism inactivation using TiO₂ photocatalytic fluorescent lamps. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, 138, p. 160-171, 2014. Article.

TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. Microbiologia. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2000. 827 p.

WANG, Z.; LIU, J.; DAI, Y.; DONG, W. *et al.* CFD modeling of a UV-LED photocatalytic odor abatement process in a continuous reactor. **Journal of Hazardous Materials**, 215-216, p. 25-31, 2012/05/15/ 2012.

WUTKE, M. C. B. Desinfecção do ar em ambientes confinados pela ação combinada de dióxido de titânio e luz ultravioleta (TiO₂/UV). Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas, 2006.

YANG, Y.; LI, X.; ZHOU, C.; XIONG, W. *et al.* Recent advances in application of graphitic carbon nitride-based catalysts for degrading organic contaminants in water through advanced oxidation processes beyond photocatalysis: A critical review. **Water Research**, 184, p. 116200, 2020/10/01/ 2020.

ZACARÍAS, S. M.; MANASSERO, A.; PIROLA, S.; ALFANO, O. M. *et al.* Design and performance evaluation of a photocatalytic reactor for indoor air disinfection. **Environmental Science and Pollution Research**, 2020. Article.

ZHAO, Q.; LI, X.; ZHOU, Q.; WANG, D. *et al.* Chapter 6 - Nanomaterials Developed for Removing Air Pollutants. *In*: ZHAO, Q. (Ed.). **Advanced Nanomaterials for Pollutant Sensing and Environmental Catalysis**: Elsevier, 2020. p. 203-247.

ZALESKA, A.; HÄNEL, A.; NISCHK, M. Photocatalytic air purification. **Recent Patents on Engineering**, 4, n. 3, p. 200-216, 2010. Article.