

---

---

# NANOTECNOLOGIA E NANOMANUFATURA

---

---

**Marco Stipkovic Filho**

Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM)

## **Resumo**

O presente artigo estabelece inicialmente uma definição de nanotecnologia, destacando seu desenvolvimento e sua utilização. Como também é chamada de manufatura molecular, a nanotecnologia está associada à área da engenharia que se relaciona com a concepção e fabricação de circuitos eletrônicos muito pequenos e dispositivos mecânicos construídos em nível molecular da matéria, caracterizando-se como ciência de tecnologia em dimensões e tolerâncias na faixa de 0,1 a 100 nm (nanômetros). Estabeleceu-se também uma cronologia na geração de nanoproductos, no qual está determinada a tendência para os próximos anos, com a inclusão de novos transistores, produtos químicos, atuadores de máquinas e leves motores moleculares. Os objetivos das pesquisas situam-se em uma ampla gama de aplicações biotecnológicas em nanocomputadores e nanochips juntamente com a eletrônica molecular.

**Palavras-chave:** Nanotecnologia. Fabricação molecular. Nanocomputadores.

A nanotecnologia significa o desenvolvimento e a utilização de dispositivos que possuem o tamanho de apenas alguns nanômetros.

Esse termo foi idealizado por Norio Taniguchi, um pesquisador japonês, no ano de 1974, para definir a usinagem de precisão com tolerâncias inferiores a um micron.

Atualmente passou a ser aplicado ao controle de estruturas de materiais até átomos ou moléculas em escalas manométricas de ultraprecisão.

A nanomanufatura requer a integração de nanoescala de ciências do material com a utilização de metodologias de produção para resolver problemas em vários domínios, como mecânico, termofluido, ótico, químico, elétrico, biológico etc.

A nanoescala é cerca de mil vezes menor do que a microescala, ou seja, aproximadamente 1/80000 do diâmetro de um fio de cabelo humano. O prefixo “nano” significa dez a nona potência, ou 1.000.000.000.

A nanotecnologia é o campo da ciência cujo objetivo é controlar átomos e moléculas individuais para criar *chips* de computador e alguns outros dispositivos milhares de vezes menores que a atual tecnologia permite.

Processos de fabricação atuais usam a litografia para circuitos ou semicondutores. Na imprensa, o termo “nanotecnologia” é por vezes utilizado para se referir a qualquer submicroprocesso, incluindo a litografia.

A nanotecnologia é também chamada de manufatura molecular, ou seja, é o ramo da engenharia que lida com a concepção e fabricação de circuitos eletrônicos muito pequenos e dispositivos mecânicos construídos em nível molecular da matéria. É, portanto, uma ciência de tecnologia em dimensões e tolerâncias na faixa de 01 a 100nm (nanômetros).

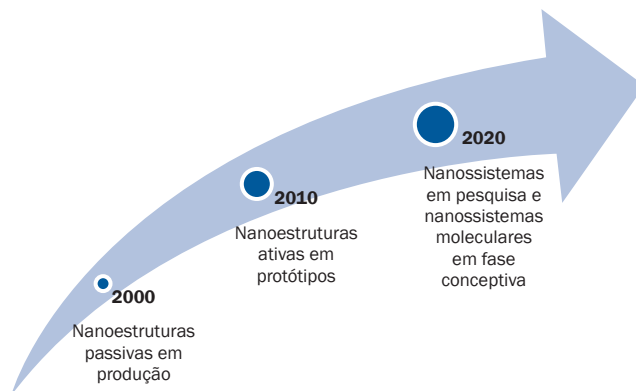
A partir de 2001, o Governo Americano, através do National Nanotechnology Initiative (NNI) (Iniciativa Nacional de Nanotecnologia) definiu nanotecnologia para significar trabalhar em nível atômico, molecular e supermolecular, em escala de 1-100nm, com propósito de criar e utilizar materiais, dispositivos e sistemas com propriedades fundamentais novas (NANO-DEFINITION).

Na faixa de 10-20 nm, condições físico-químicas e biológicas da matéria podem ser significativamente alteradas e levar a propriedades únicas dos nanomateriais, oferecendo melhor funcionalidade do produto.

A nanofabricação visa à construção de estruturas de materiais, componentes, dispositivos de máquinas com escalas nano em uma, duas ou três dimensões usando as seguintes abordagens:

- automontagem de blocos de construção de nanoestruturas atômicas, moleculares e supramoleculares;
- processamento de alta resolução, ultraprecisos de nanousinagens;
- engenharia de moléculas e sistemas supramoleculares.

A Figura 1 mostra que quatro gerações de nanoprodutos serão desenvolvidas até o ano de 2020.



**Figura 1** Cronologia de gerações de nanoprodutos

Fonte: Advanced Machinig Processes of Metallic Materials (2008).

O primeiro grupo, o mais simples, utiliza técnicas de fabricação como a fragmentação, a reestruturação de materiais a granel e a litografia. Muitos revestimentos nanoestruturados, dispersão de nanopartículas, material a granel incorporando partículas em escala manométrica, tais como polímeros, metais e cerâmicos, já são fabricados.

A tendência para os próximos anos é o desenvolvimento de nanoestruturas ativas capazes de mudar seu estado durante a operação. Nesse grupo, estarão inclusos novos transistores, produtos químicos, atuadores de máquinas e leves motores moleculares.

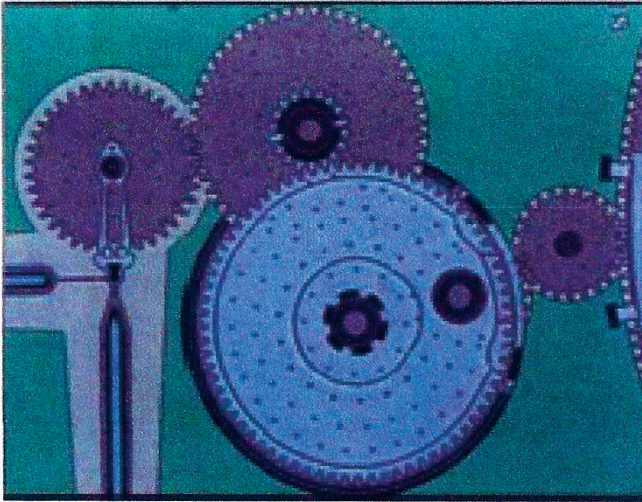
Uma terceira etapa, chamada de nanossistemas, envolverá a combinação de nanoestruturas passivas em simples dispositivos ou máquinas, como os nanorrobôs. Seu desenvolvimento será baseado em novas técnicas de engenharia do sistema, arquitetura de dispositivos, integração e multiescala de processamento de automontagem.

A geração mais avançada de produtos será capaz de incorporar heterogêneos nanossistemas moleculares, nos quais cada molécula terá uma estrutura específica e função.

Moléculas serão utilizadas como dispositivos, e novas funções vão surgir baseadas em suas estruturas de engenharia e arquitetura.

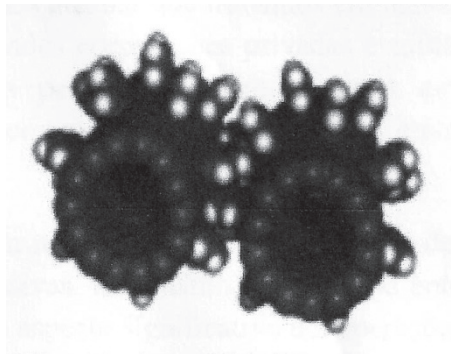
Máquinas em nanoescala, intervenções subcelulares, multiescala de automontagem e uma interface homem/máquina poderão ser unidas nessa categoria.

O exemplo mostrado nas figuras 2 e 3 permite comparar engrenagens fabricadas em diferentes escalas, ou seja, micro *versus* nanoescala, utilizando nanossistemas passivos e ativos.



**Figura 2** Engrenagens em escala micro

Fonte: Recent Advances in Nanotechnology (2007).

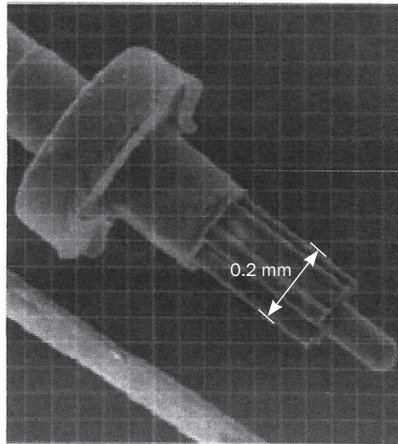


**Figura 3** Engrenagens em nanoescala

Fonte: Recent Advances in Nanotechnology (2007).

Na escala manométrica, o projeto de transmissões de engrenagens deve considerar várias influências físicas, entre elas volume, atrito, tensão superficial etc, e inúmeros obstáculos em sua fabricação, como repetitividade, custos, produção em escala etc.

A Figura 4 mostra a menor engrenagem construída em um compósito de nanofibras, com diâmetro de 0,2 nm.



**Figura 4** Engrenagem em nanofibra

Fonte: Recent Advances in Nanotechnology (2007).

A nanotecnologia que vem sendo aplicada à manufatura de relógios poderá ser estendida para a melhoria de computadores, aparelhos de precisão, dispositivos médicos e até para algumas peças de automóveis.

Em complemento, pode-se afirmar que trabalhos em nanoescala estão em andamento em universidades, nas grandes corporações privadas e militares e nos laboratórios da Nasa. Os objetivos das pesquisas situam-se na ampla gama de aplicações biotecnológicas em nanocomputadores e nanochips juntamente com a eletrônica molecular.

A transição de pesquisa em nanotecnologia na fabricação de produtos é limitada ainda hoje às nanoestruturas passivas, no entanto, produtos já entram no mercado de forma relativamente rápida e com aspecto significativo em operações de usinagem.

Quase todos os principais fabricantes de máquinas ferramentas, como a Europa, o Japão e os Estados Unidos, já estão oferecendo ao mercado, pelo menos, uma máquina com operações nanotecnológicas.

## NANO-MANUFACTURING AND NANOTECHNOLOGY

### Abstract

This article initially establishes a nanotechnology definition, highlighting the development and its use. As nanotechnology is also called molecular manufacturing, a

branch is established which relates with the conception and manufacturing of very little electronic circuits and mechanical devices built in molecular level, characterizing itself as science of technology in dimensions and tolerances in the range of 0,1 to 100 nm (nanometers). It has also established a chronology in the generation of nano products, establishing a tendency for the next years, with the inclusion of new transistors, chemical products, machinery actuators and light molecular motors. The objectives of the researches are standing in a wide range of biotechnical applications in nanocomputers, nanochips altogether with molecular electronics.

**Keywords:** Nanotechnology. Manufacturing molecular. Nanocomputers.

---

## REFERÊNCIAS

ADVANCED MACHINIG PROCESSES OF METALLIC MATERIALS – Nit Gzesik. Elsevier, 2008.

NANO-DEFINITION. Disponível em: <<http://www.nanoindustries.com/define.html>>. Acesso em: 11 jul. 2012.

RECENT ADVANCES IN NANOTECHNOLOGY. *J. Mater ProC. Technol.*, v. 181, p. 5258, 2007.

### Contato

Marco Stipkovic Filho  
kovic@osite.com.br

### Tramitação

Recebido em março de 2013  
Aprovado em outubro de 2014