



# Gestão de Projetos Sustentáveis

Franciele Braga Machado Tullio  
Leonardo Tullio  
(Organizadores)



**Atena**  
Editora

Ano 2018

**Franciele Braga Machado Tullio**

**Leonardo Tullio**

(Organizadores)

# **Gestão de Projetos Sustentáveis**

Atena Editora

2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Natália Sandrini

Revisão: Os autores

### Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

G393 Gestão de projetos sustentáveis [recurso eletrônico] / Organizadores Franciele Braga Machado Tullio, Leonardo Tullio. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018. – (Gestão de Projetos Sustentáveis; v. 1)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-85107-71-0

DOI 10.22533/at.ed.710183110

1. Desenvolvimento sustentável. 2. Gestão ambiental. 3. Meio ambiente. I. Tullio, Franciele Braga Machado. II. Tullio, Leonardo. III. Série.

CDD 363.7

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2018

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

A obra “ Gestão de Projetos Sustentáveis” aborda em seu primeiro volume 22 capítulos em que os autores abordam as mais recentes pesquisas voltadas a sustentabilidade com ênfase no desenvolvimento de tecnologias aplicadas nos mais diversos tipos de projetos voltados às áreas de arquitetura, urbanismo e construção civil.

Sustentabilidade é um tema muito abordado atualmente, pois recursos naturais estão sendo utilizados em grandes proporções, o que pode fazer com que haja o seu esgotamento causando grandes consequências a sociedade.

Recursos naturais renováveis e não-renováveis são utilizados em grande quantidade na construção civil e na arquitetura tais como água, madeira, pedras, areia, argila, o que acarreta vários impactos ambientais, podendo trazer até a escassez dos mesmos. Para tanto, se faz necessário o desenvolvimento pesquisas que visem a redução da utilização desses recursos.

Mudança dos conceitos da arquitetura convencional na direção de projetos flexíveis com possibilidade de readequação para futuras mudanças de uso e atendimento de novas necessidades; a busca de soluções que potencializem o uso racional de energia ou de energias renováveis; uma boa gestão dos recursos; redução dos resíduos da construção com modulação de componentes para diminuir perdas e especificações que permitam a reutilização de materiais; são ações que podem auxiliar na execução de projetos visando a preservação do meio ambiente e promover a sustentabilidade.

Diante do exposto, esperamos que esta obra contribua com conhecimento técnico de qualidade para que o leitor possa utilizar como subsídio na execução dos mais diversos projetos sustentáveis..

Franciele Braga Machado Tullio  
Leonardo Tullio

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>8</b>
A MARCHETARIA COMO ALTERNATIVA DE REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA MOVELEIRA	
<i>Ardalla Ziembowicz Vieira</i> <i>Danieli Maehler Nejeliski</i>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>19</b>
ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO CIVIL COM MISTURA SOLO, PARA REFORÇO DE BASE, SUB-BASE E SUBLEITO EM RODOVIA VICINAL	
<i>Thiago Taborda da Chaga</i> <i>Douglas Alan da Rocha Barbosa</i> <i>Fábio Augusto Henkes Huppes</i> <i>Ederson Rafael Rogoski</i> <i>Leonardo Giardel Pазze</i> <i>André Luiz Bock</i>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>30</b>
APLICAÇÃO DE ALGUNS CONCEITOS DO LEAN CONSTRUCTION A CANTEIROS	
<i>Brendow Pena de Mattos Souto</i> <i>Paula Fernanda Scovino de Castro Ramos Gitahy</i> <i>Gabriel Bravo do Carmo Haag</i> <i>Isadora Marins Ribeiro</i>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>42</b>
AVALIAÇÃO DO POTENCIAL FOTOVOLTAICO EM RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR NA CIDADE DE SÃO LUÍS – MA	
<i>Márcio José Melo Santos</i> <i>Fernando Célio Monte Freire Filho</i> <i>Aruani Leticia da Silva Tomoto</i>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>49</b>
CONSTRUÇÃO E ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO DE COLETOR SOLAR PARABÓLICO DE BAIXO CUSTO	
<i>Mauro Alves das Neves Filho</i>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>62</b>
CONSUMO FAST-FASHION: IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELA PRODUÇÃO DO ALGODÃO	
<i>Bruna Ramos da Silva</i> <i>Patricia Deporte de Andrade</i>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>74</b>
DESIGN PARA A SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL: REFAZ – MOBILIÁRIOS SUSTENTÁVEIS	
<i>Laura Caroline Machado da Silva</i> <i>Karine de Mello Freire</i>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>88</b>
ENRIQUECIMENTO DO TIJOLO SOLO-CIMENTO COM ÓLEOS MINERAIS E VEGETAIS DESCARTADOS	
<i>Francisco Welison de Queiroz</i> <i>Lucas Almeida de Queiroga</i> <i>Gastão Coelho de Aquino Filho</i>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>96</b>
ESTUDO DO CUSTO DE IMPLANTAÇÃO DE UMA CENTRAL DE TRIAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL PARA ATENDER A CIDADE DE IJUÍ	
<i>Leonardo Brizolla de Mello</i> <i>Lucas Rotili Buske</i>	

*Rafael Pereira Nadalin  
Bibiana dos Santos Amaral  
Joice Viviane de Oliveira*

**CAPÍTULO 10 ..... 106**

LAJE MISTA DE BAMBU-CONCRETO LEVE: ESTUDO TEÓRICO E EXPERIMENTAL

*Caio Cesar Veloso Acosta  
Gilberto Carbonari*

**CAPÍTULO 11 ..... 119**

NANOMATERIAIS NA REABILITAÇÃO DE PATRIMÔNIO ARQUITETÔNICO

*Carlos Manuel Franco*

**CAPÍTULO 12 ..... 135**

OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE TRIAGEM E ARMAZENAMENTO DE MATERIAIS RECICLÁVEIS EM COOPERATIVA NO MUNICÍPIO DE SOROCABA (SP)

*Débora Hidalgo Espinetti Rocco  
Renan Antrizani de Oliveira  
Vanessa Cezar Simonetti  
Darllan Collins da Cunha e Silva*

**CAPÍTULO 13 ..... 147**

PERSPECTIVA DA MODA E SUSTENTABILIDADE: ESTUDO DE CASOS

*Régis Puppim  
Danielle Paganini Beduschi*

**CAPÍTULO 14 ..... 164**

PROJETO RESIDENCIAL SUSTENTÁVEL FEITO COM A SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO CIMENTO PORTLAND POR CINZAS DE CASCA DE PINUS CARIBAEA CARIBAEA

*Letícia de Souza Santos  
Ariadine Fernandes Collpy Bruno*

**CAPÍTULO 15 ..... 175**

RELEITURA DAS HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL: A APLICAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NESTE CENÁRIO

*Daniel Henrique da Silva Torres  
Eduarda Carolina Viegas Rodriguez  
Maria Clara Catão Barbosa  
Ronald Eluann Fidelis Araújo  
Sammea Ribeiro Granja Damasceno Costa*

**CAPÍTULO 16 ..... 186**

RELEVÂNCIA DO TEMA SUSTENTABILIDADE ENTRE OS TRABALHOS DE CONCLUSÃO DE CURSO DE BACHARELADO EM TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO - UFSC

*Gabrielli Ciasca Veloso  
Jandir Bassani  
Andréa Cristina Trierweiller  
Paulo César Leite Esteves  
Solange Maria da Silva*

**CAPÍTULO 17 ..... 196**

RESILIÊNCIA E SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

*Cláudio Cesar Zimmermann  
Gabriel Dibe Andrade  
Leticia Dalpaz  
Leticia Silveira Moy  
Lucas Paloschi*

*Pietro da Rocha Macalossi*  
*Wellington Longuini Repette*

<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>207</b>
REUTILIZAÇÃO DE MATERIAIS PARA DESENVOLVIMENTO DE TRABALHOS NAS DISCIPLINAS DE PLÁSTICA <i>Suemmy Rocha Albuquerque Ramos</i>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>219</b>
SINERGIA ENTRE AS FERRAMENTAS DE CRIATIVIDADE UTILIZADAS NAS ETAPAS INICIAIS DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS <i>Andressa de Paula Suiti</i> <i>Renato Vizioli</i> <i>Paulo Carlos Kaminski</i>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>230</b>
SUSTENTABILIDADE APLICADA NA CONCEPÇÃO E EXECUÇÃO DE AMBIENTES E SEUS MOBILIÁRIOS <i>Ana Lúcia Keiko Nishida</i> <i>Dameres Luiza Silveira de Carvalho</i>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>243</b>
DESIGN PARA SUSTENTABILIDADE: REALIDADES E POSSIBILIDADES EM DIREÇÃO À UMA TEORIA TRANSDISCIPLINAR <i>Lucas Farinelli Pantaleão</i> <i>Mônica Moura</i> <i>Olympio José Pinheiro</i>	
<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>255</b>
EDIFÍCIO SEDE DA FUNDAÇÃO RIOZOO: UM OLHAR SOBRE A QUALIDADE DO PROJETO DE REABILITAÇÃO DO EDIFÍCIO <i>Isabel Cristina Ferreira Ribeiro</i> <i>Virgínia Maria Nogueira de Vasconcellos</i>	
<b>SOBRE OS ORGANIZADORES</b> .....	<b>267</b>

## NANOMATERIAIS NA REABILITAÇÃO DE PATRIMÓNIO ARQUITETÓNICO

**Carlos Manuel Franco**  
cmfrancopt@gmail.com

**RESUMO:** Os nanomateriais (NM) apresentam propriedades físico-químicas específicas que lhes conferem características – entre outras, mecânicas, óticas, elétricas e magnéticas únicas e vantajosas para as mais diversas aplicações.

O património edificado nas grandes cidades, confronta-se com problemas ambientais agravados, mormente pela sua contínua exposição aos gases altamente poluentes emitidos pelo intenso e contínuo tráfego de veículos e pela indústria instalada na periferia, refletindo-se negativamente na qualidade do ar, com a consequente degradação das fachadas dos edifícios, provocando uma maior necessidade de obras de manutenção e consequentemente custos mais elevados. A estabilização estrutural, com recurso a materiais compósitos, destacando-se a aplicação de fibras de carbono, de manuseamento substancialmente melhorado - pela sua leveza, flexibilidade e resistência, possibilitando uma intervenção mínima, pouco intrusiva, garantirá maior rapidez de execução, numa redução substancial do número de trabalhadores e equipamento necessário em estaleiro.

Contribuir para o estímulo do uso de materiais

nanoestruturados nas intervenções de reabilitação do Património Arquitetónico, com novas características e novas propriedades, nomeadamente as de autolimpeza, invocando as suas vantagens quando aplicadas no revestimento de superfícies expostas particularmente em ambientes agressivos.

Pretende-se assim sintetizar o conhecimento atual sobre a nanociência, destacando-se o contributo que a nanotecnologia vem conferir - com introdução de materiais nanoestruturados nas intervenções de reabilitação, numa perspetiva de uma intervenção mais sustentável.

**PALAVRAS-CHAVE:** Nanomateriais; Reabilitação; Património Arquitetónico.

**ABSTRACT:** The nanomaterials present specific properties physicochemical that confer some unique characteristics like mechanicals, optical, electricals and magnetics valuable for the most different applications.

The built heritage on the biggest cities confront environmental problems aggravated mostly by their continued exposition to highly polluting gases issued by the intense traffic of vehicles and by the industry on the periphery, reflected negatively on the air quality with consequent degradation of the facades of buildings, that prove a greater need for maintenance works and higher costs.

The structural stabilization, with a resource of composite materials, stands out the application of carbon fibers with improve handling by its lightness, flexibility and resistance, allowing a minimal intervention, less intrusive, will ensure faster execution in a substantial reduction of number of workers and needed equipment on site.

Contribute for the stimulating the use of nanostructured materials in the rehabilitation interventions of the architectural heritage, with new characteristics and proprieties as the self-cleaning, invoking its benefits when applied to the coating of exposed surfaces particularly in aggressive environments.

It is intended to be synthesized the current knowledge about nanoscience, highlighting the contribution that the nanotechnology confers by the introduction of nanostructured materials in rehabilitation interventions with a view to a more sustainable intervention.

**KEYWORDS:** Nanomaterials; Rehabilitation; Heritage Architectural

## 1 | INTRODUÇÃO

A investigação tem uma vertente direcionada aos nanomateriais já disponíveis no setor da construção, cuja aplicação possa vir a ser considerada conveniente e preferível em intervenções de reabilitação, permitindo ao arquiteto a definição de novas metodologias de atuação menos intrusivas e conseqüentemente, com maior garantia de preservação do património arquitetónico na sua essência. Pretende-se ainda que venha a ser um documento acessível e útil para a divulgação de todo o conhecimento adquirido sobre uma matéria ainda não suficientemente difundida no que diz respeito ao potencial das novas ciências, num contributo para uma maior sensibilização da sociedade civil em geral, dos arquitetos, engenheiros e do mundo académico em especial. Os valores relativos ao consumo de matérias-primas e energia despendida no processo de fabricação de Nanomateriais são mais favoráveis em termos ambientais e de sustentabilidade, comparativamente a processos e materiais convencionais, numa melhoria da eficiência energética e da redução das emissões de CO<sub>2</sub> em edifícios.

A indústria da construção representa um dos maiores setores em toda a Europa, representando 28,1 e 7,5% de empregabilidade, respetivamente na indústria e em toda a economia europeia, faturando anualmente 750 milhões de euros: 25% de toda a produção industrial europeia. Sem de deixar de ter reflexos nefastos ambientais, é responsável por 30% das emissões de carbono, consumindo, por sua vez o parque edificado 42% da energia produzida. A nível mundial a indústria da construção consome aproximadamente 3000 Mt/ano, quase 50% em massa, mais matérias-primas que qualquer outra atividade económica, evidenciando um setor absolutamente insustentável. Para agravamento da situação já de si um pouco fora de controlo, muito do edificado em uso padece de patologias provocadas quer por humidade excessiva, dando origem à formação de bolores, fungos e conseqüente má qualidade do ar, quer por ambientes com valores de humidade relativa abaixo de 40%, situações propícias à

evolução de doenças do foro respiratório (TORGAL, F. & JALADI, S. p.23).

A incorporação de resíduos, não só os resultantes da própria construção civil e demolição (RC&D), como também e sobretudo os resíduos produzidos por outras indústrias, no fabrico de betões (concreto) com características pozolânicas, como cinzas volantes, escórias de alto-forno, sílica de fumo, cinzas de resíduos vegetais, cinzas de resíduos sólidos urbanos, resíduos de vidro, resíduos da indústria automóvel, de plástico, da indústria das rochas ornamentais, entre outros, em conjugação com uma seleção de materiais a utilizar sob a perspetiva de sustentabilidade, com uma análise cuidada do ciclo de vida (ACV), materiais obtidos de fontes renováveis, recicláveis, com baixa energia incorporada, fará da indústria da construção uma atividade sustentável (TORGAL, F. 2010, pp. 20-24).

No Brasil a indústria do açúcar e álcool processaram mais de 600 milhões de toneladas de cana em 2009, produzindo um valor superior 140 milhões de toneladas de bagaço [Fig. 1], possibilitando a destilação para o bagaço da cana através da queima controlada associada à síntese de nanotubos de carbono (CNTs), materiais que possuem inúmeras possibilidades de aplicações tecnológicas, nomeadamente da produção de materiais nanoestruturados (ALVES, J. et al, 2012)

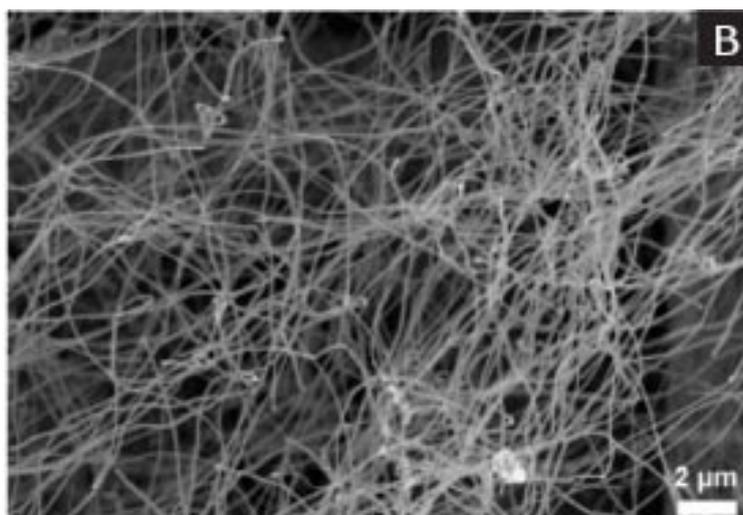


Figura 1: Nanotubos de carbono resultantes da queima do bagaço de cana do açúcar.

Fonte: Alves, J. et al, 2012, in [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0370-44672012000300006](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-44672012000300006),  
acedido em 19-06-18

A adoção de medidas visando à sustentabilidade ambiental deverá começar na fase de conceção de projeto até a conclusão da obra, reduzindo o impacto tanto na produção de resíduos provenientes da construção, como os encargos com a manutenção do edificado público, visando a observação dos princípios que norteiam a sustentabilidade ambiental. Cabe assim à Administração Pública - a título de exemplo para a sociedade civil, adotar soluções que verifiquem a eficiência energética (GOMES, M. 2014, in *Obras Públicas Sustentáveis, Materiais de Construção Sustentáveis*, Volume 2: pp.523-531). Serão as boas práticas que urge implementar no setor da construção,

que maior impacto terá na prevenção e mitigação das alterações climáticas (TIRONE, L. 2008, p.14).

A informação seletiva sobre nanomateriais disponibilizados no mercado, terá como objetivo a produção de um modelo base, que de uma forma sucinta caracterize as potencialidades disponibilizadas pela Nanociência, proporcionando na área da arquitetura e da construção, em resultado da aplicação de materiais nanoestruturados nas operações de reabilitação em património arquitetónico, uma intervenção mais sustentável.

A metodologia adotada teve como plataforma de trabalho a consulta de bibliografia específica e pesquisas de artigos científicos publicados sobre nanotecnologia e nanomateriais, recorrendo-se ainda a livrarias científicas disponíveis em linha, nomeadamente a *Scientific Electronic Library*, no endereço <http://www.scielo.br>, e aos artigos científicos apresentados no Congresso Luso-Brasileiro de Materiais de Construção Sustentáveis, disponibilizados em <http://repositorium.sdum.uminho.pt/>.

## 2 | ESTADO DA ARTE

Desde a antiguidade o homem procurou combinar diferentes materiais, tirando vantagens das características de cada um individualmente, potencializando o seu desempenho quando em conjunto – terra associada à palha no fabrico de tijolos para a construção das suas habitações (Mesopotâmia, desde 5.000 a.C.). Em comparação com os atuais compósitos de matriz polimérica, a palha desempenhava funções das fibras de reforços enquanto a terra humedecida teria funções semelhantes à da matriz polimérica (GONÇALVES, M. CLARA & MARGARIDO, F. 2012, p. 576).

Não sendo possível afirmar com exatidão a data em que a humanidade construiu o primeiro utensílio incorporando partículas nanométricas, é, contudo, do conhecimento que no decorrer do século IV a.C., o vidro usado no fabrico do Cálice de Licurgo [Fig. 2], – que descreve a morte do rei com o mesmo nome, contém nanopartículas de ouro e prata, conferindo-lhe a particularidade de mudança de cor apenas com a mudança de posição da origem da luz (NETO, O. & PACHECO M. et al, 2012, p.19).



Figura 2: Cálice de Licurgo.

Fonte: <http://lifarnur.blogspot.pt/2016/04/antiche-nanotecnologie-la-coppa-di.html>, acedido em 05-01-2017

Surpreendentemente quando a luz incide por fora a taça adquire a cor verde e quando iluminada no seu interior apresenta-se em tons avermelhados enquanto o Rei Licurgo assume a cor púrpura. Este fenómeno só foi explicado no ano de 1990, numa análise efetuada por cientistas com recurso a um microscópio atómico de varredura, obtendo-se a resposta para o dicroísmo observado que ocorre devido à presença das nanopartículas na sua composição da sua matriz de vidro: 66,2% de prata; 31,2% de ouro e 2,6% de cobre. A cor vermelha resulta da absorção de luz pelas nanopartículas de ouro (~520nm). A cor púrpura é observada quando a luz é absorvida devido a partículas maiores, sendo que a cor verde é conseguida através do espelhamento de luz por dispersões coloidais de partículas de prata, com dimensões maiores a 40nm. Durante a idade média já se conhecia o efeito da adição de partículas metálicas – incorporação de nanopartículas de ouro e prata de dimensões diferenciadas na matriz de vidro, na fabricação de vitrais coloridos. Na China antiga, além de vitrais, eram igualmente produzidas porcelanas com nanopartículas de ouro com dimensões entre os 20 60nm (LOOS, M. 2014, pp. 16-17).

Nos anos 30 do século XX, Von Hippon foi um dos primeiros a vislumbrar a síntese de dispositivos microscópicos manipulando átomos e moléculas (RÉGIS, E. 1997 in NETO, O. & PACHECO M. et al, 2012, p.19). O termo nanotecnologia foi no entanto apenas criado em 1957 por Norio Taniguchi. Nano, com origem etimológica no grego e significa anão, é um prefixo de unidade de medida na ordem de um bilionésimo de metro ( $1/1.000.000.000 = 10^{-9}$ ) ou 1nm, que corresponde aproximadamente a 10 vezes o tamanho de um átomo individual, sendo o diâmetro do cabelo humano mil vezes maior que um nm, o que torna a sua visualização à vista desarmada impossível. A nanotecnologia é a compreensão e o controle da matéria à escala entre 1 e 100nm - ciência a nano-escala onde se manipula a matéria com atividades que envolvem a

interação dos átomos e moléculas (CRISTINA, I. 2014, pp. 6-16). É, contudo, a partir da palestra proferida pelo físico Richard P. Feynman com o tema *“There’s plenty of room at the bottom”*, num encontro da Sociedade Americana de Física, no Instituto de Tecnologia da Califórnia-CalTech, realizado no ano de 1959, que a literatura em geral considera o início da era da nanotecnologia (TORGAL, F & JALALI, S. 2010, p 402).

A nanomanipulação ganha um novo e substancial impulso com o aparecimento do MEV – Microscópio Eletrônico de Varredura, técnica usada para visualização e caracterização de superfícies (morfológica e estrutural). O MEV é utilizado não só para observação, mas sobretudo para a modificação da superfície da amostra, com recurso à técnica mais utilizada em que a ferramenta de escrita e desenho consiste na aplicação de um feixe de elétrons, possibilitando produzir estruturas da ordem de alguns nanómetros, conhecida como *“litografia por feixe de elétrons”* - LFE. Esta tecnologia LFE provoca uma modificação nas características químicas, permitindo posteriormente remover o material exposto, gerando assim o padrão desejado, abrindo o caminho para a nanomontagem e conseqüentemente para a nanofabricação. Com a integração dos mais diversos tipos de materiais em escala nanométricas surgirão dispositivos capazes de responder às mais complexas solicitações (RÓZ, A. et al, 2015, pp 3-31).

Outra área igualmente de grande importância para o estudo em desenvolvimento - mas que aqui apenas podemos nomear, é sem margem para dúvidas a que diz respeito à Montagem Molecular. Com o desenvolvimentos na robótica modular, podemos ter encontrado a forma de criar *“o material”*.

K. Eric Drexler no seu livro de 1986 *“Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology”*, descreve a ideia de uma “montagem” em nanoescala, que seria capaz de construir e copiar-se ou criar outros itens de complexidade arbitrária com controle atômico. Desde então, a nanotecnologia concebeu muitos produtos nano estruturados, de uso diário, com variadas utilizações desde a área de medicina, cosméticos, em tintas, etc.

No entanto a montagem em nanoescala feita pelo homem, conforme Drexler descreveu, até agora só existe na ficção. O seu conceito, a tornar-se real, será certamente questionável sob o ponto de vista ético, considerando-se contudo que as visões de Drexler inspiraram muitos projetos especulativos.

Josh Storrs Hall, autor do livro *Beyond AI: Creating the Conscience of the Machine*, expandiu ainda mais o conceito de robôs autorreplicantes com sua ideia propondo um grande número de minúsculos robôs ligados com os braços juntos para formar uma massa sólida na forma do objeto que se quer que seja.

Ao nível molecular, poderíamos cruzar a fronteira entre física e biologia, numa procura do material adaptável ao reino orgânico.

Se olharmos para as células vivas, encontramos coisas sem dúvida semelhantes ao conceito. Os Ribossomos – estruturas orgânicas, produzem as proteínas das células, poderiam ser chamados como montadores em nanoescala. Através da manipulação

do código, eles podem mudar os resultados desse processo biológico, não só para aplicações no melhoramento das plantas na agricultura ou produzir insulina e vacinas, como também em organismos geneticamente modificados capazes de produzir material de construção.

Nos Estados Unidos a investigação de Materiais Biomoleculares no MIT - *Massachusetts Institute of Technology*, usa organismos simples geneticamente modificados para produzir materiais e dispositivos (MASS, W. et al, 2015. pp. 157-161).

Na atualidade e a nível global constata-se um aumento exponencial de publicação de obras e artigos científicos nesta área de investigação, como as obras referenciadas na bibliografia consultada e os artigos disponibilizados em formato eletrónico, nomeadamente no sítio do *Scientific Electronic Library* [em linha] em <http://www.scielo.br>, ou pela Universidade do Minho, com artigos científicos apresentados no Congresso Luso-Brasileiro de Materiais de Construção Sustentáveis, em 3 volumes, [em linha] em <http://repositorium.sdum.uminho.pt/>.

A adição aos cimentos Portland de nanopartículas e nanotubos vem conferir um significativo aumento da resistência, elasticidade e da durabilidade às argamassas e betões (concreto). Quando adicionadas em materiais de revestimento, as nanopartículas proporcionam propriedades – entre outras, de autolimpeza, de capacidade bactericida e de purificação do ar, através da reação dos semicondutores incorporados.

Isolamentos térmicos de elevado desempenho e de baixa condutibilidade térmica, caixilhos com baixa condutibilidade térmica e vidros com transmitância variável serão um importante contributo com vista à eficiência energética do resultado final, resultante da aplicação das inovações que os nanomateriais já disponíveis, numa seleção apropriada nas intervenções em reabilitação.

As capacidades de autolimpeza dos materiais com propriedades fotocatalíticas, conhecidas desde a década de 60 do século XX, podem-se confirmar pela sua eficácia na obra da Igreja Dives in Misericórdia, Roma [Fig. 3], constatando-se 6 anos após a sua conclusão, apenas ligeiras diferenças de tom entre a cor do betão (concreto) nas suas superfícies interiores e exteriores (TORGAL, F & JALALI, S. 2010, p.416).



Figura 3: Igreja Dives in Misericórdia, Roma.

Fonte: <http://cimentoitambe.com.br/wp-content/uploads/2008/12/igreja-dives-in-misericordia-2.jpg> acessado em 19-06-2018

### 3 | NANOTUBOS DE CARBONO

Embora se tenha assistido de facto desde há milhares de anos e ao longo da história da evolução tecnológica, a necessidade de uso de materiais compósitos na construção, a tecnologia de incorporação de fibras de reforço numa matriz polimérica, só foi possível atingir a partir do início do século XX, com o desenvolvimento da indústria dos plásticos. A aplicação de FRP - *fiber reinforced polymers*, em reforço de um casco de um barco, em meados dos anos 30 do século XX, marca o início da utilização deste material compósito.

Desde então e na sua fase inicial, os compósitos FRP estiveram associados a indústria militar, tornando-se assim e até à atualidade, os grandes impulsionadores do desenvolvimento de materiais compósitos de alta resistência. Nos anos 50/60 do século XX surge o interesse da indústria da construção civil, tendo sido construídos cerca de 70 edifícios protótipos, de conceção arquitetónica futurista, modular, em que o uso deste material compósito foi essencialmente no revestimento de fachadas (GONÇALVES, M. CLARA & MARGARIDO, F. 2012, pp. 576 - 577).

Os nanotubos de Carbono, descobertos na Rússia no ano de 1952, são redescobertos no Japão nos anos 90 do século XX. Com uma resistência à tração 100 vezes superior à do aço, só o elevado custo ainda persistente no mercado inibe a sua vulgarização em utilizações correntes (TORRALBA, F & JALALI, S. 2010, p 405). Os nanotubos de uma única camada - milhares de vezes mais finos que um fio de cabelo possuem propriedades elásticas e alta resistência mecânica. Exibindo propriedades

mecânicas extraordinárias, chegam a atingir uma resistência máxima de 200GPa (LOOS, M. 2014, p. 79). Além das propriedades mecânicas, os nanotubos possuem excelentes propriedades, entre outras, a da condutividade elétrica e térmica (Ibidem, pp. 80-98).

Os nanotubos de Carbono (CNT), com uma configuração particularmente estável de uma estrutura hexagonal tipo favos de mel, desenvolvem-se ao longo de um tubo com apenas alguns nanômetros de espessura, cinco vezes mais estáveis do que o aço e duas vezes tão duros como um diamante, e apresentam-se numa gama de sistemas de construção leve, compostos com reforço CNT, de potencial óbvio para aplicação na construção. Têm vindo a ser disponibilizados no mercado de materiais para aplicação em obra (SASCHA, P. 2014, pp. 114-121).

Avanços tecnológicos recentes poderão beneficiar a participação do arquiteto no desenvolvimento e aplicação de materiais nanoestruturados: alumínio transparente; Pontos quânticos luminescentes; terceira geração de energia fotovoltaica; elastômeros de cristal líquido, material que combina as propriedades de um elástico com as características dos cristais líquidos, que mudam de forma em resposta a níveis variáveis de luz ou temperatura.

Os nanotubos de carbono é outro nanomaterial de interesse para os arquitetos, com introdução de substanciais melhoramento na resistência à corrosão de ligas; ajudaram a remover as toxinas de perclorato, quando combinadas com nanoargilas, aumentando a resistência ao fogo dos plásticos. Outra das suas capacidades é a de possibilitar a formação de superfícies controláveis que podem alternar entre a superfície super hidrofóbica e a hidrofílica. É do conhecimento que os nanotubos de carbono nos oferecem uma excepcional capacidade de resistência, com a maior relação força/peso de qualquer outro material conhecido, estando atualmente a serem usados para reforçar polímeros, tacos de golfe, pranchas de surf, barcos, entre muitos outros materiais. Além constituírem nanocompósitos mais fortes, os nanotubos de carbono oferecem várias propriedades inovadoras que podem ser transferidas para uma ampla gama de aplicações. Dependendo da sua estrutura podem ser metálicos ou semicondutores.

Apesar de todas as suas extraordinárias vantagens, os arquitetos mantêm-se relutantes à experiência com nanotubos e nanomateriais em geral, sendo uma das causas prováveis a esta situação o preço elevado do mercado. Verifica-se, no entanto, que o seu preço tem vindo a cair ao longo dos últimos anos, devendo a tendência de baixa de preço continuar com o surgimento contínuo de novas técnicas e produtos (SCHROPFER, T. 2011, pp. 139-140).

Resultando da combinação de dois ou mais materiais que, como anteriormente descrito, quando utilizados de forma isolada, não garantem por si só as condições enquanto materiais adequados para a construção, mas quando associados podem vir a constituir um novo material, integrando as melhores propriedades de cada um dos materiais de origem. Os materiais compósitos de matriz polimérica são constituídos

por duas fases:

1. Reforço com fibras, que vem conferir a maior parte da resistência e rigidez no desempenho mecânico.
2. Matriz polimérica, agente aglutinador do compósito, garantindo a distribuição de cargas entre as fibras bem como entre as cargas aplicadas e o próprio material compósito.

Tendo como objetivo a redução de custos, possibilitando ainda o melhoramento de propriedades específicas, bem como do seu processo de fabrico, a matriz polimérica dos materiais FRP, para além da resina, é usual recorrer-se à incorporação de material de enchimento – carga ou filler, e aditivos (Ibidem p.579).

Sob o aspeto da sustentabilidade dos materiais FRP, à semelhança de outros materiais de construção, ainda não se encontra devidamente estudada, carecendo por isso de uma análise exaustiva do seu ciclo de vida. No entanto pode-se referir a título de exemplo que a energia necessária para a produção de compósitos constituídos por poliésteres incorporando fibras de vidro no seu reforço, requerem apenas 1/4 a 1/6 da energia necessária à produção de aço e alumínio. O mesmo não se poderá aplicar aos compósitos com fibras de carbono, uma vez que o seu processo de fabrico envolve um consumo energético muito superior. A grande vantagem em termos de sustentabilidade dos materiais FRP verifica-se na fase de serviço, dado que requerem não só uma menor manutenção como também apresentam uma maior longevidade, mesmo quando expostos em ambientes mais agressivos. Pela sua reduzida condutibilidade térmica, permitem uma poupança energética dos edifícios.

Suscetíveis à ignição, os FRP são combustíveis quando sujeitos a temperaturas entre os 300 e 500°C (Celsius), contudo quando submetidos a temperaturas entre os 100 e 200°C, não se verificam reduções significativas das suas propriedades mecânicas. Apesar destas desvantagens os FRP – ao contrário dos elementos em aço, são bons isolantes do calor, característica deveras importante na redução da propagação de um incêndio entre compartimentos, devendo, contudo se proceder à sua proteção para melhoramento do seu desempenho face ao fogo. Os FRP garantem ainda uma maior estanquicidade, constituindo por isso uma barreira mais eficaz contra chamas, fumo e gases tóxicos (Ibidem pp.597-599).

No que diz respeito de facto a intervenções de Reabilitação de estruturas de edifícios em Portugal, verifica-se um tímido mas gradual recurso à aplicação de Sistema CFRP, *Carbon Fiber Reinforcing Process*. Em forma de tecidos em fibra de carbono uni/bi/quadriddireccional, as lâminas e filamentos de carbono são utilizáveis em reforços e reparação pouco intrusiva de estruturas, resultando numa solução flexível, técnica e economicamente recomendável, numa alternativa às intervenções com recurso às técnicas e aos materiais convencionais, que implicam muitas vezes a deslocação de equipamento pesado para o estaleiro.

## 4 | REVESTIMENTOS DE SUPERFÍCIES

A nanotecnologia como já se referiu é um tema que, pela sua importância e consequente reconhecimento do seu contributo numa perspetiva de sustentabilidade, é já considerada como uma nova revolução industrial, com fortes motivações socio económicas, sustentadas no elevado número de aplicações resultantes da manipulação controlada da matéria à escala nano, que tem vindo a constituir um impacto industrial evidente em todos os ramos da engenharia com repercussões na sociedade já a curto/ médio prazo (SMALLEY, R. *in Nanotechnology is the builder's final frontier*, LOBO, R. 2009: p. 11).

Com multifuncionalidades, os materiais nanoestruturados, como sejam os sistemas especiais de revestimento que oferecem proteção permanente, assumem especial importância, podendo ser limpos pelo menos 15 vezes, sem qualquer redução na sua eficácia. Com base principalmente em organossilanos funcionais - materiais híbridos constituídos pela combinação dos componentes orgânicos e inorgânicos que, normalmente apresentam propriedades complementares, dando origem a um único material com propriedades diferenciadas daquelas que lhes deram origem (JOSÉ, N. & PRADO, L. 2005, pp. 281-288).

Os silanos são um grupo de substâncias, constituídos por uma estrutura de silício e de hidrogénio. Através do processo conhecido como silanização, unem-se quimicamente às superfícies dos materiais, aumentando a sua funcionalidade. Com as suas propriedades adesivas os organossilanos funcionam como um agente de ligação, aumentando a força das ligações entre os materiais poliméricos e de metais, vidro ou materiais minerais, verificando-se particularmente uma melhoria das propriedades de tração de materiais sob a influência da humidade.

Materiais de ligação como adesivos e selantes para a indústria da construção civil, hidrofóbicos e fáceis de limpar são ótimos quando aplicados em fachadas, garantindo ainda proteção contra a corrosão metálica das superfícies. Revestimentos antigraffiti para proteção de fachadas, vêm reduzir recursos públicos para a sua remoção, de elevados custos, e a título de exemplo só na Alemanha os valores aproximam-se de 500 milhões de euros (SASCH, P. 2014, p. 127).

Os revestimentos autolimpantes são deveras significativos na arquitetura, permitindo alargar o período dos ciclos de limpeza, diminuindo significativamente os custos de manutenção. Materiais com auto cura e de longa duração, antibacterianos, com enzimas funcionais, purificadores de superfícies, revestimento aquecidos, vidros de metal, acústicos, fluidos expandidos e materiais de gradiente funcional, fibras de polímeros e têxteis óticos, materiais de direcionamento da luz, revestimentos antirreflexo, LED e OLED, materiais luminescentes, luz interativa, células eletroquímicas emissoras de luz – LEC, painéis fotovoltaicos orgânicos- OPV e aerogel, acrescentam a longa lista de nanomateriais já disponíveis para aplicação na arquitetura e construção (SASCH, P. 2014, pp. 122 - 185).

A reação fotocatalítica de nanomateriais é a aplicação mais conhecida dos materiais nanoestruturados no setor da Construção Civil. Existem vários semicondutores com capacidades fotocatalíticas, contudo o mais utilizado é o Dióxido de Titânio (TiO<sub>2</sub>) devido à sua baixa toxicidade e à sua estabilidade.

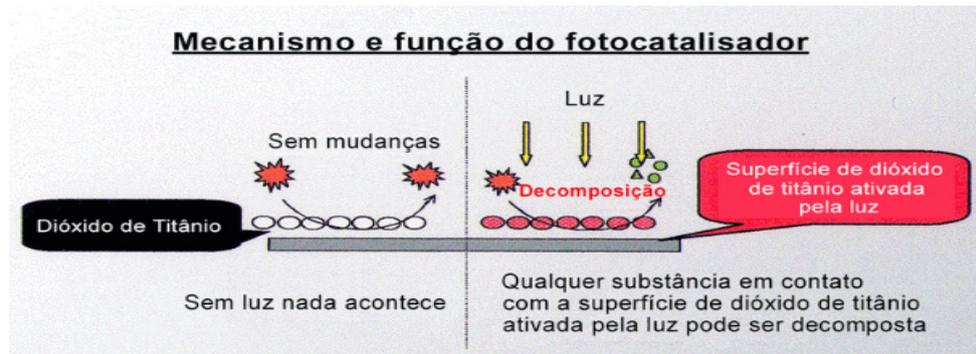


Figura 4: Mecanismo e função do Fotocatalisador.

Fonte: <http://www.fotocatalisador.com.br/fotocatalise.htm>, acessado em 20-06-2016

As nanopartículas de Dióxido de Titânio – TiO<sub>2</sub>, adicionadas a outros materiais, devido às suas propriedades de fotocatalise, fenômeno através do qual um composto, por efeito da luz e após ser excitado com energia de fótons, acelera a velocidade de uma reação química sem ser consumido (PARAMÉS, J. & BRITO, J. 2010, p.55-62), e que reagindo com a sujeira ou com outros compostos orgânicos e/ou inorgânicos, provocam a sua dissociação e a sua consequente desintegração, associado ao facto de que o TiO<sub>2</sub> quando sujeito à radiação ultra violeta [Fig. 4], reduz o ângulo de atrito interno da água, tornando a superfície hidrofóbica, conferindo um aumento das propriedades de autolimpeza [Fig. 5], e mantendo a sua superfície limpa durante mais tempo, dispensa assim o consumo de outros recursos energéticos, aumentando a sua sustentabilidade.

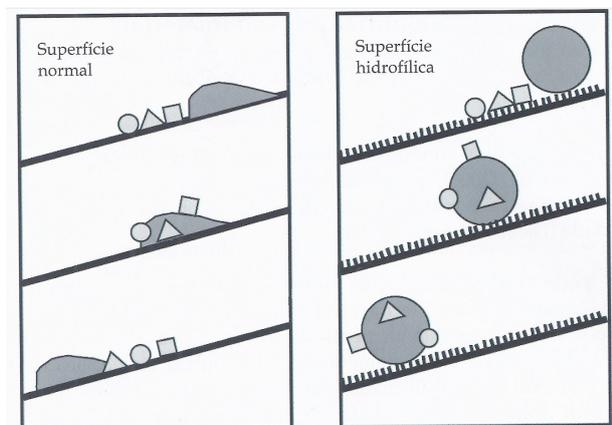


Figura 5: Representação esquemática do efeito de lótus.

Fonte: TORRAL, F. & JALADI, S. p.414

Desde há muito que se conhecem as capacidades hidrofóbicas de superfícies, com alguns exemplos da própria natureza, como acontece com a superfície da flor de lótus, em que a sua capacidade de autolimpeza se deve à composição da sua microestrutura.

A revista Nature publicou no ano de 1972 um artigo onde estão bem patentes no número de citações das potencialidades associadas à fotocatalise, além de um elevado número de artigos científicos de investigações nesta área, assistindo-se entre os anos 1997 e 2007 ao aumento exponencial de artigos científicos sobre esta área de investigação (TORGAL, F. & JALADI, S. p.413).

De importância inquestionável, esta nova tecnologia disponibiliza aplicações várias, sendo as de maior utilidade as que se apresentam em quadro sucinto, como sejam: tratamento de águas; aplicações anti embaciamento; redução da poluição do ar e de autolimpeza.

A adição de  $TiO_2$  em argamassas de gesso - 10% do seu volume, provoca a degradação de vários poluentes atmosféricos, passados poucos minutos de contacto, podendo ser utilizada em revestimentos exteriores e interiores, ficando apenas condicionada a sua eficácia à intensidade de radiação ultra violeta a que esteja sujeita, conseguindo-se reduções de 1/3 na concentração de Compostos Orgânicos Voláteis - COV's (Ibidem, pp. 419-428).

Outra das aplicações de relevante importância é a aplicação de materiais nanoestruturados com propriedades fotocatalíticas para destruição de fungos e bactérias. São os radicais hidroxilos OH os principais responsáveis pela capacidade bactericida na reação fotocatalítica, possuindo uma capacidade de destruição entre 1.000 a 10.000 vezes superior à aplicação de desinfetantes químicos (CHO et al., in Torgal, F. & Jaladi, S. 2010, pp. 428-433).

Com a aplicação de óxidos de estanho ( $SnO_x$ ), e de índio ( $InO_x$ ), enquanto materiais condutores e transparentes, conseguem-se obter a otimização dos valores de condutividade elétrica, mantendo-se a transparência no visível, com aplicações várias como monitores de ecrã plano, células solares de películas finas e de desembaciador transparente (PALMEIRA, P. 2011, p.19).

## 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise do trabalho ora apresentado permite-nos concluir que, não obstante serem inúmeras as oportunidades comerciais potencializadas pela Nanociência, a produção e aplicação de nanomateriais, apesar de possuírem comprovadas propriedades substancialmente melhoradas em comparação com materiais convencionais, não acompanha a publicação de inúmeros artigos científicos sobre o tema. Contudo é expectável que num curto espaço de tempo esta situação seja radicalmente alterada, não só com a passagem da fase experimental em que muitos materiais se encontram,

como também a vulgarização do uso de materiais Nanoestruturados na indústria da construção civil, cuja adaptação às novas tecnologias urge acontecer.

Divulgar e sensibilizar junto dos arquitetos, engenheiros e demais projetistas para a importância que os materiais compósitos nanoestruturados representam no âmbito da sustentabilidade, para a humanidade e para o meio ambiente, assim como apresentar aos promotores privados e/ou às entidades públicas proprietárias do património arquitetónico, as vantagens económicas que a médio/longo prazo resultantes do uso destes novos materiais, será um contributo para que uma nova tendência se afirme num futuro próximo, ou seja a aplicação alargada de materiais nanoestruturados em obras de reabilitação do edificado, numa intervenção que se quer mínima, pouco intrusiva, garantindo o princípio da reversibilidade, de forma a verificar o estabelecido nas principais cartas internacionais sobre conservação e restauro do Património, surgindo como um princípio basilar das recomendações do ICOMOS.

Com as comparações de resultados de trabalhos publicados que suportam a pesquisa, pretendeu-se o cruzamento de uma informação mais abrangente sobre o tema, visando o apuramento dos conceitos e ideias principais da tese em desenvolvimento, possibilitando uma seleção restringida ao que realmente interessa à investigação mais profunda que se pretende continuar. Sendo um tema em constante evolução, resultando no aumento exponencial a nível global onde surgem novos materiais nanoestruturados com novas potencialidades, na consulta realizada, com recurso a referências recentemente publicadas sobre o assunto, deu-se preferência - e por esta ordem, a artigos científicos, livros, teses, dissertações e conclusões de congresso ou de conferências internacionais.

## REFERÊNCIAS

Gonçalves, M. Clara & Margarido, F. (2012). *Ciência e Engenharia de Materiais de Construção*. Lisboa: IST Press.

Loos, Marcio (2014). *Nanociência e nanotecnologia: compósitos termofixos reforçados com nanotubos de carbono*. Rio de Janeiro: Editora Interciência Ltda.

Mass, W. et al (2015). *Barba - Live in the Fully Adaptable Environment*. Amsterdam: The Why Factory.

Moore, G. (2010). *Nanotecnologia em embalagens*. S. Paulo: Editora Edgar Blucher Ltda.

Neto, O. & Pacheco, M. et al (2012). *Nanotecnologia computacional inteligente: concebendo a engenharia em nanotecnologia*. Rio de Janeiro: Editora Interciência Ltda

Róz, A. et al (2015). *Técnicas de nanocaracterização: princípios e aplicações*. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda.

Sascha, P. (2014). *Material Revolution II – New sustainable and multi-purpose materials design and architecture*. Basel: Birkhäuser.

Schropfer, T. (2011). *Material Design – Informing Architecture by Materiality*. Basel: Birkhäuser.

Schuz, P. (2009). *A encruzilhada da nanotecnologia – Inovação, tecnologia e riscos*. Rio de Janeiro: Vieira & Lent casa editorial ltda.

Tirone, L. (2008). *Construção Sustentável*. Sintra: Tirone Nunes, SA.

Torgal, F & Jalali, S. (2010). *A sustentabilidade dos Materiais de Construção*. Vila Verde: Universidade do Minho.

## **BIBLIOGRAFIA CONSULTADA**

Amando, M. et al (2015). *Construção Sustentável – Conceito e Prática*. Casal de

Cambra: Caleidoscópio.

Appleton, J. (2011). *Reabilitação dos Edifícios – Patologias e Tecnologias de Intervenção*. Amadora: Edições Oríon.

Brandi, C. (2006) *Teoria do restauro*. Amadora: Edições Orion.

Borges, I., Gomes, T. & Engelmann, W. (2014). *Responsabilidade civil e nanotecnologias*. S. Paulo: Editora atlas S.A.

Choay, F. (2010). *Alegoria do Património*. Coimbra: Edições 70 Lda.

Choay, F. (2011). *As Questões do Património*. Lisboa: Edições 70 Lda.

Coias, V. (2007). *Reabilitação Estrutural de Edifícios Antigos*. Lisboa: Argumentum/Gecorpa

Cristina, I. et al (2014). *Responsabilidade civil e nanotecnologias*. S. Paulo: Editora Atlas S.A.

Engelsmann, S. et al (2010). *Plastics in architecture and construction*. Basel: Birkhäuser.

Lobo, R. (2009). *Nanotecnologia e Nanofísica* (Conceitos de Nanociência Moderna). Lisboa: Escolar Editora

Lopes, F. & Correia, M. (2004). *Património Arquitectónico e Arqueológico – Cartas,*

*Recomendações e Convenções Internacionais*. Lisboa: Livros Horizonte

Lima, E. (2014) *Nanotecnologia: biotecnologia e novas ciências*. Rio de Janeiro: Editora Interciência Ltda.

Moore, G. (2010). *Nanotecnologia em embalagens*. S. Paulo: Editora Edgar Blucher Ltda.

Motro, R. et al (2013). *Flexible Composite Materials – In architecture, construction and interiors*. Basel: Birkhäuser.

Moussa, S. (2013). *Nanotecnologia*. S. Paulo: Edição do autor.

Schuz, P. (2009). *A encruzilhada da nanotecnologia – Inovação, tecnologia e riscos*. Rio de Janeiro: Vieira & Lent casa editorial ltda.

## ARTIGOS EM FORMATO ELETRÔNICO

Alves, J. et al (2012) *Síntese de nanotubos de carbono a partir do bagaço da cana-de-açúcar*. [em linha] [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0370-44672012000300006](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-44672012000300006), acessado em 30-08-2015.

Azevedo, A. (2014). *A Importância da Cor na Reabilitação Sustentável das Construções*

Materiais de Construção Sustentáveis, Volume 2: pp.733-741). [em linha] <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/31159>, acessado em 30-08-2015.

Gomes, M. 2014, in *Obras Públicas Sustentáveis*, Materiais de Construção Sustentáveis, Volume 2: pp.523-531). [em linha] <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/31159>, acessado em 30-08-2015.

José, N. & Prado, L. 2005, *Materiais Híbridos Orgânico-Inorgânicos: Preparação e Algumas Aplicações*. Química Nova, Vol. 28, Nº. 2, pp. 281-288. [em linha] em <http://www.scielo.br/pdf/qn/v28n2/23651.pdf>, acessado em 30-08-2015.

Lucas, S. et al (2014) *Novos materiais de construção com tecnologias avançadas*. Materiais de Construção Sustentáveis, Volume 1: pp.71-77). [em linha] em <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/31367>, acessado em 30-08-2015.

Matos, B. et al (2014) *A relação entre as técnicas, materiais e conforto ambiental na concepção da arquitetura Luso-Brasileira*. Materiais de Construção Sustentáveis, Volume 1: pp.115-127). [em linha] em <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/31367>, acessado em 30-08-2015.

Neto, E. et al (2014). *Efeitos da proteção antigraffiti na durabilidade do betão*. Materiais de Construção Sustentáveis, Volume 2: pp.449-459). [em linha] em <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/31159>, acessado em 30-08-2015.

Pappalardo, J. et al (2014) *Estudo sobre vigas de betão armado reforçadas com tecidos de fibra*, Materiais de Construção Sustentáveis, Volume 2: pp.709-719). [em linha] <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/31159>, acessado em 30-08-2015.

Paramés, J. &, Jorge de Brito, J. (2010). *Materiais de construção nanotecnológicos de auto-limpeza*, disponível em Teoria e Prática na Engenharia Civil, n.15, p.55-62, Abril, 2010. [em linha] em [http://www.editoradunas.com.br/revistatpec/Art6\\_N15.pdf](http://www.editoradunas.com.br/revistatpec/Art6_N15.pdf), acessado em 30-08-2015

Torgal, F. (2010). *Considerações sobre a sustentabilidade dos materiais de construção*. [http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/13957/1/CM\\_Materiais\\_2010.pdf](http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/13957/1/CM_Materiais_2010.pdf), acessado em 30-08-2015.

## **SOBRE OS ORGANIZADORES**

**Franciele Braga Machado Tullio** Engenheira Civil (Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG/2006), Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho (Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR/2009, Mestre em Ensino de Ciências e Tecnologia (Universidade Tecnológica federal do Paraná – UTFPR/2016). Trabalha como Engenheira Civil na administração pública, atuando na fiscalização e orçamento de obras públicas. Atua também como Perita Judicial em perícias de engenharia. E-mail para contato: francielebmachado@gmail.com

**Leonardo Tullio** Engenheiro Agrônomo (Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais- CESCAGE/2009), Mestre em Agricultura Conservacionista – Manejo Conservacionista dos Recursos Naturais (Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR/2016). Atualmente, é professor colaborador do Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG, também é professor efetivo do Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais – CESCAGE. Tem experiência na área de Agronomia – Geotecnologias, com ênfase em Topografia, Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto. E-mail para contato: leonardo.tullio@outlook.com

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-85107-71-0



9 788585 107710