

## NOVOS ARES PARA OS MATERIAIS FOTOCALÍTICOS E HIDROFÓBICOS

**Aline Andressa Carvalho da Silva** – [aline\\_acs@outlook.com](mailto:aline_acs@outlook.com)

*Interdisciplinary Baccalaureate in Science and Technology – Federal University of Rio Grande do Norte*

**Kauana Caroline Neves de Araújo**- [kacarolinena@hotmail.com](mailto:kacarolinena@hotmail.com)

*Interdisciplinary Baccalaureate in Science and Technology – Federal University of Rio Grande do Norte*

**Matheus Camara Carvalho Bastos da Silva** – [matheuscamaracarvalho@hotmail.com](mailto:matheuscamaracarvalho@hotmail.com)

*Interdisciplinary Baccalaureate in Science and Technology – Federal University of Rio Grande do Norte*

**Pâmella Raffaella Dantas de Freitas** - [pamellardf@gmail.com](mailto:pamellardf@gmail.com)

*Interdisciplinary Baccalaureate in Science and Technology – Federal University of Rio Grande do Norte*

**Carlos Alexandre Camargo de Abreu** – [calexandreabreu@ect.ufrn.br](mailto:calexandreabreu@ect.ufrn.br)

*Program of Postgraduate Interdisciplinary Baccalaureate in Science and Technology – Federal University of Rio Grande do Norte*

**Abstract**— In the current world scenario the aggravating consequences of the pollution and the excessive disposal of materials in the environment are observed, this situation has been causing numerous problems to the environment such as air pollution and global warming. Thus, it is necessary to create an alternative for these materials in order to combat this problem, an effective alternative would be the use of materials with photocatalytic and hydrophobic properties. The objective of this work was to show the benefits of using these properties in several materials with emphasis on aeronautics. It was elaborated through students of Bachelor of Science and Technology to build an analysis of results in the market for the use of photocatalytic and hydrophobic properties in materials. The exploratory research method was used to analyze the properties and the benefits they bring, obtaining results for the problem presented in this work. The study has a qualitative character with emphasis on researches and articles. The results show that the use of photocatalytic and hydrophobic properties in materials ends up reducing pollution, increasing the "useful life" of the materials and, consequently, having a wide demand and purpose.

**Keywords**— Aviation industry. Treatment of pollutants. Photocatalytic and hydrophobic. Demand.

**Resumo**— No atual cenário mundial observam-se as agravantes consequências da poluição e do descarte excessivo de materiais no meio ambiente, tal situação vem acarretando inúmeros problemas ao meio ambiente como a poluição do ar e o aquecimento global. Com isso, há necessidade de ser criada uma alternativa para esses materiais a fim de combater esse problema, uma alternativa eficaz seria a utilização de materiais com propriedades fotocatalíticas e hidrofóbicas. O objetivo desse trabalho foi mostrar os benefícios da utilização dessas propriedades em diversos materiais tendo como ênfase a área da aeronáutica. Foi elaborado através de alunos de Bacharelado de Ciências e Tecnologia para construir uma análise de resultados no mercado para o uso das propriedades fotocatalíticas e hidrofóbicas em materiais. Foi utilizado o método de pesquisa exploratória com a finalidade de analisar as propriedades e os benefícios que as mesmas trazem, obtendo resultados para a problematização apresentada neste trabalho. O estudo tem caráter qualitativo com ênfase em pesquisas e artigos. Os resultados mostram que a utilização das propriedades fotocatalíticas e hidrofóbicas em materiais acaba reduzindo a poluição, aumenta a "vida útil" dos materiais e, conseqüentemente, possuindo uma ampla demanda e finalidade.

**Palavras chave**— Indústria aeronáutica. Tratamento de poluentes. Fotocatalíticas e hidrofóbicas. Demanda.

## 1. INTRODUÇÃO

A busca por melhorias no setor aeronáutico engloba requisitos direcionados principalmente nos segmentos que focam a redução de peso, melhoria dos processos de produção e, conseqüentemente, uma melhora nas propriedades mecânicas de novos materiais. Também, a substituição de sistemas complexos por materiais compostos pode reduzir o número de componentes das aeronaves, podendo interferir na aerodinâmica, visando aprimorar a eficiência e a segurança das mesmas. Neste contexto, durante a última década, o desenvolvimento de materiais compostos que apresentem propriedades fotocatalíticas e hidrofóbicas tem despertado o interesse do setor aeronáutico devido a dois pontos estratégicos. O primeiro está relacionado com a redução de equipamentos, os quais consomem energia da aeronave durante o processo de remoção do gelo das superfícies das asas, por exemplo. Esta limpeza do gelo pode também ser efetuada com a aplicação de produtos químicos, os quais apresentam elevados custos, ambientalmente hostis e demandam tempo de atuação dos componentes químicos, impossibilitando a decolagem da aeronave. O segundo ponto está relacionado com a busca por substituir componentes das aeronaves que proporcionem arraste aerodinâmico e turbulências, tais como os limpadores das transparências frontais das aeronaves (transparências = janelas dos pilotos da aeronave), os quais possuem uma contribuição relevante no arraste total da aeronave. Portanto, esses pontos têm impulsionado pesquisas na busca por diferentes materiais compostos com propriedades fotocatalítica e hidrofóbica. Muitas pesquisas e aplicações sobre os materiais que apresentem as propriedades fotocatalíticas estão centralizadas na eliminação e tratamento de poluentes nos efluentes industriais, tais como corantes, defensivos agrícolas e chorume. Os fotocatalisadores utilizam da luz solar, são de baixo custo e possuem estruturas cristalinas que facilitam sua aplicação em uma diversidade mais ampla de materiais. Por outro lado, as aplicações dos materiais compostos com propriedades hidrofóbicas têm focado seu esforço na prevenção de envelhecimento de monumentos e aplicações em vidros de boro silicato para aplicação construção civil em prédios sustentáveis. Esses vidros são aliados das construções sustentáveis por poder reduzir o calor, gerar economia de energia e até para reduzir o consumo de água. Nas aplicadas descritas até o momento dos materiais que apresentem essas propriedades, nada foi encontrado na literatura sobre materiais compostos que suportem as condições de trabalho de uma aeronave, ou seja, mudanças constantes de temperatura, arraste aerodinâmico e erosão por choque de partículas. Entretanto, a originalidade do projeto para o desenvolvimento científico e inovação está na obtenção e caracterização de um material composto de alta tecnologia para aplicação como tinta e revestimento nas aeronaves que apresente simultaneamente as propriedades fotocatalíticas, hidrofobicidade e resistência às condições de trabalho das aeronaves produzidas pela EMBRAER.

## 2. DESENVOLVIMENTO

### A. A TRAJETÓRIA HISTÓRICA DA CONSTRUÇÃO CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA DE MATERIAIS FOTOCALÍTICOS E HIDROFÓICOS

A fotocatalise heterogênea tem sua origem na década de setenta quando pesquisas em células fotoeletroquímicas começaram a ser desenvolvidas com o objeto de produção de combustíveis a partir de materiais baratos, visando a transformação da energia solar em química. Em 1972, um trabalho de Fujishima e Honda (FUJISHIMA et al, 1972) descreveu a oxidação da água em suspensão de TiO<sub>2</sub> irradiado em uma célula fotoeletroquímica, gerando hidrogênio e oxigênio. A partir desta época, muitas pesquisas foram dedicadas ao entendimento de processos fotocatalíticos envolvendo a oxidação da água e íons inorgânicos. A possibilidade de aplicação da fotocatalise à descontaminação foi explorada pela primeira vez em dois trabalhos (PRUDEN et al, 1983) onde foi demonstrada a total mineralização de clorofórmio e tricloroetileno para íons inorgânicos durante iluminação de suspensão de TiO<sub>2</sub>. Desde então, a fotocatalise heterogênea vem atraindo grande interesse de diversos grupos de pesquisa de todo o mundo devido à sua potencialidade de aplicação como método de destruição de poluentes. (NOGUEIRA et al 1998).

## B. CADEIAS PRODUTIVAS E OS MERCADOS ENVOLVIDOS

Diversos fatores influenciam no desenvolvimento do país através da cadeia produtiva da indústria aeronáutica. A princípio, a indústria civil influencia e é influenciada por programas de desenvolvimento tecnológicos de produção militar, ou seja, a indústria aeronáutica tem uma relação direta com os aspectos da segurança nacional. Ademais, essa indústria, devido à disseminação tecnológica, contribui para acelerar a taxa de crescimento econômico em longo prazo, já que se trata de um conjunto de produções com elevada intensidade tecnológica, a qual acelera o processo técnico em outras atividades.

Os fabricantes de aeronaves civis se destacam na lista de maiores exportadores dos países, se sobressaindo no desempenho econômico nacional. Além disso, uma pesquisa feita pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) afirmou que a área de “construção, montagem e reparação de aeronaves” mostrou uma taxa de crescimento média elevada da produtividade, entre 1996 e 2001. Mostrou, também, ser uma das poucas indústrias com grande relação entre o desempenho doméstico e internacional (LIMA, 2005).

Os maiores blocos de fabricantes da indústria aeronáutica são o Airbus, Bombardier, Boeing e Embraer. Esses dois últimos anunciaram acordo que prevê que a americana terá 80% de uma nova empresa de aviação comercial, enquanto a brasileira ficará com os outros 20%. O novo negócio é avaliado em US\$ 4,75 bilhões, sendo que a Boeing está pagando US\$ 3,8 bilhões por sua participação. Essa união vai abrir mercado para as duas companhias, com avanços em inovação, redução de custos e foco em ter uma maior mordida no mercado global, considerando estimativas de que as companhias aéreas vão comprar 41 mil novos aviões até 2036, segundo estudos da Boeing (CAVALCANTE, 2018). Apesar de haver outras empresas menores, há uma grande barreira para o surgimento de novas empresas devido aos elevados custos e à capacitação tecnológica tanto das novas empresas, quanto dos próprios funcionários. Cabe relatar também que, apesar dos produtos serem fabricados em volumes “baixos”, sua complexidade é elevada. Temos como exemplo o Boeing 747, o qual tem mais de cinco milhões de peças individuais e sua fiação utilizada em jatos comerciais modernos se estende por mais de 100 quilômetros. Essa amplitude de utilização de tecnologias diversa na construção de aviões abre espaço para uma diversidade de aplicações de pesquisas científicas e inovações.

### 2.1 APLICAÇÃO DAS POSSÍVEIS TECNOLOGIAS GERADAS PELA PESQUISA CIENTÍFICA

O dióxido de titânio é um dos fotocatalisadores mais utilizados atualmente. As aplicações vão desde componentes estruturais, com a produção de superfícies “autolimpantes”, até o tratamento de efluentes. (MARTINS, 2016).

Os fabricantes de vidro Pilkington comercializam uma gama de vidros, denominada Activ, que possui as propriedades fotocatalíticas e hidrofílicas. Estes fabricantes de vidro afirmam que o revestimento de dióxido de titânio tem a durabilidade do próprio vidro. No entanto, disponibilizam um conjunto de regras de manutenção, que podem ser consideradas algo confusas, utilizando termos químicos que o utilizador pode não compreender. Este vasto leque de regras de manutenção pode afastar possíveis compradores do conceito fundamental do vidro que é a sua baixa necessidade de manutenção, quando comparado com vidros normais e daí a importância da regulamentação e acreditação destes produtos a nível das autoridades competentes. (PARAMES et al., 2010).

Entre as recentes aplicações de TiO<sub>2</sub> nanométrico baseadas no efeito fotocatalítico e na sua super-hidrofílicidade podemos mencionar as películas protetoras de vidros em ambientes sujeitos à ação de gases poluentes, espelhos retrovisores evitando a formação de gotículas de água através da formação de um espelho d'água na superfície do vidro (HASHIMOTO; IRIE; FUJISHIMA, 2005) e cimentos autolimpantes (FOLI, et al., 2009).

### 3. CARACTERÍSTICAS DOS PRODUTOS: DIFERENCIAIS

Nos últimos anos a melhoria de desempenho por meio da incorporação de propriedades fotocatalíticas e hidrofóbicas, têm trazido resultado no constante aperfeiçoamento de todas as classes de materiais. Nesse contexto inserem-se os materiais que são projetados para cumprir funções específicas a partir de determinado estímulo do meio. Mudança de temperatura, campo elétrico ou magnético e comprimento de onda da radiação, são exemplos de estímulos aplicados aos materiais. Em decorrência surgem produtos de grande interesse tecnológico como revestimentos autolimpantes hidrofóbicos ou fotocatalíticos, antiestáticos e superparamagnéticos. (FERREIRA, et al., 2014; COSTA, et al., 2013).

Um exemplo desses tipos de material é o Poliuretano (PU) que é um elastômero termoplástico que apresenta propriedades fotocatalíticas que acaba sendo bastante aplicável em revestimentos, adesivos, espumas, materiais biomiméticos e em vários campos diversificados de tecnologias modernas. Isso devido à sua excelente flexibilidade, elasticidade e capacidade de amortecimento, juntamente com a sua fácil processabilidade e suas propriedades físicas ajustáveis.

Outro exemplo é a fotocatalise heterogênea (FH) que é um processo eficiente na purificação de matrizes aquosas contaminadas com poluentes emergentes (MONTEIRO et al., 2015). Dentre os semicondutores fotoativos empregados na FH, destaca-se o dióxido de titânio (TiO<sub>2</sub>) e óxido de zinco (ZnO), sendo o TiO<sub>2</sub> o mais utilizado. Esses fotocatalisadores são largamente empregados devido à ampla banda de foto-sensibilidade, natureza não tóxica, valor de band-gap adequado para a utilização com radiação UV, elevada estabilidade química, baixo custo e por dispensar o uso de reagentes coadjuvantes. (VENANCIO, et al., 2017). Dentre os diferentes fabricantes, o TiO<sub>2</sub> fabricado pela Degussa, TiO<sub>2</sub> P 25 (80% anatase), é o mais comumente utilizado devido à sua alta fotoatividade quando comparado à de outras fontes. Esses produtos diferem pela sua composição cristalina, tamanho da partícula, fotoestabilidade em ampla faixa de pH (NOGUEIRA; JARDIM, 1998).

No setor aeronáutico, o uso de revestimentos compósitos de matriz polimérica e reforço cerâmico, agregando propriedades típicas como ação fotocatalítica, hidrofobicidade dentre outras, vem sendo utilizadas para melhorar o desempenho das aeronaves. Um exemplo disso é no uso de tintas e/ou revestimentos que não acumulem resíduos na superfície da aeronave, isso porque além de acabarem reduzindo os custos de operações com a limpeza das aeronaves, geram também um menor consumo de combustível além de trazer um melhor conforto e segurança em voo. Outras aplicações que esses revestimentos trazem é que os mesmos acabam reduzindo ou até mesmo eliminando as possibilidades de falhas de funcionamento da aeronave além de possibilitarem montagens mais rápidas reduzindo assim os custos de fabricação. Tais aplicações vêm fazendo com que tenhamos aeronaves cada vez mais eficazes e seguras. (VENTURA, 2009).

Nas últimas décadas, os problemas ambientais têm-se tornado cada vez mais críticos e frequentes, devido ao acelerado crescimento populacional e ao aumento da atividade industrial resultante do modelo econômico atual. Estes fenômenos apresentam consequências a nível da qualidade do ar e, também, no custo de manutenção de aeronaves, uma vez que os poluentes atmosféricos provocam maior sujidade e deterioração das mesmas. Por este motivo, o mercado atual procura constantemente soluções, que sejam ecológicas, altamente eficientes e com baixo custo associado, com a capacidade de destruir poluentes. A descoberta de materiais fotocatalíticos e hidrofóbicos teve um grande impacto no mercado, isso porque os mesmos estão sendo utilizados como materiais “autolimpantes”, ou seja, são materiais que apresentam a capacidade de eliminar vários contaminantes presentes em superfícies sólidas através de circunstâncias naturais, dessa forma, o uso dessa tecnologia vem sendo bastante utilizado visto que a mesma ajuda a diminuir os problemas ambientais causados por poluentes. Dessa forma vemos que o mercado teve que se adequar a essa nova tendência que é a produção desse tipo de material.

Os benefícios dos Revestimentos Fotocatalíticos, como o dióxido de titânio (TiO<sub>2</sub>) são vários devido à sua potencial aplicação para decompor uma grande variedade de substâncias e materiais no ar, dessa forma, a utilização desses materiais acarreta em um impacto positivo tanto no âmbito social como no econômico pois seu uso diminui a poluição no ar, além de conseguir decompor materiais que podem ser prejudiciais a nossa saúde. Por fim a utilização dessa tecnologia acaba também, melhorando a parte econômica, isso porque a utilização de revestimentos fotocatalíticos acaba reduzindo o dano de certos compostos nos materiais fazendo

com que as empresas não precisem gastar para o reparo e nem para a proteção dos mesmos pois a própria substância funciona tanto como um “decompositor” de toxinas como um “protetor” dos materiais. (VENANCIO 2017).

Os sistemas de revestimento ativo fotocatalíticos são capazes de reduzir contaminações ambientais e limpar superfície de vários materiais. Além disso No setor aeronáutico, o uso de revestimentos compósitos de matriz polimérica, agregando propriedades típicas como ação fotocatalítica, hidrofobicidade dentre outras, vem sendo utilizadas para melhorar o desempenho das aeronaves por meio do uso de tintas e/ou revestimentos que não acumulem resíduos na superfície da aeronave, além de acabarem reduzindo os custos de operações com a limpeza das aeronaves, geram também um menor consumo de combustível além de trazer um melhor conforto e segurança em voo. (ESTEBAN 2017).

No Brasil, deveriam existir incentivos em massa para o desenvolvimento industrial e de inovações em setores como o aeronáutico, afim de reduzir a distância que separa a nossa economia da de países mais avançados. Uma promessa que se esvai com as atuais medidas de austeridade em conjunto com a grave crise econômica em que o Brasil está submerso, para a qual o atual governo só oferece como solução cortes de gastos e mais austeridade. Tais medidas podem enterrar o pouco que resta da indústria nacional com foco em I+D+I, além de nunca desenvolvermos pesquisas potenciais e ideias como a discutida nesse trabalho, com alto potencial de retornos ambientais, sociais e econômicos para o país. (ARBIX et al 2017).

### 3.1 IMPACTO DESSA TECNOLOGIA NO MEIO AMBIENTE

Fazendo uso de materiais com propriedades fotocatalíticas e hidrofóbicas que focam nas melhorias dos processos de produção e nas propriedades mecânicas de novos materiais, o qual visa sempre aprimorar a eficiência e a segurança dessas e por apresentarem diversos benefícios devido à sua potencial aplicação para decompor uma grande variedade de substâncias e materiais no ar. Dessa forma, a utilização desses materiais acarreta em um impacto positivo tanto no âmbito social como no econômico, pois seu uso diminui a poluição no ar, além de conseguir decompor materiais que podem ser prejudiciais a nossa saúde. Por fim a utilização dessa tecnologia tem potencial para também impactar positivamente a economia, isso porque a utilização de revestimentos fotocatalíticos acaba reduzindo o dano de certos compostos nos materiais fazendo com que haja uma redução do custo das empresas para o reparo e para a proteção dos mesmos, pois a própria substância funciona tanto como um “decompositor” de toxinas e como um “protetor” dos materiais.

Outro ponto a ser destacado é que os sistemas de revestimento ativo fotocatalíticos são capazes de reduzir contaminações ambientais e limpar superfície de vários materiais. Além disso, no setor aeronáutico, o uso de revestimentos compósitos de matriz polimérica, agregando propriedades típicas como ação fotocatalítica, hidrofobicidade dentre outras, vem sendo utilizadas para melhorar o desempenho das aeronaves por meio do uso de tintas e/ou revestimentos que não acumulem resíduos na superfície da aeronave, além de acabarem reduzindo os custos de operações com a limpeza das aeronaves, geram também um menor consumo de combustível além de trazer um melhor conforto e segurança em voo.

Em suma, a utilização de materiais com propriedades fotocatalíticas e hidrofóbicas é algo bastante positivo para todo os meios, isso porque a mesma possui uma grande abundância de aplicabilidade em vários setores da economia tornando assim, uma grande aliada para a diminuição da poluição, do desgaste e também do aprimoramento do desempenho de inúmeros materiais.

Tendo em vista o cenário industrial atual, percebe-se que o ambiente empresarial está ficando cada vez mais competitivo e global. Isso tem levado as organizações (públicas e privadas) a investirem em tecnologia, no desenvolvimento do seu capital intelectual, na sua capacidade econômica e social e em sistemas de inovação, a fim de manter a sustentabilidade do negócio e a sua competitividade perante aos concorrentes.

No Brasil, deveriam existir incentivos em massa para o desenvolvimento industrial e de inovações em setores como o aeronáutico, afim de reduzir a distância que separa a nossa economia da de países mais avançados (Glaucio Arbix, 2017). Uma promessa que se esvai com as atuais medidas de austeridade em conjunto com a grave crise econômica em que o Brasil está submerso, para a qual o atual governo só oferece como solução cortes de gastos e mais austeridade. Tais medidas podem enterrar o pouco que resta da indústria

nacional com foco em inovação, além de nunca desenvolvermos pesquisas potenciais e ideias como a discutida nesse trabalho, com alto potencial de retornos ambientais, sociais e econômicos para o país.

O incentivo às inovações podem ser a base para o desenvolvimento de empresas, produtos ou serviços a fim de impactarem mercados gerando soluções de alto valor agregado permitindo empresas inovadoras vantagens competitivas. Desta forma percebemos que a geração de inovações, a partir das necessidades atuais da sociedade, criar um produto que seja destaque no mercado, terá como recompensa um potencial grande visibilidade por todo o mercado. Dentre várias destas inovações podemos citar a criação de materiais compostos com propriedades fotocatalíticas hidrofóbicas para aplicação na Indústria Aeronáutica, isso porque esse novo material vem de uma ideia que está em alta no mundo, que é a preocupação com o meio ambiente e também acaba reduzindo custos na área aeronáutica. Esse tipo de material traz melhorias no setor aeronáutico englobando requisitos direcionados principalmente nos segmentos que focam a redução de peso, melhoria dos processos de produção e, conseqüentemente, uma melhora nas propriedades mecânicas de novos materiais. A substituição de sistemas complexos por materiais compostos podem reduzir o número de componentes das aeronaves, podendo interferir na aerodinâmica, visando aprimorar a eficiência e a segurança das mesmas, além de que Muitas das pesquisas feitas sobre esses materiais estão centralizadas na eliminação e tratamento de poluentes nos efluentes industriais, tais como corantes, defensivos agrícolas e chorume, fazendo assim, com que essa inovação gere um benefício muito grande para o meio ambiente e para a indústria aeronáutica.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo aqui feito mostra que é pertinente investir em pesquisas que busquem a modificação dimensional e morfológica do material através de síntese de diferentes formatos (tubos, cintas, fibras, partículas) nanométricos, com o objetivo principal de melhorar seu desempenho de absorção e fotocatalítico, não apenas no setor aeronáutico, mas também para o uso comercial, pois sua estrutura renovadora proporciona um impacto positivo em todos os setores (social e econômico) de modo que resulta na redução/eliminação de gases poluentes lançados no meio ambiente, visto que diminui a poluição no ar, além de conseguir decompor materiais que podem ser prejudiciais a nossa saúde. Ademais, sabe-se que, no corrente momento, já existem diversos tipos de pesquisas relacionadas a esses materiais no intuito de melhorar cada vez mais seu desempenho, visto que, conforme esse aprimoramento, ocorre um aumento no custo-benefício e uma diminuição de gastos futuros, o que, conseqüentemente, provocariam futuras pesquisas sobre esses processos, visando sempre sua melhor versão. Dessa forma, a pesquisa voltada para os materiais fotocatalíticos e hidrofóbicos trariam, para o Brasil, um avanço no setor aeronáutico brasileiro que acarretaria em cada vez mais demandas desses produtos para o exterior, impossibilitando a saída do país da competitividade no mercado mundial.

#### REFERÊNCIAS

ARBIX, GLAUCO et al. Brazilian Innovation Policies: Advances, Misconception, and Instability. *Novos estudos CEBRAP*, v. 36, n. 3, p. 9-27, 2017.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (BRASIL). *BNDES 60 anos: perspectivas setoriais*. Rio de Janeiro : Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2012. p. 138-185. ISBN: 9788587545442 (v.1)

BERTAZZO, Roberto. *A crise da industria aeronautica brasileira: 1944-1968*. 2003. 50f. Monografia (Bacharel em História) – Univarsidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, 2003.

CAVALCANTE, Glauce: "CIDADE" COM 36 MIL OPERÁRIOS: COMO OPERA A GIGANTESCA FÁBRICA DA BOEING QUE ESTÁ NO GUINNESS BOOK. *Epoca*, 2018. Disponível em: <<https://epoca.globo.com/cidade-com-36-mil-operarios-como-opera-gigantesca-fabrica-da-boeing-que-es-ta-no-guinness-book-22892632>>. Acesso em: 19, junho de 2019.

COSTA, A. N.; ORTELLI, S.; BLOSI, M.; ALBONETTI, S.; VACCARI, A.; DONDI, M. TiO<sub>2</sub> based photocatalytic coatings: from nanostructure to functional properties. *Chemical Engineering Journal*, v. 225, p. 880-886, 2013.

ESTEBAN, Nidia Margarita Habran et al. Desenvolvimento de revestimentos fotocatalíticos à base de TiO<sub>2</sub> nanométricos pelo método de revestimento por imersão. *Cadernos UniFOA*, v. 7, n. 1 (Esp.), p. 11-16, 2017.

FERREIRA, A. M.; SILVA, G. C.; DUARTE, H. A.; Materiais funcionais para proteção ambiental. *Cadernos temáticos de química nova na escola*, v.8, p. 30-38, 2014.

FOLLI, A. et al. Rhodamine B discolouration on TiO<sub>2</sub> in the cement environment: a look at fundamental aspects of the self-cleaning effect in concretes. *Journal of Advanced Oxidation Technologies*, v. 12, n. 1, p. 126-133, 2009.

FORJAZ, Maria Cecilia Spina. The origins of Embraer. *Tempo Social*, v. 17, n. 1, p. 281-298, 2005.

FUJISHIMA, Akira; HONDA, Kenichi. Electrochemical photolysis of water at a semiconductor electrode. *nature*, v. 238, n. 5358, p. 37, 1972.

HASHIMOTO, K.; IRIE, H.; FUJISHIMA, A. TiO<sub>2</sub> Photocatalysis: A Historical Overview and Future Prospects. *Japanese Journal of Applied Physics*, v. 44, p. 8269-8285, 2005.

LIMA, Jorge Cláudio Cavalcante de Oliveira et al. A cadeia aeronáutica brasileira e o desafio da inovação 2005

NOGUEIRA, Raquel FP; JARDIM, Wilson F. A fotocatalise heterogênea e sua aplicação ambiental. *Química nova*, v. 21, n. 1, p. 69-72, 1998.

MARTINS, Monize Aparecida. Atividade fotocatalítica de tinta de cura fosfática com TiO<sub>2</sub>. 2016.

MONTEIRO, Ricardo A R; MIRANDA, Sandra M; VILAR, Vítor J P; LUISA, M; et al. Applied Catalysis B : Environmental N-modified TiO<sub>2</sub> photocatalytic activity towards diphenhydramine degradation and *Escherichia coli* inactivation in aqueous solutions. *Applied Catalysis B: Environmental* v. 162, p. 66-74 , 2015.

PARAMÉS, João; DE BRITO, Jorge. Materiais de construção nanotecnológicos de autolimpeza Self-cleaning nanotechnologic construction materials. *Teoria e Prática na Engenharia Civil*, n. 15, p. 55-62, 2010.

PRUDEN, Ann Lorette; OLLIS, David F. Photoassisted heterogeneous catalysis: the degradation of trichloroethylene in water. *Journal of catalysis*, v. 82, n. 2, p. 404-417, 1983.

PRUDEN, Ann Lorette; OLLIS, David F. Degradation of chloroform by photoassisted heterogeneous catalysis in dilute aqueous suspensions of titanium dioxide. *Environmental science & technology*, v. 17, n. 10, p. 628-631, 1983

VENANCIO, Wilson Augusto Lima et al. Processos fotocatalíticos heterogêneos aplicados na degradação de fluoroquinolonas: avaliação da atividade antimicrobiana residual. 2017.

VENTURA, Ana Mafalda FM. Os Compósitos e a sua aplicação na Reabilitação de Estruturas metálicas. *Ciência & Tecnologia dos Materiais*, v. 21, n. 3-4, p. 10-19, 2009.