

ASPECTOS RELEVANTES DA NANOTECNOLOGIA E A SUA APLICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Emílio dos Reis Lima Neto – lima.emilio@yahoo.com.br
MASTER EM ARQUITETURA
Instituto de Pós-Graduação - IPOG
Aracaju, SE, 12/04/2013

Resumo

O presente trabalho objetiva estudar os aspectos gerais da Nanotecnologia, bem como, a sua aplicação na Construção Civil. Nanotecnologia, dito de forma simples, é uma ciência relacionada à manipulação da matéria ao nível molecular, visando a criação de novos materiais, substâncias e produtos, com uma precisão de átomo a átomo. A Nanotecnologia está emergindo como a próxima revolução tecnológica, com eventuais efeitos sobre todos os aspectos da vida. De ambientalistas a estrategistas militares, há o consenso de que o crescimento da capacidade da construção molecular mudará profundamente o mundo atual. Atrelado a isso está a sua utilização na Construção Civil, que apesar de ser caracterizada como tecnologicamente conservadora, pode obter grandes benefícios com os crescentes desenvolvimentos alcançados na área da nanotecnologia, tanto pela possibilidade de utilização de materiais com melhores propriedades e maior qualidade quanto pela incorporação de novos materiais com características totalmente inovadoras, sendo os resultados obtidos com auxílio da nanotecnologia, em termos de valor acrescentado, impossíveis de serem alcançados com o emprego de abordagens tradicionais. Assim, objetivando propiciar uma melhor visão dos principais desenvolvimentos e das potencialidades da nanotecnologia na área da engenharia civil, neste projeto são brevemente revisadas suas principais aplicações na indústria da construção, sendo mencionados, de entre outros, novos compósitos com propriedades mecânicas mais adequadas, novos materiais com melhores propriedades físicas, químicas, elétricas e térmicas, melhor comportamento ao fogo e propriedades de auto-limpeza, tintas obtidas com a adição de nano partículas e novas capas de proteção estrutural. Conclui-se o trabalho com uma análise do tema, suas vantagens e desvantagens e uma indicação de diretrizes visando posicionar o profissional da Construção Civil em meio a essa revolução.

Palavras-chave: Nanotecnologia. Construção Civil. Nanopartículas. nanomateriais.

1. Introdução

A nanotecnologia é uma tecnologia que já faz parte da vida das pessoas há muito tempo. A nanotecnologia está sendo apontada como a mais recente das inovações tecnológicas que vai alterar radicalmente as tecnologias em muitas áreas, na informática, na saúde, na área militar, na energia e na construção civil.

Falar de nanotecnologia é destacar que a tecnologia está presente nas ações humanas, sendo propícia ao desenvolvimento como também põe o meio ambiente em risco. As nanotecnologias, técnicas de manipular a matéria na dimensão do átomo, deriva à amplitude

de suas aplicações e ao potencial de inovação, podem ser consideradas um dos pilares da nova revolução tecnológica do século XXI. Essa nova tecnologia é apontada como uma oportunidade ímpar para o desenvolvimento econômico, colocando a sociedade diante da incerteza quanto aos riscos para o meio ambiente e à saúde humana (ENGELMANN & FILHO, 2010, p. 51).

A nanotecnologia se fundamenta no desenvolvimento de técnicas e de ferramentas adequadas para posicionar átomos e moléculas em locais previamente estabelecidos, de maneira a obter estruturas e materiais de interesse. Para tanto, estão sendo constantemente desenvolvidos instrumentos adequados para trabalhar nessa escala microscópica.

Para Dulley (2011), a nanociência e a nanotecnologia são campos muito amplos e interdisciplinares que estende o estudo dos materiais para o domínio de partículas e interfaces com dimensões extremamente pequenas. Isso ocorre de tal forma que o interesse, a criação, a exploração, o desenvolvimento, o aproveitamento e o desejo de compreender e controlar o mecanismo que rege a organização e as propriedades destes materiais promoveram o envolvimento de diversas áreas do conhecimento.

Assim, a física, a química, a biofísica, a bioquímica, além da ciência de materiais, da ciência da computação e da medicina envolvem-se neste campo. Entretanto, apenas uma parte deste campo, na qual está inserida a Física de Materiais, concentra-se no estudo e criação de novos materiais no estado sólido e de dispositivos com estruturas e propriedades físicas melhoradas, afirma o autor.

Uma das aplicações da Nanotecnologia está na Construção Civil, uma vez que ela pode tornar os materiais mais leves e resistentes, utilizando-se para isso de menos matérias-primas e energia. Muitos são os benefícios e as aplicações que a Nanotecnologia pode trazer para a sociedade e o meio ambiente. Mas, também é importante ressaltar os riscos que a má utilização desta tecnologia pode acarretar se não forem traçadas metas que acompanhem esse desenvolvimento e crescimento.

A sociedade está à margem dessa nova revolução. E a maioria das informações que chegam, são filtradas pela propaganda positiva. Para ter uma posição sobre a nanotecnologia, é urgente e necessário conhecer o que ela é, seus impactos e as ameaças que representa, bem como o que está acontecendo em nível global nesse sentido.

2. A relevância da Nanotecnologia na sociedade

O físico Albert Einstein foi um dos primeiros a calcular o tamanho das moléculas. Na sua tese de doutoramento, intitulada "Uma nova determinação das dimensões moleculares", entregue em 1905 e que se veio a revelar o seu trabalho mais citado desse ano apesar de concorrer diretamente com os trabalhos inaugurais da teoria da relatividade, chegou à conclusão de que o raio de uma molécula de açúcar (sucrose) era de 0,62 nanômetros, tendo, portanto um tamanho intermédio entre o do diâmetro da molécula de DNA e o da molécula de água. O nanômetro é, portanto, a unidade adequada para medir os numerosos e variados habitantes do reino das moléculas.

Em 1959, em uma palestra no Instituto de Tecnologia da Califórnia, o físico Richard Feynman, sugeriu que os átomos poderiam ser organizados, conforme a necessidade, desde que não houvesse violações às leis da natureza. Com isso, materiais com propriedades

inteiramente novas poderiam ser criados. De acordo com a proposta de Feynman, através da Nanotecnologia é possível criar materiais e desenvolver produtos e processos baseados na capacidade da tecnologia moderna de ver e manipular átomos e moléculas. Nanotecnologia não é uma tecnologia específica, mas todo um conjunto de técnicas baseadas na Física, Química, Biologia, na Ciência e Engenharia de Materiais e na Computação, que visam estender a capacidade humana de manipular a matéria até os limites do átomo.

No Brasil, a nanotecnologia é extremamente importante porque traz a possibilidade de impulsionar seu comércio exterior através do desenvolvimento de novos produtos fazendo com que a economia cresça cada vez mais. Tal objetivo só será possível com produtos e processos inovadores, que se comparem aos melhores que a indústria internacional oferece.

Este capítulo retrata justamente os aspectos principais da nanotecnologia, seu conceito, suas vantagens, seus riscos o que ela propõe e quais os benefícios que o seu desenvolvimento pode alcançar.

2.1 Definições e aspectos importantes da Nanotecnologia

O conceito de nanotecnologia deriva do prefixo grego “nânos”, que significa anão e de técnica equivale a ofício e logot, a conhecimento. O ponto de partida o termo nanotecnologia refere-se ao tamanho da intervenção humana sobre a matéria.

Segundo Durán, Mattoso e Moraes (2006, p.19):

“[...] nano é um termo técnico usado em qualquer unidade de medida, significando um bilionésimo dessa unidade, por exemplo, um nanômetro equivale a um bilionésimo de um metro ($1\text{nm} = 1/1.000.000.000\text{m}$) ou aproximadamente a distância ocupada por cerca de 5 a 10 átomos, empilhados de maneira a formar uma linha [...].”

Ou seja, "nano" é uma medida, não um objeto. Nanotecnologia pode ser conceituada como um conjunto de técnicas utilizadas para manipular átomo por átomo para a criação de novas estruturas em escala nanométrica. Essa manipulação decorre, especialmente, da evolução dos microscópios atômicos que podem escanear e perceber a estrutura de átomos e moléculas.

As manipulações na escala nanométrica (menor que 100 nanômetros) lidam com mudanças surpreendentes das propriedades da matéria, devido aos "efeitos quânticos". Observados em nanoescala os materiais podem exibir características diferentes das substâncias em escala micro ou macro, tais como: novas propriedades mecânicas, materiais que se tornam mais resistentes, mais fortes, mais leves, mais elásticos; novas propriedades óticas que possibilitam o controle da cor da luz pela escolha seletiva do tamanho do nano objeto (lasers, diodos com frequências diferentes e apropriadas a diversos usos); novas propriedades magnéticas que aperfeiçoam os usos na eletrônica, em computadores e nas telecomunicações. (DURAN, MATTOSO & MORAIS, 2006, p.21).

De acordo com Schulz (2008, p.36), a Nanociência é uma nova área de conhecimento. Tem total relação com modelos e técnicas de disciplinas como Física, Química, Biologia e Computação, chamada inclusive como “supra-ciência”. Essa relação existe pelo fato de que as soluções nanológicas auxiliam estas áreas a resolver problemas que não teriam resolução sem

elementos nanotecnológicos.

A nanociência e a nanotecnologia, essencialmente interdisciplinares, potencializam a “nova convergência tecnológica” decorrente da combinação sinérgica de diferentes áreas do conhecimento, com um imenso potencial de inovação.

“O poder real da ciência da nanoescala é a convergência de diversas tecnologias – incluindo biotecnologia, ciências cognitivas, informática, robótica etc., com a nanotecnologia como o possibilitador chave. A lógica da convergência tecnológica está no fato de que os blocos básicos de construção de toda a matéria, fundamental para todas as ciências, tem sua origem em nanoescala.” (ETC, 2002 p. 23)

Entre as principais apostas da nanotecnologia está a sua vinculação às ciências de manipulação da vida (biologia molecular e bioengenharia). Tecnologias convergentes possibilitam o estudo e a criação de novas estruturas e organismos a partir da interação entre sistemas vivos e sistemas artificiais a ponto de falar-se em biologia sintética.

Na agricultura, segundo a revista *Societal Implications of Nanoscience and Nanotechnology*, citada por Dulley (2006, p. 227) a nanotecnologia contribuirá diretamente com diversas inovações tecnológicas, a partir de:

- a) químicos molecularmente engenheirados destinados a plantas nascentes e como proteção contra insetos;
- b) melhoramentos genéticos em plantas e animais;
- c) transferência de genes e drogas em animais;
- d) tecnologias baseadas em nanodispositivos para testes de DNA, os quais, por exemplo, permitirão a um cientista saber quais genes são expressos em uma planta quando ela é exposta ao sal ou às condições estressantes da seca;
- e) na produção de materiais para a construção civil, com menos gasto de energia e matéria-prima.

Além da manipulação da vida e a aplicação agrícola da nanotecnologia, já é possível a aplicação de insumos utilizando estruturas engenheiradas na nanoescala que implica encapsulamento do ingrediente ativo em uma espécie de minúsculo “envelope” ou “concha”. Inclui-se nessa tecnologia a possibilidade de controle das condições nas quais o princípio ativo deve ser liberado diretamente nas plantas. (DULLEY, 2006, p. 227).

As perspectivas abertas pela Convergência Tecnológica são incomensuráveis, mas não são menores os temores que ele inspira para os mais pessimistas, ou mais prudentes.

2.2 As Nanopartículas

As nanopartículas (NPs) são sistemas nos quais a matéria se encontra com no mínimo uma dimensão em escala nanométrica – ou seja, entre 1 e 100 nm – e apresenta quantidades de átomos e moléculas suficientemente elevadas. Estes sistemas geralmente exibem propriedades diferenciadas em relação a um material sólido estendido (bulk). Há várias maneiras das propriedades ópticas, magnéticas, elétricas e etc. de serem afetadas pelo tamanho de partícula (FERREIRA, 2010, apud SCHMID, G., 2004). Normalmente, as

mudanças mais significantes nas propriedades desses materiais ocorrem quando as partículas têm um tamanho compreendido na faixa de 1-10 nm. Tais mudanças são conhecidas como confinamento quântico (efeitos quânticos de tamanho), e sua origem está diretamente relacionada ao tipo de ligação química do cristal (FERREIRA, 2010, apud MANZOOR, 2009).

Algumas das propriedades únicas das NPs, como por exemplo, uma grande proporção superfície/volume, elevadas propriedades térmicas e condutividade elétrica, abrem uma gama de possibilidades para a fabricação de novos materiais no estado sólido e de dispositivos que apresentam melhores propriedades físicas, advindas da interação entre NPs próximas. (FERREIRA, 2010, apud RODRÍGUEZ, J. A. e FERNÁNDEZ-GARCÍA, M., 2007).

Os materiais criados partindo da escalas nanométricas são chamados de nanomateriais, para se obter esses materiais, diariamente técnicas e ferramentas são desenvolvidas para colocar cada átomo e cada molécula no lugar desejado. Um tipo de nanomaterial utilizado na área de nanotecnologia são as nanopartículas (NPs), as quais são definidas como partículas coloidais sólidas variando em tamanhos de 1 a 100 nm e que podem ser compostas a base de carbono, metais, polímeros e fosfolípidios (CAROL, 2009).

As nanotecnologias devem ser desenvolvidas de uma forma segura e responsável. Os princípios éticos devem ser respeitados e os riscos potenciais para a saúde, a segurança ou o ambiente devem ser estudados cientificamente, tendo também em vista a preparação de uma possível regulamentação. É necessário estudar e ter em conta os impactos sociais.

2.3 Aplicações da Nanotecnologia

A nanotecnologia possibilita a fabricação de produtos com características diferenciadas ao manipular a estrutura molecular, alterando a geometria ou “arquitetura” da composição das moléculas dos materiais. A partir desta modificação geométrica, os elementos adquirem características físico-químicas diferentes das “tradicionais”, ou seja, diferentes daquelas conhecidas no tamanho em que aparecem na natureza. É possível tomar como exemplo o caso do diamante e da grafite. Os dois são feitos de carbono (C): a arrumação distinta das moléculas de carbono dá as características de um e de outro. Na nanotecnologia é possível transformar materiais: nanotubos de carbono são rígidos, chegando a ser 100 vezes

mais resistentes que o aço e, ao mesmo tempo, seis vezes mais leve, sendo condutores ou supercondutores elétricos. (IEEP, 2007).

May (2007, p.164), explica que já existem vários produtos no mercado que utilizam nanotecnologia, sem o conhecimento da sociedade, uma vez que os produtos não são rotulados e não há regulamentação específica. Entre esses produtos encontram-se tecidos resistentes a manchas e que não amassam; raquetes e bolas de tênis com maior durabilidade; capeamento de vidros e aplicações antierosão a metais; filtros de proteção solar; materiais para proteção contra raios ultravioleta; tratamento tópico de herpes e fungos; produtos para limpar materiais tóxicos; produtos cosméticos; aditivos de alimentos; sistemas de filtros para ar e água, geladeiras e máquinas de lavar roupa com ação antibactericida.

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) vem trabalhando com nanotecnologia em vários centros de pesquisa e já lançou alguns produtos. Um deles é a

língua eletrônica, um dispositivo que alia sensores químicos de espessura nanométrica com um programa de computador que detecta sabores e aromas e servirá para o controle de qualidade e certificação de vinhos, sucos, cafés e outros produtos.

Segundo Schulz (2008, p.157), no futuro próximo a nanotecnologia poderá fabricar alguns dos seguintes produtos: tecidos “inteligentes” que variam na sua capacidade de refletir ou de absorver calor; revestimentos muito fortes para veículos para redução da quebra ou de amassamento nas colisões; couraça leve a prova de balas para roupas civis, militares e da polícia; exteriores de construções que conseguem “respirar” para permitir a passagem de ar; superfícies de roupas ou construções que podem mudar de cor em resposta à mudança do tempo. Com o surgimento de “folhas” de nanomateria em grande escala será possível produzir barcos, cascos de navios, aviões e aeronaves com “peles” especiais.

2.4 Os riscos e precauções da Nanotecnologia

O risco da nanotecnologia se potencializa na medida em que avançam suas aplicações, sem ocorrer o mesmo com as pesquisas voltadas para análise de suas conseqüências sociais, econômicas e ambientais. A falta de informação acerca dos efeitos nocivos das inovações tecnológicas no meio ambiente e na saúde humana serve de argumento para medidas de prudência. (EURORESIDENTES, 2000).

Dito de outra forma, a incerteza científica quanto aos danos potenciais das diversas aplicações da nanotecnologia não é justificativa para a inação. A omissão de hoje pode gerar danos sérios e irreversíveis no futuro. Não se deve negligenciar o princípio da precaução como importante fundamento na discussão de políticas de gestão de risco e regulamentação da nanotecnologia.

Para Duran, Mattoso e Moraes (2006, p.227), é de suma importância o debate sobre a necessidade de regulamentação estatal e as possibilidades de auto-regulação dos usos da nanotecnologia. Nesse sentido, a criação de normas jurídicas é fundamental e a auto-regulação deve ser vista como complementar.

Para poder usufruir dos enormes benefícios da nanotecnologia molecular, é imprescindível defrontar os riscos e resolvê-los. A chegada repentina da fabricação molecular poderá não dar tempo suficiente para ajustar-se à suas implicações. Por essa razão, é imprescindível uma preparação adequada.

A Revista Nanotecnologia já identificou alguns dos riscos mais preocupantes da nanotecnologia. Alguns deles suportam riscos existenciais, ou seja, podem ameaçar a continuidade da humanidade. No entanto, outros poderiam causar grandes mudanças sem a destruição da nossa espécie. As combinações de diversos riscos poderiam piorar a gravidade de cada um. Cada solução deve ter em conta o impacto que teria sobre outros riscos.

Uma série de atitudes preventivas e pró-ativas por parte dos profissionais envolvidos direta e indiretamente com o manuseio de espécies nanométricas, aliadas a uma atuação consciente, responsável e baseada na utilização das melhores práticas disponíveis numa atuação direta e conjunta da engenharia de segurança e medicina do trabalho, engenharia de processo/produção e pesquisa e desenvolvimento são pontos-chaves para o sucesso da implantação e utilização da nanotecnologia nos processos industriais de forma

ESPECIALIZE

ASPECTOS RELEVANTES DA NANOTECNOLOGIA E A SUA APLICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Dezembro/2013

segura.

Não se pode perder de vista que, em função de seu diminuto tamanho e elevada área superficial, as propriedades e o comportamento dos nanomateriais exigem mudanças e modificações na concepção dos processos e produtos. A redução, minimização e eliminação dos riscos envolvidos nas diversas etapas e atividades laborais envolvendo o contato dos trabalhadores com nanopartículas, são as etapas mais importantes para a garantia de que a nanotecnologia possa ser utilizada de forma completamente segura.

Alguns dos riscos têm origem na falta de pouca regulação, outros, porém, na sua excessiva regulação. Por essa razão, deve-se evitar a tentação e impor soluções aparentemente óbvias e simples em problemas únicos. A própria descoberta de alguns possíveis perigos da nanotecnologia é tão grande que a sociedade não poderá assumir o risco de diferentes métodos para impedi-lo. Não podemos tolerar uma fuga de auto-replicadores (gray goo) ou a corrida inconstante de armas fabricadas através da nanotecnologia.

No Brasil, é preciso que os movimentos sociais e as organizações da sociedade civil façam um amplo debate e exijam que o Estado cumpra seu papel regulador. Apenas à indústria interessa o entendimento de que a regulamentação que existe é suficiente para regular os produtos nanotecnológicos, pois, como vimos neste breve material, a mudança para a escala nanométrica de manipulação altera de maneira substancial os produtos resultantes.

2.5 A nanotecnologia aplicada em problemas enfrentados pela sociedade

Segundo Fortunato (2005, p. 6), as nanociências são frequentemente designadas como ciências transversais ou horizontais, dado poderem permear virtualmente todos os setores tecnológicos. Reúnem frequentemente diferentes domínios da ciência e beneficiam com uma abordagem indisciplinar ou “convergente”, esperando-se que resultem em inovações que possam contribuir para a resolução de muitos dos problemas que a sociedade enfrenta atualmente, sendo relevante de destacar no quadro abaixo, as seguintes:

ÁREA DE APLICAÇÃO	PRINCIPAIS EFEITOS
-------------------	--------------------

ESPECIALIZE

ASPECTOS RELEVANTES DA NANOTECNOLOGIA E A SUA APLICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Dezembro/2013

Medicina	Meios de diagnóstico miniaturizados que possam ser implantados para um diagnóstico precoce de doenças. Os revestimentos de base nanotecnológica podem melhorar a bioatividade e biocompatibilidade de implantes;
Informática	Meios de armazenamento de dados com densidades de gravação muito elevadas (por exemplo, HD de 1 Terabite) e novas tecnologias de visores plásticos flexíveis, além do uso da computação quântica que poderá abrir novas vias que ultrapassam as atuais tecnologias de informação e telecomunicações;
Energia	Novas células de combustível ou de sólidos nanoestruturados leves com potencial para um armazenamento eficiente de hidrogênio. Desenvolvimento de células solares fotovoltaicas eficientes de baixo custo (por exemplo, “pintura solar”). Poupanças de energia decorrentes de progressos em nanotecnologias que permitam um melhor isolamento e transporte, bem como uma iluminação mais eficiente;
Ciência dos Materiais	As superfícies podem ser modificadas com a utilização de nanoestruturas, de forma a torná-las, por exemplo, à prova de riscos, impermeáveis, limpas ou estéreis; O desempenho dos materiais em condições extremas pode ser significativamente melhorado, o que fará avançar, por exemplo, as indústrias automóvel, aeronáutica e espacial;
Escala Nanométrica	Conceitualmente, há duas vias principais: a primeira parte dos microsistemas (“abordagem descendente”) e a segunda imita a natureza ao construir estruturas que partem do nível atômico e molecular (“abordagem ascendente”).
Instrumentação	Para o estudo das propriedades da matéria à escala nanométrica já está a ter um importante impacto direto e indireto que está a estimular progressos numa vasta gama de sectores. A invenção do microscópio de varrimento com efeito de túnel é um marco importante no surgimento das nanotecnologias.
Alimentos, água e ambiente	A investigação sobre alimentos, água e ambiente pode avançar com progressos derivados das nanotecnologias, incluindo ferramentas para a detecção e neutralização da presença de microrganismos ou pesticidas. O desenvolvimento de métodos corretivos derivados das nanotecnologias pode permitir a reparação de danos ambientais e a despoluição;

Segurança	Pode ser melhorada através de novos sistemas de detecção de elevada especificidade que proporcionem um alerta precoce da presença de agentes biológicos ou químicos, até mesmo ao nível da molécula. Uma melhor proteção da propriedade, como notas de banco, poderia ser conseguida através da nanoidentificação. Estão também a serem desenvolvidas novas técnicas criptográficas para a comunicação de dados.
------------------	--

Fonte eletrônica: http://dei-s1.dei.uminho.pt/nanotec/download/6._Nanotecnologias.pdf

2.6 O futuro da Nanotecnologia

A nanotecnologia é uma das promessas para melhorar a qualidade de vida do ser humano. A expectativa é que ela possa gerar produtos e processos mais eficientes e econômicos, com menor gasto de energia e menos agressivos ao meio ambiente. Mas, para que isso se torne realidade é necessário ultrapassar a barreira da pesquisa e, só então, entrar na fase de fabricação e possível comercialização.

A pesquisa em nanossistemas concentra um gigantesco esforço científico para entender e explorar sistemas muito pequenos. A industrialização de nanocircuitos, ou nanodispositivos, requer a avaliação precisa de aspectos como a confiabilidade e tempo de vida dos produtos. Contudo, o conhecimento sobre propriedades mecânicas dos nanossistemas (atrito, resistência, deformação, fadiga e quebras), ou sobre como manipulá-los é ainda pequena, o que abre um vasto campo de trabalho e pesquisa científica na área da miniaturização. (JORDAO, 2009, p.157).

A nanotecnologia deve ter seu maior impacto na indústria médica. Pacientes beberão líquidos contendo nanorrobôs programados para atacar e reconstruir a estrutura molecular das células do câncer e dos vírus. Há até uma especulação de que os nanorrobôs poderiam atrasar ou reverter o processo de envelhecimento, e a expectativa de vida poderia aumentar significativamente.

Os nanorrobôs também poderiam ser programados para realizar cirurgias delicadas - como nanocirurgiões, eles trabalhariam num nível milhares de vezes mais preciso que o mais afiado dos bisturis. Ao trabalhar em uma escala tão pequena, um nanorrobô poderia operar sem deixar as cicatrizes que uma cirurgia convencional deixa. Além disso, os nanorrobôs poderiam mudar sua aparência física. Eles poderiam ser programados para realizar cirurgias cosméticas, rearranjando seus átomos para mudar suas orelhas, seu nariz, sua cor de olho ou qualquer outra característica física que você desejasse alterar.

Na realidade, a Nanotecnologia trata-se de uma Revolução para a Humanidade porque seu desenvolvimento científico e sua manipulação tecnológica modificarão e reinventarão materiais e processos em todas as áreas do conhecimento.

Jordão (2009), explica que estruturas poderão ser trabalhadas a níveis molecular e atômico, podendo auto organizar-se e realinhar-se em resposta a estímulos externos. Materiais Nano-Estruturados como o nano-aço poderão ser 100 vezes mais fortes e resistentes, enquanto ainda mais leves que o Aço de hoje. Isso exigirá muito, muito menos energia.

Novos produtos poderão ser bem mais resistentes a altas e baixas temperaturas do que os materiais hoje conhecidos. E diversas dessas propriedades poderão ser manipuladas e combinadas.

3. A Nanotecnologia a serviço da Construção Civil

A construção civil é uma atividade que ajuda a elevar o crescimento econômico e que através da nanotecnologia, pode impulsionar ainda mais esse setor. Através dessa nova tecnologia podem-se produzir materiais mais leves e resistentes além de reduzir significativamente o consumo de matéria-prima e energia. Embora existam alguns materiais fabricados com essa tecnologia, esse estudo focará nos dois produtos que estão intensificadamente sendo estudados. Este capítulo dedica-se a esse estudo, além de focar os principais produtos e benefícios que a nanotecnologia acarreta para a construção civil.

Nos últimos anos, uma enorme quantidade de estudos vem sendo feita no sentido de concretizar as novas idéias que surgem na área de nanotecnologia. Mesmo assim, apesar dos avanços alcançados, ainda há muito a ser feito. O impacto da nanotecnologia é bastante penetrante em diversas áreas, inclusive na construção civil.

O desenvolvimento da ciência em nanoescala encontra-se principalmente na fase pré-competitivas e espera-se que muitas aplicações de destaque nesse campo surjam nos próximos anos.

A colaboração internacional em pesquisa fundamental, os desafios técnicos de longo prazo, a metrologia, educação e os estudos sobre as implicações societárias relatando os benefícios ou danos que a nanotecnologia poderá trazer à sociedade e ao meio ambiente desempenharão um papel importante na afirmação e no seu crescimento.

Os materiais nanoestruturados apresentam grandes promessas e oportunidades para uma nova geração de materiais com propriedades controladas e otimizadas, para diferentes aplicações.

No quadro abaixo é possível analisar os principais materiais utilizados na construção civil produzidos com a ajuda da nanotecnologia:

Revista On-Line IPOG

ESPECIALIZE

ASPECTOS RELEVANTES DA NANOTECNOLOGIA E A SUA APLICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Dezembro/2013

MATERIAL	CARACTERÍSTICAS E BENEFÍCIOS
----------	------------------------------

Nanotubos de Carbono	Estruturas cilíndricas formadas por uma ou mais camadas de carbono; Cinco vezes mais forte que o aço; Capacidade de armazenamento de hidrogênio; Condutores elétricos ou semicondutores; Os nanotubos de carbono podem desempenhar papel parecido com o dos cabos de aço, atuando como elemento de proteção do concreto em escala nanoscópica.
Revestimentos	Impermeabilizantes; Argamassas poliméricas; Adesivos e Selantes; Lubrificantes atóxicos;
Concreto	Redutor de porosidade e esforço estrutural do cimento; Resistência mecânica; Condutividades elétricas e térmica superiores; Indicado para utilização em obras de grande porte; Devido à redução da porosidade, poderá ser utilizado em obras submarinas.
Telhas	Pode chegar a substituir o amianto; Já se consegue obter um material resistente que reduz a quantidade de amianto utilizada.
Tubos e Conexões	Constituídos de nanocompósitos de PVC; Reação de polimerização obtida diretamente nos reatores; Resistência à tração; Resistência ao impacto e abrasão; Melhoram o desempenho do PVC ao fogo.
Esquadrias	A camada nanocerâmica aumenta a adesão da tinta de acabamento; Protege a superfície metálica contra corrosão; É isenta de metais pesados e fósforo; Não contém componentes orgânicos voláteis (VOC); Utiliza menos água e energia em todo processo; A utilização de nanocerâmicos gera resíduos de baixa toxicidade.
Película Solar	Composta de 240 nanofilmes; Proporciona maior conforto térmico; Redução do consumo de energia elétrica; Retenção de raios ultravioleta e infravermelho; Resistência ao rasgo e ao impacto.
Tintas	As gotas de água formam glóbulos esféricos; Superfícies rugosas em nanoescala fixam a sujeira; A água passa e leva a sujeira.

Fonte eletrônica: www.ecopress.org.br

3.1 O desenvolvimento do cimento através da nanotecnologia

A primeira revolução do concreto ocorreu em 1928, quando surgiu o concreto

ESPECIALIZE

ASPECTOS RELEVANTES DA NANOTECNOLOGIA E A SUA APLICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Dezembro/2013

protendido. Já a segunda revolução, está em curso. Ela nasce a partir da descoberta da nanotecnologia, e com as experiências bem sucedidas de acrescentar nanotubos de carbono ao cimento. O material resultante desta mistura tem surpreendido os pesquisadores, pois permite produzir um concreto com altíssima resistência.

Isso se deve às características peculiares da molécula do carbono, a matéria-prima da nanotecnologia. Trata-se de elemento com excelente resistência mecânica e condutividade elétrica e térmica considerada excepcional. A partir dela, é gerado o nanotubo – uma estrutura cilíndrica formada por átomos de carbono, cujo diâmetro não ultrapassa a bilionésima fração do metro (um nanômetro).

A adição de nanotubos ao cimento Portland (cimento composto de clínquer e de adições que distinguem os diversos tipos existentes, conferindo diferentes propriedades mecânicas e químicas a cada um) é como se microscópicos cabos de aço fossem acrescentados ao material, gerando uma proteção no concreto que pode chegar a 200 MPa (mega Pascal).

O produto final, que no Brasil ainda se limita aos laboratórios, já é apontado como o ideal para obras de infraestrutura e construções submarinas, devido à baixa porosidade.

O cimento-nanotubo de carbono, como cientificamente é chamado, ainda não chegou ao mercado devido ao alto custo de sua produção. Quando as pesquisas começaram, comparativamente um saco de 50 quilos não saía por menos de mil vezes mais do que uma embalagem do produto convencional.

Os estudos atualmente são para melhorar esta relação custo-benefício. Neste sentido, um dos trabalhos com melhor resultado ocorre na UFMG (Universidade Federal de Minas Gerais).

O Laboratório de Nanomateriais do Departamento de Física da UFMG desenvolveu um método em que os nanotubos são gerados a partir da produção do próprio cimento Portland. Através desse método percebeu-se que o clínquer, componente básico do cimento Portland, é um agente fértil para a geração de nanotubos.

Como o clínquer é resultante de processo de calcinação em altas temperaturas, torna-se um bom suporte para o ancoramento de nanopartículas de metais de transição. Assim, conseguiu-se enriquecer o clínquer diretamente.

Com a experiência da UFMG, o custo para gerar o cimento-nanotubo de carbono caiu para quatro vezes mais do que a produção de um cimento Portland convencional. Com isso, já foi obtido o registro de patente nacional do material e agora ele passa por uma série de avaliações para especificar propriedades e conjunto de aplicações.

Parte dos testes ocorre no Inmetro (Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial), que hoje no Brasil é considerado um centro de excelência no campo da nanotecnologia com base no carbono. Essa área contempla os nanotubos, onde a instituição é uma das cinco em todo mundo que desenvolvem um padrão de qualidade para a produção deste material.

Segundo o professor Carlos Alberto Achete, coordenador da Divisão de Metrologia de

Materiais do Inmetro, um dos setores mais beneficiados pela nanotecnologia será a construção civil. “Ela será fortemente afetada, pois vai agregar materiais inteligentes, como grafeno, nanotubos, dispositivos orgânicos emissores de luz, nanoflúidos e revestimentos tribológicos, entre outros, permitindo o desenvolvimento de produtos finais com melhor desempenho, maior durabilidade e menor peso”, explica.

Para atender a demanda em torno da nanotecnologia, há quatro anos o Inmetro aprimora seus laboratórios para as atividades de nanometrologia. “Fundamentalmente, devemos estar aptos a dar o apoio à indústria, para garantir a qualidade e as características dos produtos à base nanotecnológica”, diz Achete, para quem a nanotecnologia no Brasil dará grande salto a partir do momento em que for definido um marco regulatório para o setor. “Hoje, o marco regulatório ainda não está colocado, mas sua elaboração é fruto de intensa discussão dentro do Fórum de Competitividade, coordenado pelo MDIC (Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior)”, revela.

Com tais informações a respeito do uso da nanotecnologia empregada no cimento, pode-se afirmar que o mesmo se desenvolvendo de acordo com as perspectivas apontadas torna o cenário bastante otimista com relação a diminuição dos custos de produção, além da qualidade melhor.

3.2 A nanotecnologia aplicada aos nanotubos de carbono

O homem utiliza fibras das mais diversas naturezas desde a antiguidade. Os egípcios, por exemplo, além do linho com que faziam suas roupas, utilizavam junco na construção de barcos e o papiro para formar folhas de escrita. Desde 1991, os cientistas têm pesquisado mais uma fibra com enorme potencial econômico: os nanotubos de carbono.

Atualmente, os cientistas descobriram duas estruturas de tamanho nanométrico de especial interesse: nanofios e nanotubos de carbono. Os nanofios são fios com um diâmetro muito pequeno, às vezes de 1 nanômetro. Os cientistas esperam usá-los para construir transistores minúsculos para chips de computador e outros dispositivos eletrônicos. Nos últimos dois anos, os nanotubos de carbono têm ofuscado os nanofios.

Com a organização correta de átomos, pode-se criar um nanotubo de carbono que é centenas de vezes mais forte que o aço, porém seis vezes mais leve. Engenheiros planejam fazer material de construção com nanotubos de carbono, especialmente para coisas como carros e aviões. Veículos mais leves significariam melhor eficiência de combustível e a força adicionada se traduz no aumento da segurança do passageiro. Os nanotubos de carbono também podem ser semicondutores eficazes com o arranjo correto de átomos.

Existem duas maneiras de sintetizar os nanotubos. Uma é vaporizando o grafite com pulsos de laser de alta energia, usando átomos de níquel ou cobalto como catalisadores. Outra, mais econômica, é vaporizar o grafite através de uma corrente elétrica, usando ferro ou níquel como catalisadores”, diz a coordenadora de pesquisa de nanotubos de carbono da Universidade de São Paulo, Paola Corio. Após ser vaporizado, o composto de carbono se condensa, fazendo com que surja uma grande quantidade de nanotubos. “Em termos físicos, seu formato é de um cilindro muito longo, formado por uma folha de grafite enrolada, e sua cor é preta”, explica Corio.

Outra característica interessante dos nanotubos é que eles podem ser semicondutores ou metálicos. "O comportamento metálico significa que as propriedades de condução de eletricidade do nanotubo se comparam às dos metais. Já nos semicondutores, as condições para o transporte de energia dependem de alguns parâmetros, que podem ser controlados", conta Corio.

Esses fatores estão ligados à relação comprimento/diâmetro dos nanotubos. Por terem um comprimento muito maior que o seu diâmetro, sua condução elétrica acontece ao longo de seu eixo principal. Os nanotubos que têm diâmetro menor apresentam características semicondutoras, e os com maior diâmetro, metálicas. "Não é necessário que haja diferença nas ligações químicas entre os átomos de carbono nos diferentes nanotubos, é só uma questão de simetria".

De acordo com Martins (2006), no âmbito da construção civil, os nanotubos de carbonos podem ser utilizados de forma bem eficiente como é o caso do cimento. Com um cinza descorado, o concreto à base de cimento continua sendo o material mais empregado em construção. Frente ao custo de reparação de pontes e de outras obras, atrai, agora, consideravelmente a atenção dos cientistas. Um concreto mais durável faria com que fossem economizados milhões de dólares. A nanotecnologia forneceu uma chave para prevenir as rachaduras resultantes do envelhecimento do material, progresso bastante aguardado no Brasil onde o calor, o frio e o sal maltratam o concreto.

O autor afirma ainda que as nanopartículas como as cinzas finas aceleram a hidratação e o endurecimento da mistura obstruindo (tampando) os poros, afirma ele. É importante, porque o sal e outros compostos penetram no concreto pelos poros, levando à deterioração. Nanotubos de carbono reforçariam também o concreto e impediriam as fissuras de se propagarem.

As fibras de carbono não quebram nem deformam quando submetidas à alta pressão e são consideradas os melhores condutores de energia e calor que existem no mundo. A adição dos nanotubos ao cimento pode aumentar significativamente sua resistência à tração e compressão, além de diminuir a porosidade.

Os nanotubos de carbonos vêm sendo apontados como um dos materiais mais importantes sintetizados nos últimos anos. Tal consideração se deve as suas propriedades eletrônicas e mecânicas, advindas da soma da natureza química (constituídos de átomos de carbono) e da natureza estrutural (relação entre seu diâmetro e comprimento), levando tais nanoestruturas a apresentarem características únicas.

A caracterização estrutural de nanotubos é extremamente importante, pois desta maneira é possível conhecer a natureza de sua aplicação. A complementaridade das técnicas de caracterização discutidas fornece um panorama geral da estrutura dos nanotubos.

3.3 Construções verdes e a nanotecnologia

Não se pode falar em nanotecnologia sem lembrar o meio ambiente, assunto bastante discutido nos dias atuais e que não poderia passar em branco neste trabalho. As chamadas

ESPECIALIZE

ASPECTOS RELEVANTES DA NANOTECNOLOGIA E A SUA APLICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Dezembro/2013

“construções verdes” fazem-se cada vez mais necessárias e conta justamente com essa nova tecnologia para o seu desenvolvimento. É o que pode ser observado logo abaixo.

A nanotecnologia aplicada desde sistemas de energia solar a isolamento térmico pode tornar os edifícios mais eficientes energeticamente e diminuir os custos, segundo um relatório do Green Technology Forum divulgado recentemente. "A convergência da nanotecnologia e dos edifícios verdes está aqui, acontecendo agora", disse o diretor do Green Technology Forum e autor do relatório "Nanotecnologia para edifícios verdes", George Elvin.

Uma empresa de grande porte pode economizar US\$ 2,6 milhões em custos energéticos, segundo Elvin (2007), e reduzir as emissões em quase 16 mil toneladas de emissões de dióxido de carbono (CO₂) por ano, graças a uma única inovação nanotecnológica. "No entanto, a nanotecnologia e o setor de construção civil precisam se familiarizar melhor para que os benefícios esperados sejam alcançados", alertou.

Com a indústria de construção civil movimentando US\$ 1 trilhão por ano, este é o momento para se pensar na construção verde. Para Elvin (2007), aqueles que adotarem a nanotecnologia irão emergir como líderes e serão recompensados por isso.

Entre os benefícios da tecnologia estão o isolamento térmico, seguido de avanços na filtragem de água e ar, tecnologia solar e, um pouco mais distante, na iluminação e componentes estruturais. Como exemplo, Elvin cita as melhorias disponíveis na nanocobertura para isolamento, proteção UV, resistência a corrosão e a prova d'água. Alguns são considerados "curadores", pois removem poluentes da atmosfera ao redor da edificação.

O campo da "tecnologia verde" engloba um grupo em constante evolução de métodos e materiais, a partir de técnicas de geração de energia para produtos de limpeza não tóxicos. A expectativa atual é que este campo irá trazer inovação e mudanças na vida diária de magnitude semelhante à "tecnologia da informação" explosão durante as últimas duas décadas. Nesses estágios iniciais, é impossível prever o que a "tecnologia verde" pode eventualmente abranger.

De acordo com o Projeto Recriar, as atividades relacionadas à construção civil são as maiores responsáveis pela degradação ambiental, que ocorrem por meio do consumo excessivo de recursos naturais, pela demanda por matéria prima industrializada e pela geração de resíduos.

O setor é atualmente um dos maiores causadores de impactos ambientais, consome 75% dos recursos naturais extraídos, gera 80 milhões de toneladas de resíduos por ano e, devido à queima de combustíveis fósseis, sua cadeia produtiva contribui de forma significativa para a emissão de gases de efeito estufa (GEE), como o CO₂. (RECRIAR, 2010).

É justamente aí que entra a nanotecnologia. Através dela é possível construir casas populares sustentáveis, uma vez que tal tecnologia é capaz de reduzir os custos de forma significativa. O uso de nanomateriais aumenta a eficiência e a seletividade de processos industriais resultando num aproveitamento mais eficiente de matérias-primas, com consumo menor de energia e produção de quantidades menores de resíduos indesejáveis. A nanotecnologia contribui ainda para o desenvolvimento de sistemas de iluminação de baixo consumo energético.

4. Conclusão

A revolução tecnológica protagonizada pela nanotecnologia tanto é uma realidade que já é possível encontrar muitos produtos nanotecnológicos no mercado de consumo, sem que ao menos os consumidores tenham conhecimento de tal fato. A nanotecnologia trará mudanças não só no setor econômico, pois a sociedade como um todo, e o mundo do trabalho de forma especial, serão atingidos pelos seus impactos.

Esta preocupação torna-se mais acentuada, a medida em a introdução da nanotecnologia no mundo do trabalho já seja uma realidade e pelo que se nota, sem volta. Pouco se discute sobre seus aspectos não-técnicos, ou seja, possíveis impactos sociais, culturais, econômicos, ambientais e para a saúde e segurança de pesquisadores, consumidores e, principalmente, para os trabalhadores, um dos primeiros a ter contato com os nanomateriais sintetizados, manuseados e incorporados em novos produtos e processos produtivos.

A nanotecnologia tem aberto oportunidades para o desenvolvimento de novos produtos com propriedades, funcionalidades e características distintas e muitas vezes superiores aos materiais usuais. Estas características podem ser utilizadas no desenvolvimento de materiais altamente utilizados na construção civil. Porém, a síntese, estocagem, manuseio, estabilização, incorporação desses materiais traz também desafios e a necessidade de uma análise profunda dos processos, adequações de procedimentos operacionais e das instalações industriais em decorrência de novos riscos envolvidos quando da utilização destes materiais nanoparticulados.

As discussões colocadas neste trabalho mostram que a área de preparação e caracterização da nanotecnologia relacionada à construção civil pode crescer ainda mais, haja vista que muitas questões ainda necessitam de respostas, principalmente, com relação aos mecanismos de crescimento dos nanomateriais e das nanopartículas. A otimização dessas condições ainda é uma questão altamente significativa de pesquisa que através de seu desenvolvimento poderá trazer resultados e benefícios ainda mais satisfatórios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BASTOS, Ricardo Martins de Paiva. **Nanotecnologia**: uma revolução no desenvolvimento de novos produtos. TCC. Juiz de fora, MG: UFJF, 2006.

BOELL. LatinoAmerica. Disponível em: <boell-latinaamerica.org/downloads/RevistaNanotecnologia.pdf/>. Acesso em: 24 de julho de 2011.

CAROL, Manzoli. **Perspectiva para a regulamentação da nanotecnologia no Brasil : uma abordagem jurídico-ambiental sobre o conteúdo da análise de riscos**. Revista de Direito Ambiental, São Paulo, ano 14, n. 55, p. 15-24, jul/set, 2009.

DULLEY, Richard Domingues. Nanotecnologia e o princípio da precaução na sociedade de

ESPECIALIZE

ASPECTOS RELEVANTES DA NANOTECNOLOGIA E A SUA APLICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Dezembro/2013

risco. Disponível em: <<http://jus.uol.com.br/revista/texto/>> Acesso em: 07 de julho de 2011.

DURÁN, Nelson; MATTOSO, Luiz Henrique Capparelli e MORAIS, Paulo Cezar de. Nanotecnologia – **Introdução, preparação e caracterização de nanomateriais e exemplos de aplicação**. 1. ed. São Paulo: Artliber, 2006.

ELVIN, George. **Relatório: Nanotecnologia para edifícios verdes**. Disponível em: <http://www.ecopress.org.br/noticias/>. Acesso em: 20 de julho de 2011.

ENGELMANN, Wilson; BERGER FILHO, Airton. **As nanotecnologias e o direito ambiental: a mediação entre custos e benefícios na construção de marcos regulatórios**. Revista de Direito Ambiental, São Paulo, v.15, n.59, p. 50-91, 2010.

EURORESIDENTES. Introdução a nanotecnologia. O que é a nanotecnologia?, 2000. Disponível em: <HTTP://WWW.euroresidentes.com/futuru.htm>. Acesso em: 21 de julho de 2011.

FERREIRA, Nilson dos Santos. **Morfologia e propriedades estruturais de nanopartículas de ZnO sintetizadas pelo processo sol-gel protéico**. 2010. Dissertação de Mestrado. – Curso de Pós-graduação em Física, Universidade Federal de Serfipe, São Cristovão. 2010. Orientador: Marcelo Andrade Macêdo.

FORTUNATO, Elvira. As metas da nanotecnologia: Aplicações e Implicações, 2005. Disponível em: http://dei-s1.dei.uminho.pt/nanotec/6_Nanotecnologias.pdf. Acessado em: 05 de Agosto de 2011.

GRUPO ETC. **Nanotecnologia – Os riscos da Tecnologia do Futuro**. 2. ed. Porto Alegre: L&PM, 2005.

IIEP, Intercâmbio, Informações, Estudos e Pesquisas. Princípios para a Fiscalização de Nanotecnologias e Nanomateriais. Disponível em <<http://www.iiep.org.br/nano/fundacentro/principles.pdf>>. Acesso em: 05 de Agosto de 2011.

INMETRO. Inovação e Tecnologia. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/infotec/>. Acesso em: 06 de julho de 2011.

JORDÃO, Fabio. O que é nanotecnologia? Tecmundo. 2009. Disponível em:<<http://www.tecmundo.com.br/>>. Acesso em: 20 de julho 2011.

MANZOOR, U.; ISLAM, M.; TABASSAM, L.; RAHMAN, S. U. **Quantum confinement effect in ZnO nanoparticles synthesized by co-precipitate method**. Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures, v. 41, n. 9, p. 1669-1672, 2009.

MARTINS, Paulo Roberto(org). **Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente** – Trabalhos Apresentados no Segundo Seminário Internacional. São Paulo: Xamã, 2006.

ESPECIALIZE

ASPECTOS RELEVANTES DA NANOTECNOLOGIA E A SUA APLICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Dezembro/2013

MAY, Alexandre. **Nanotecnologia na Sociedade de Risco**. 2002. Monografia (Graduação) - Curso de Direito, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul. 2007. Orientador: Airton Guilherme Berger Filho.

MCT. Ministério da Ciência e Tecnologia. O Programa de Nanotecnologia. Disponível em <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/27107.html#>>. Acesso em: 25 de Julho de 2011.

PALMA, Carol Manzoli. **Doutrina Nacional**. Revista de Direito Ambiental, São Paulo, ano14, nº 55, jul-set/2009.

RAMOS, Gian Carlo Delgado. Nanotecnologia e Meio Ambiente. Disponível no site: <http://www.iiep.org.br/pdfs/doc026.pdf>. Acesso em 20 de Julho de 2011.

RODRÍGUEZ, J. A.; FERNÁNDEZ-GARCÍA, M. **Synthesis, properties, and applications of oxide nanomaterials**. New York: John Wiley & Sons, 2007.

PROJETO RECRIAR. Construção verde. Disponível em: http://www.recriarcomvoce.com.br/blog_recriar/. Acesso em 05 de julho de 2011.

SCHMID, G. Nanoparticles: **From Theory to Application**. Weinheim WILEY-VCH V, 2004.

TECMUNDO. Disponível em <<http://www.tecmundo.com.br/2640-o-que-sao-nanotubos-de-carbono-.htm#ixzz1UIKTd6VG>>. Acesso em: 15 de julho de 2011.