

IX Escola do CBPF

Rio de Janeiro, 16 a 27 de julho de 2012



Introdução à Ciência e Tecnologia na Escala Nanométrica: Superfícies e Nanoestruturas 01

Alexandre Mello mello@cbpf.br www.cbpf.br

Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas / CBPF



Ciência e Tecnologia
Ministério da Ciência e Tecnologia

CBPF Localização



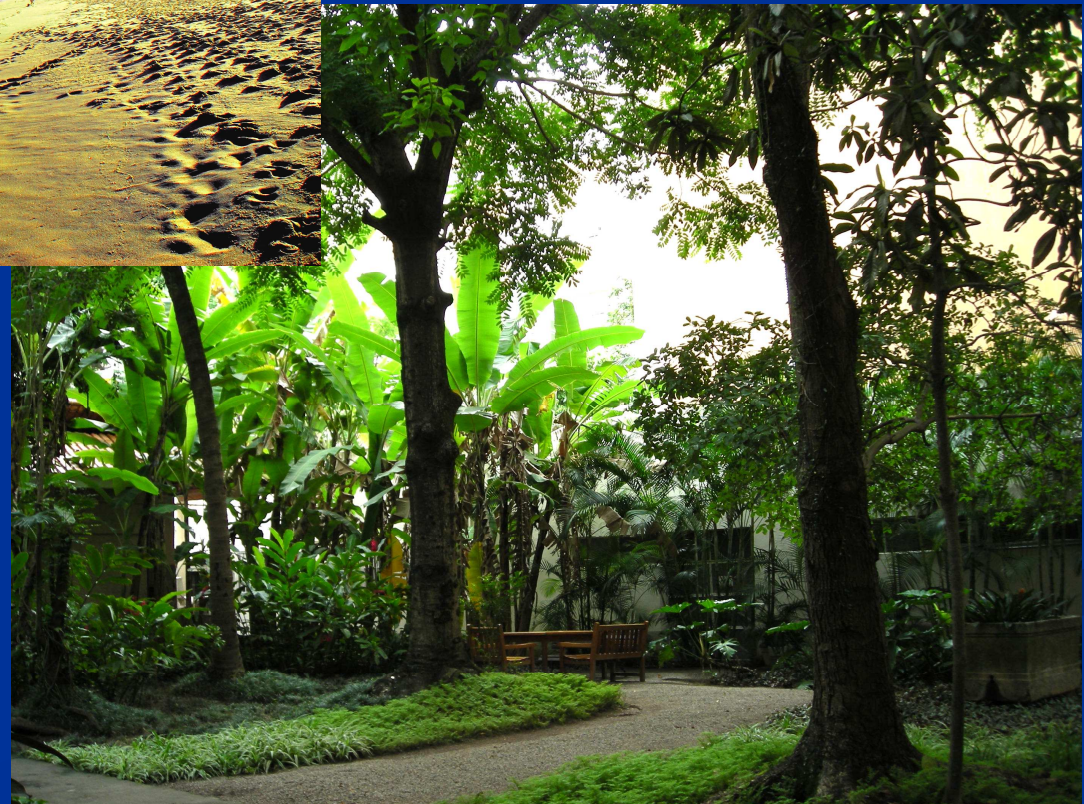
CBPF Localização

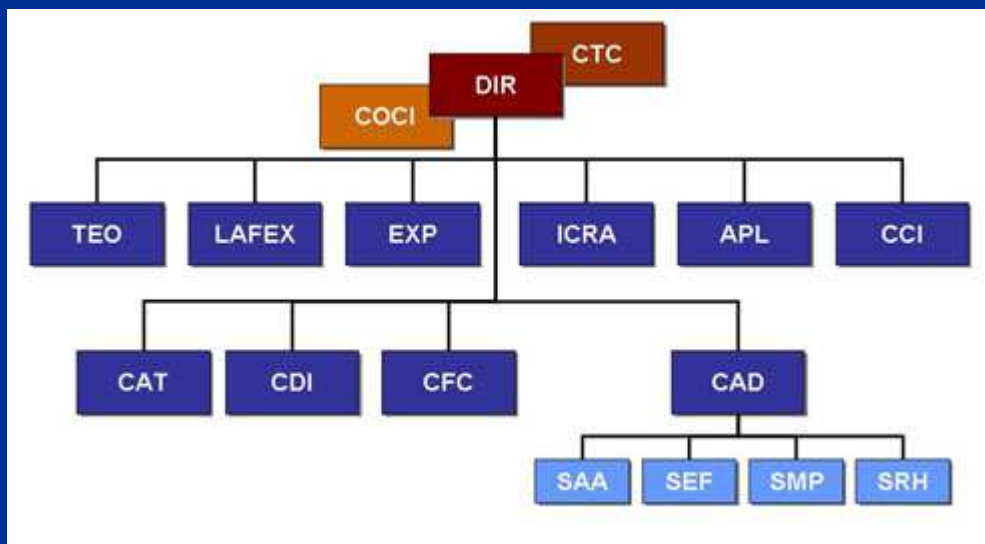


Rio de Janeiro Ipanema



**CBPF
Urca - Perto da
Praia Vermelha**





- DIR - Direção
- CTC - Conselho Técnico Científico
- COCI - Comitê Científico Assessor
- CCI - Coordenação de Colaborações Científicas Institucionais
- EXP - Coordenação de Física Experimental e Baixas Energias
- LAFEX - Coordenação de Física Experimental de Altas Energias
- ICRA - Coordenação de Cosmologia, Relatividade e Astrofísica
- APL - Coordenação de Física Aplicada
- TEO - Coordenação de Física Teórica
- CAT - Coordenação de Atividades Técnicas
- CDI - Coordenação de Documentação e Informação Científica
- CFC - Coordenação de Formação Científica
- CAD - Coordenação de Administração

**CBPF fundado em
1949
www.cbpf.br**

Pesquisa Fundamental e Desenvolvimento

- **Matéria Condensada**
- **Biofísica**
- **Estatística e Sistemas Dinâmicos**
- **Cosmologia e Gravitação**
- **Altas Energias e Raios Cósricos**
- **Física Nuclear e Astrofísica**
- **Campos e Partículas**

Aplicações da Física e Tecnologia

- **Ciência dos Materiais**
- **Química, Catálise e Meio-Ambiente**
- **Geologia, Biologia, Medicina e Saúde**
- **Instrumentação Científica e Tecnológica**
- **Computação e modelagem**
- **Plasmas confinados magneticamente e gerados por lasers pulsados**

CBPF

RECURSOS HUMANOS E PRODUÇÃO

O quadro permanente do CBPF hoje é composto por 159 funcionários permanentes.

62 pesquisadores doutores (incluindo o Diretor, que publica pelo CBPF, (63),

13 Doutores tecnologistas (publicam e realizam pesquisa e desenvolvimento tecnológico, (mais 4 mestres e 6 bacharéis),

25 técnicos de apoio e 38 gestores - Sendo 13 analistas (3 com mestrado e 1 doutorado)

Quadro flutuante de pesquisadores, visitantes e alunos tem sido de 240 por ano em média

ANO	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Artigos	169	170	236	178	198	202	246	221
Pesquisadores	66	66	66	69	69	66	65	62
Média	2,6	2,6	3,6	2,6	2,9	3,6	3,8	3,6

CBPF PÓS GRADUAÇÃO



-PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO CONCEITO 7 (máximo) da CAPES-

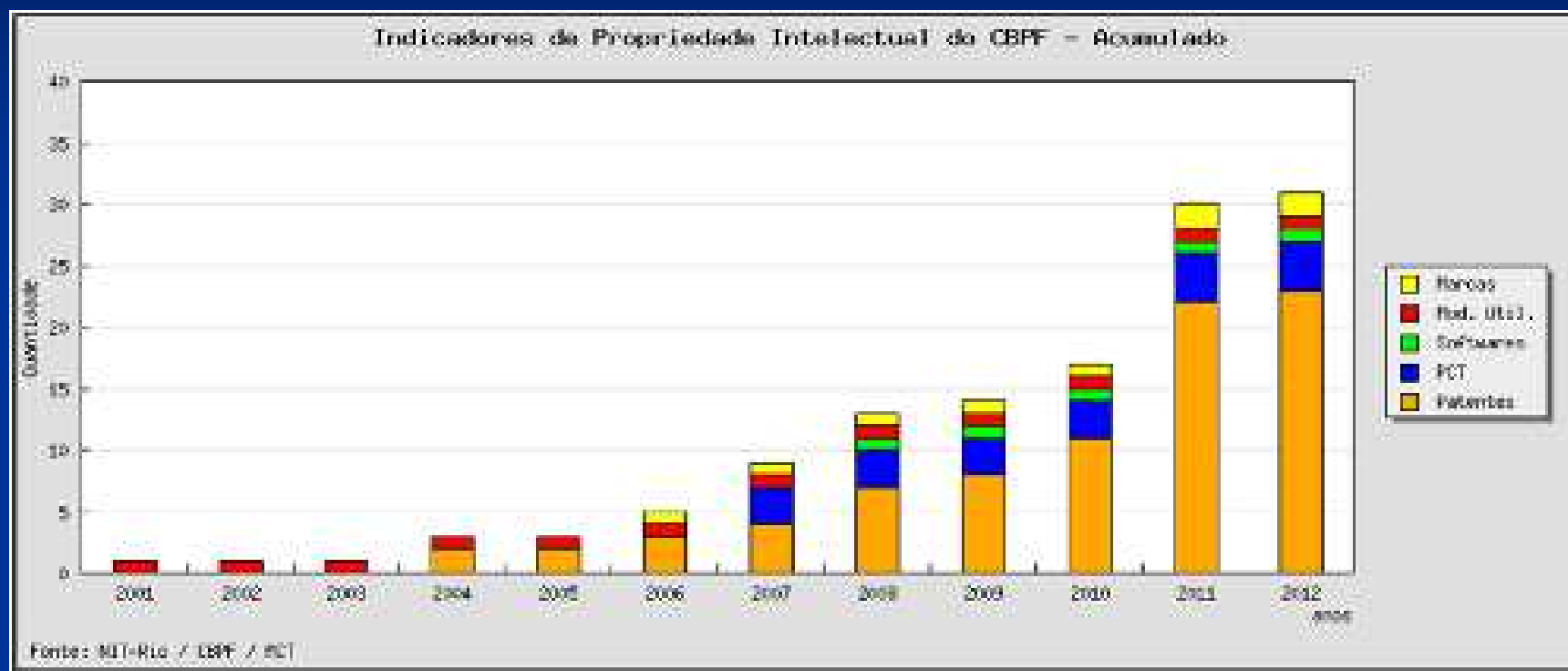
-Programas acadêmicos de Doutorado e Mestrado em Física
E o primeiro Mestrado Profissional em Física com Ênfase em Instrumentação Científica.

-Desde sua criação, foram formados pelo CBPF **365 Doutores** em Física e **400 Mestres** em Física Acadêmica e Profissional e Física com ênfase em Instrumentação Científica.

- Em 2012 : 73 alunos de doutoramento e 22 de mestrado.

MESTRADO PROFISSIONAL EM FÍSICA COM ÊNFASE EM INSTRUMENTAÇÃO CIENTÍFICA

Primeiro e
único no País



Seleção ao Mestrado Profissional 2012.2
02/07/2012

**Exame de Seleção ao Mestrado Profissional com Ênfase em
Instrumentação Científica 2012.12**

Inscrições: 02/07/2012 até 01/08/2012

Data e horário do exame: 06/08/2012 - 9 às 12h (Auditório do sexto - andar)

LABORATÓRIOS DE APOIO A PESQUISA:

Criogenia, Produção de Amostras, Oficina de vidro, Oficina Mecânica, Laboratório de Instrumentação Eletrônica, Laboratório de Bioquímica, Laboratórios de Coordenação de Atividades Técnicas (Informática, Computação de Alto Desempenho e Redes de Computadores).

LABORATÓRIOS MULTIUSUÁRIOS DE PESQUISA:

Difração de Raios-X, Magnetometria (SQUID e PPMS), Ressonância Paramagnética Eletrônica (EPR), e Refrigerador à Diluição de He³-He⁴, Laboratório de Superfícies e Nanoestruturas, Laboratório de Espectroscopia de Emissão, LABNANO – Laboratório de Nanociências e Nanotecnologia, Laboratório de Plasmas Aplicados e Ablação a Laser, Laboratório de Altas Energias - Laboratório Laser de elétrons livres (em construção)

LABORATÓRIOS VINCULADOS A GRUPOS DE PESQUISA:

Efeito Mössbauer; Supercondutividade; Ressonância Magnética Nuclear; Filmes Finos; Multicamadas, Fonte de Clusters; Correlação Angular; Magneto-Ótica; Sistemas de Detecção; Materiais Biocerâmicos; Lab. do Projeto Pierre Auger; Física de Altas Energias, Microorganismos Magnetotáticos; Magnetometria e Resistividade Elétrica; Laboratório de Eletrodeposição e Laboratório de Materiais Multifuncionais Multiferróicos (início da implantação em 2010) e Laboratório de Instrumentação e Medidas.

nanômetro ou nanometro ?

Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial -
CONMETRO

Resolução nº 12, de 12 de outubro de 1988

Na forma oral, os nomes dos múltiplos e submúltiplos decimais das unidades são pronunciados por extenso, prevalecendo a sílaba tônica da unidade. As palavras quilômetro, decímetro, centímetro e milímetro, consagradas pelo uso com o acento tônico deslocado para o prefixo, são as únicas exceções a esta regra; assim sendo, os outros múltiplos e submúltiplos decimais do metro devem ser pronunciados com acento tônico na penúltima sílaba (mé), por exemplo, megametro, micrometro (distinto de micrômetro, instrumento de medição), nanometro, etc.

3. Estabelecer que o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO, seja encarregado de propor as modificações que se tornarem necessárias ao Quadro anexo, de modo a resolver casos omissos, mantê-lo atualizado e dirimir dúvidas que possam surgir na interpretação e na aplicação das unidades legais.

Introdução

Nanociências e Nanotecnologia

A escala nanométrica

Será a Nanociência uma nova ciência?

Com a Mecânica Quântica os físicos já vinham trabalhando na escala nano.



nanômetro ou nanometro ?

Dicionário do Aurélio



nanômetro – submúltiplo do metro, igual a 10^{-9} m; milimicron. [simb: nm]

Dicionário Houaiss de Física - Itzhak Roditi



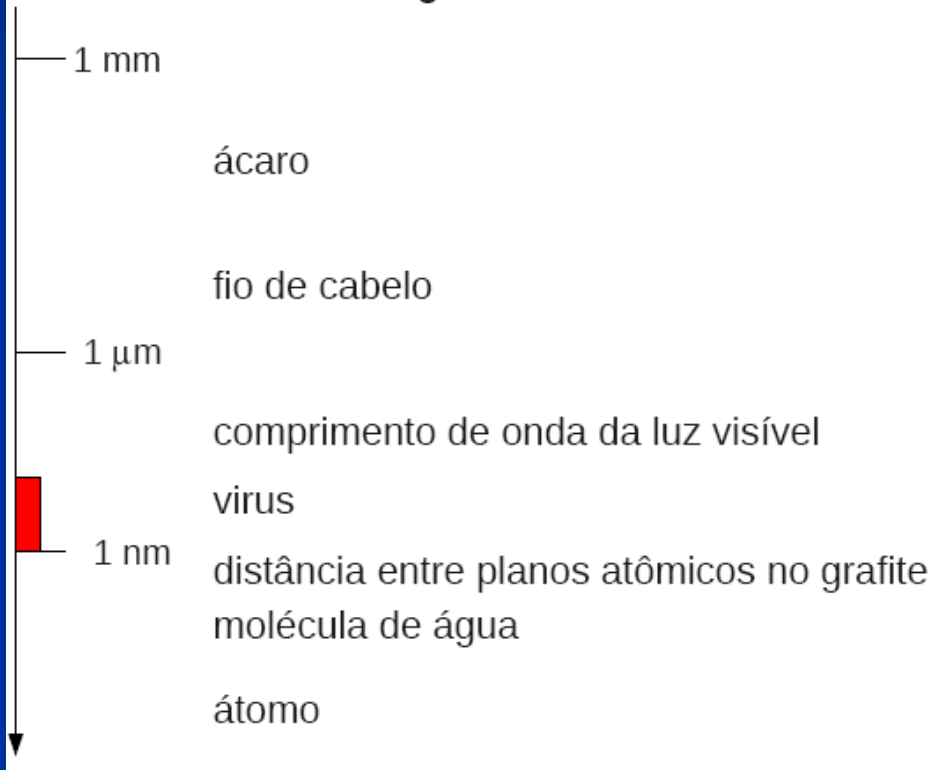
nanômetro – unidade de comprimento equivalente à bilionésima parte do metro ou 10^{-9} m. [simb: nm]

Prefixos das Unidades SI

Nome	Símbolo	Fator de multiplicação da unidade
yotta	Y	$10^{24} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000$
zetta	Z	$10^{21} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000$
exa	E	$10^{18} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000$
peta	P	$10^{15} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000$
tera	T	$10^{12} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000$
giga	G	$10^9 = 1\ 000\ 000\ 000$
mega	M	$10^6 = 1\ 000\ 000$
quilo	k	$10^3 = 1\ 000$
hecto	h	$10^2 = 100$
deca	da	10
deci	d	$10^{-1} = 0,1$
centi	c	$10^{-2} = 0,01$
mili	m	$10^{-3} = 0,001$
micro	μ	$10^{-6} = 0,000\ 001$
nano	n	$10^{-9} = 0,000\ 000\ 001$
pico	p	$10^{-12} = 0,000\ 000\ 000\ 001$
femto	f	$10^{-15} = 0,000\ 000\ 000\ 000\ 001$
atto	a	$10^{-18} = 0,000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 001$
zepto	z	$10^{-21} = 0,000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 001$
yocto	y	$10^{-24} = 0,000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 001$

Nanociência & Nanotecnologia - N & N

Ciência e tecnologia na escala nano, 10^{-9} m



Nanociência & Nanotecnologia

Fabricação, manipulação, funcionalização de um único objeto na escala entre 1 e 100 nm.

Em dimensões (alguns nanômetros) onde a relação superfície / volume proporcione novos fenômenos e aplicações.

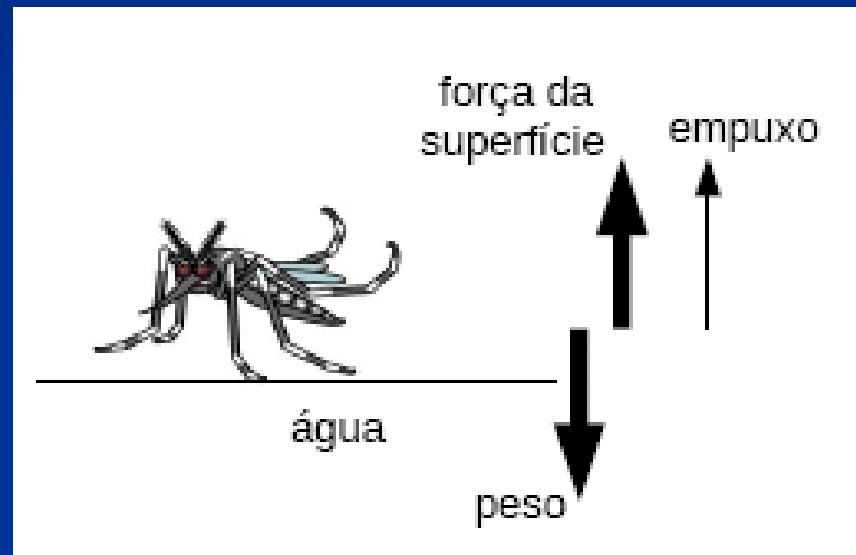
Conceitos

Nanoestrutura é definida com uma estrutura em que pelo menos uma das dimensões é menor ou igual a uma dimensão crítica d^* ($d \leq d^* \approx 100\text{nm}$).

O valor de d^* não possui determinada magnitude, sendo fisicamente determinado pela característica crítica de um determinado fenômeno físico e dando origem, assim, ao efeito do tamanho.

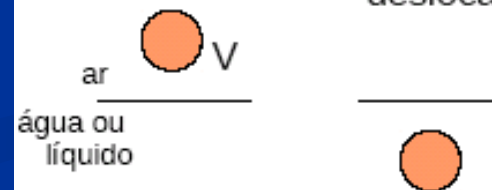
Forças no mundo pequeno

tensão superficial



Tensão superficial → Força de atração dos átomos da superfície do líquido

Empuxo = massa do líquido x g deslocado

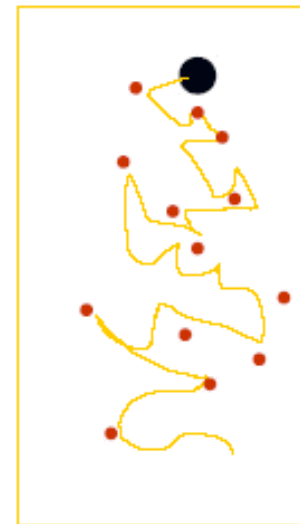


Forças no mundo pequeno

→ objetos micro e nano em um meio aquoso



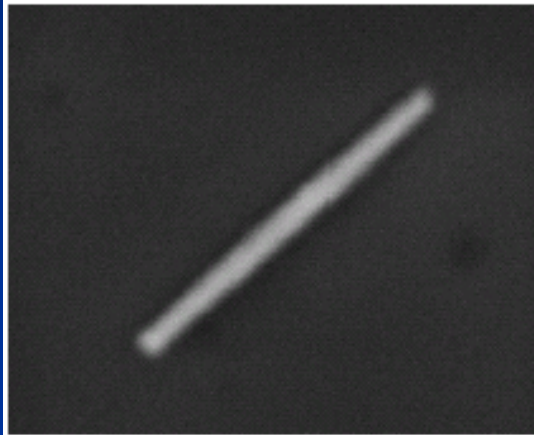
micro ou nano



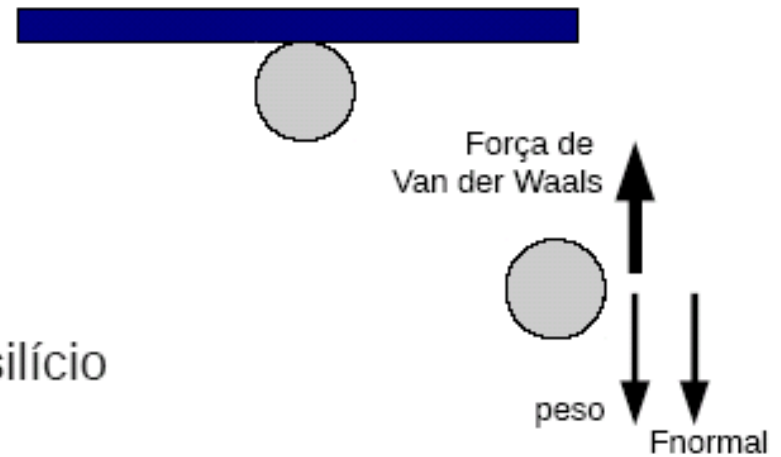
movimento Browniano

viscosidade muda radicalmente

Forças no mundo pequeno

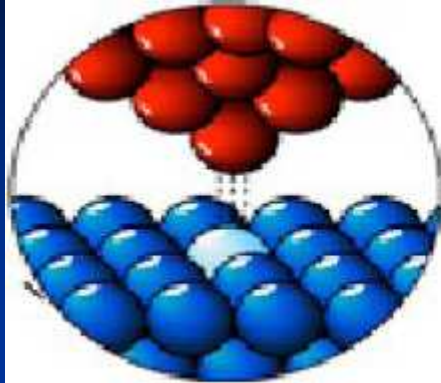


nanofio de cobalto (50nm x 2 μ m) sobre silício



Força de Van der Waals é uma força de adesão

(tem por origem a interação eletrostática)
(depende da superfície de contato)



→ Força de Van der Waals

→ Força de interação/ligação entre os átomos

No mundo pequeno – micro e nano

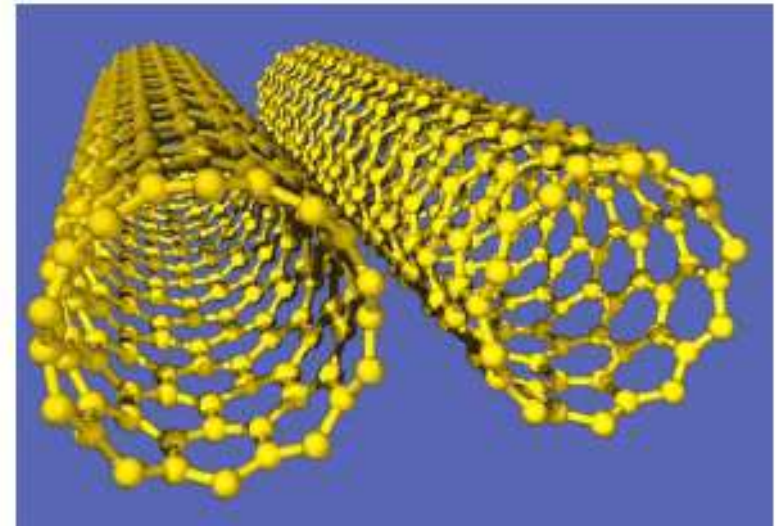
- Tensão superficial (líquidos)
- Movimento Browniano / temperatura
- Fácil adesão / força de Van der Waals
- Força de ligação entre átomos
- Geralmente peso e empuxo podem ser desprezados

“pequeno é diferente”

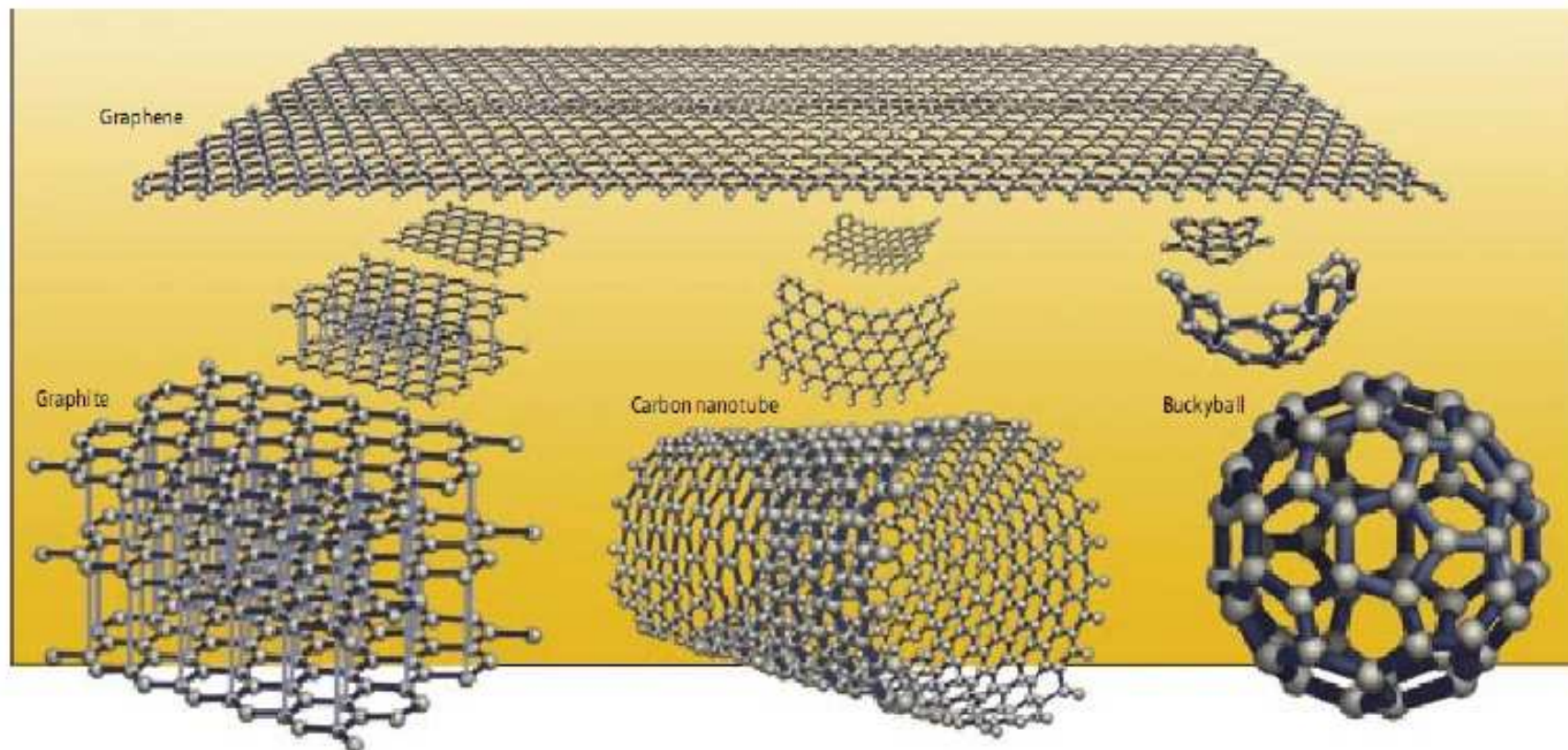
nanotubos de carbono

20 x mais resistente que o aço

1000 x condutor que o cobre

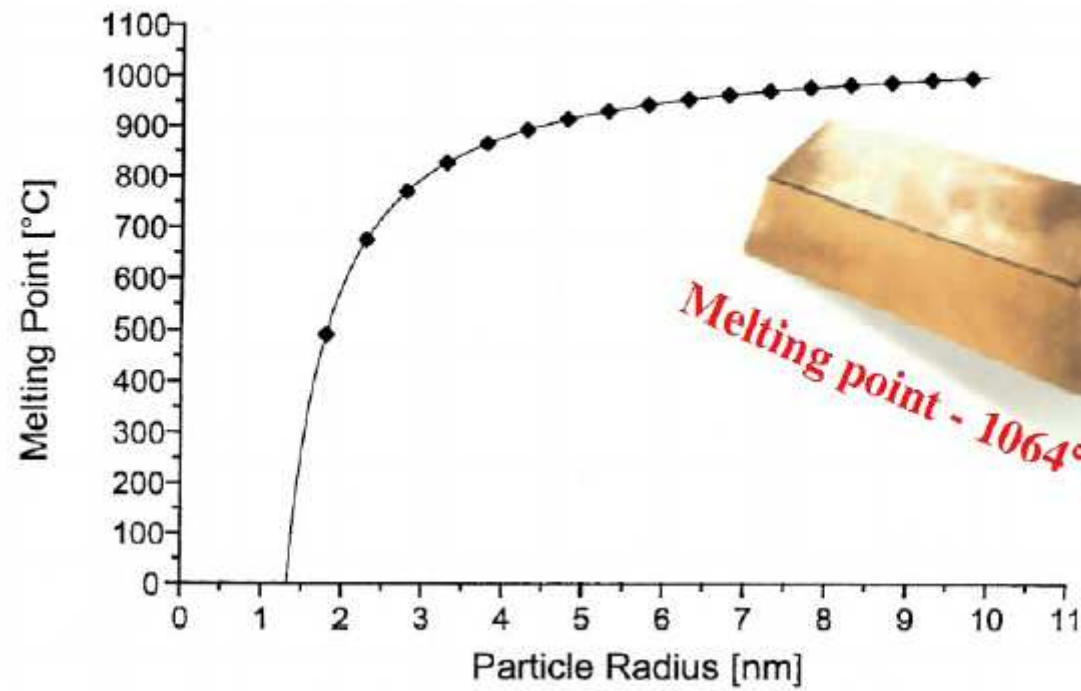


“pequeno é diferente”



nano tubos de C podem ser condutores ou semicondutores dependendo do seu arranjo atômico

“pequeno é diferente”



“pequeno é diferente”

Quando o objeto é composto por “poucos” átomos, suas propriedades são diferentes

Qual a origem da diferença de comportamento?

Na escala nano, a relação entre o número de átomos na superfície e volume passa a ser importante.



Efeitos quânticos estão sempre presentes. No entanto, em objetos pequenos (nano e macro) podem ocorrer efeitos quânticos que não existem em objetos grandes. Isto é um efeito de tamanho.

“pequeno é diferente”

Taça de Lycurgus
Roma antiga, 4 AC
(The British Museum)

partículas de ouro e prata
eram utilizadas para dar
colorir objetos (e vitrais em
igrejas)



sem luz

com luz

partículas de ouro

→ plasmons



Potencial da nanotecnologia

- medicina: carreadores de medicamentos
- eletrônica: processadores e sensores
- materiais compósitos

Potencial da nanotecnologia

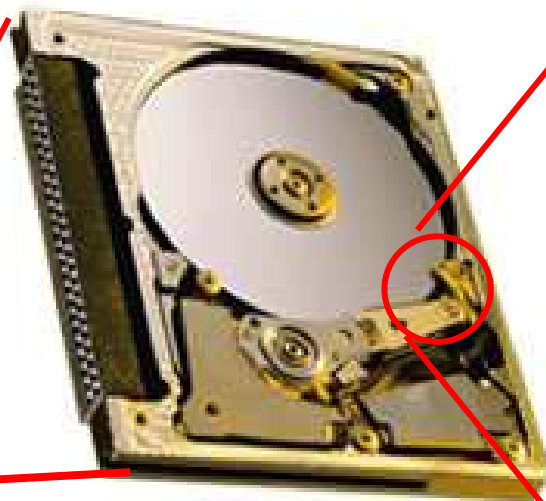
eletrônica / sensores: miniaturização
(uso de peças / componentes nano)



HD – disco duro para
gravação de dados

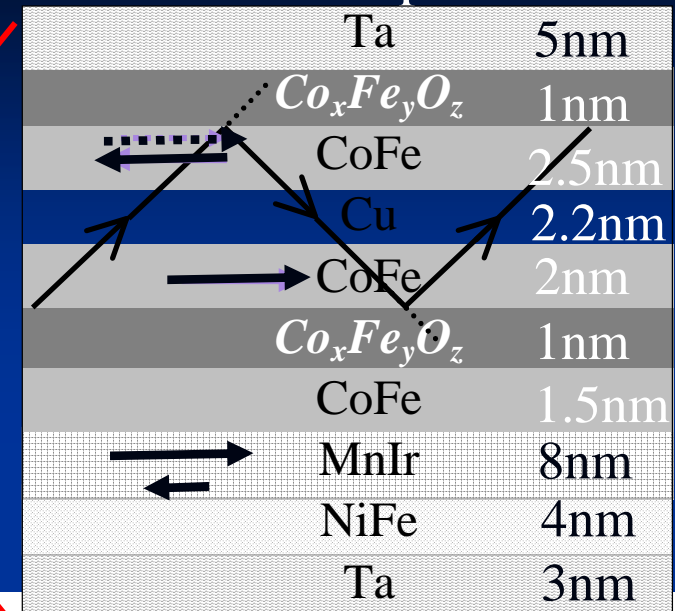


FILMES FINOS
FINALMENTE!

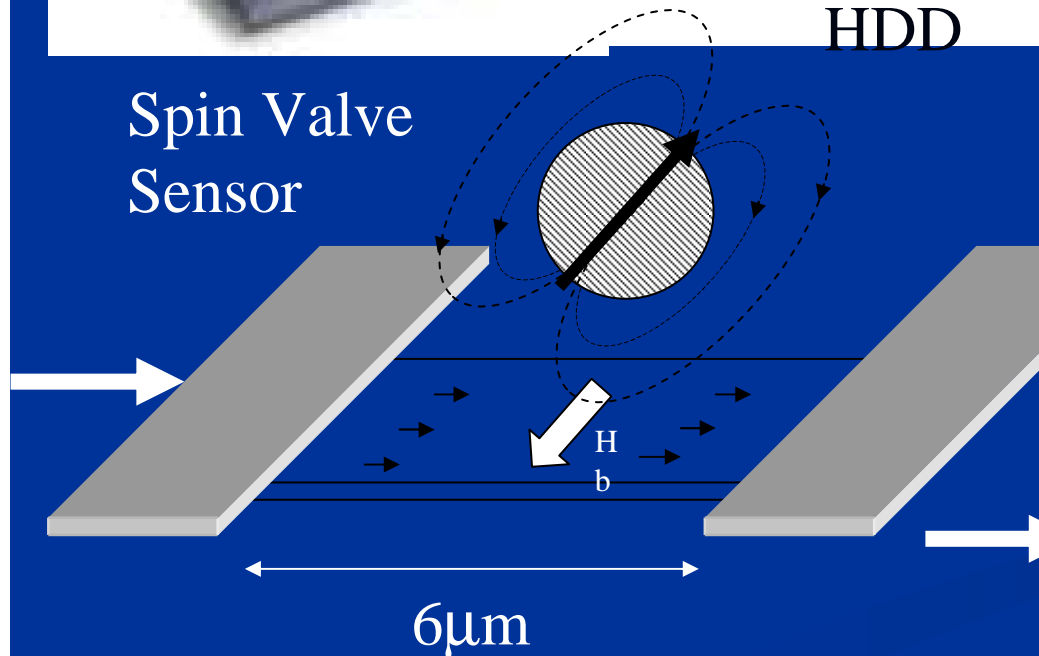


HDD

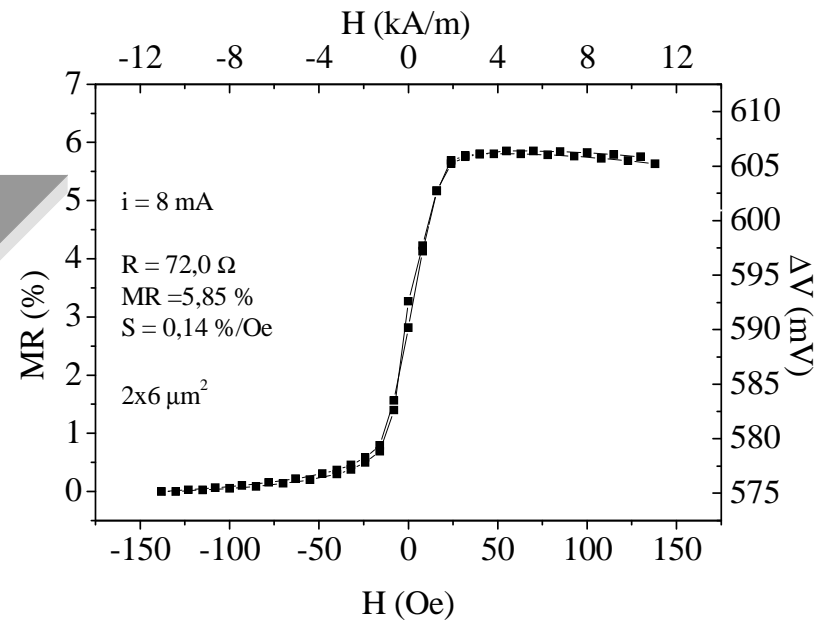
Spin Valve



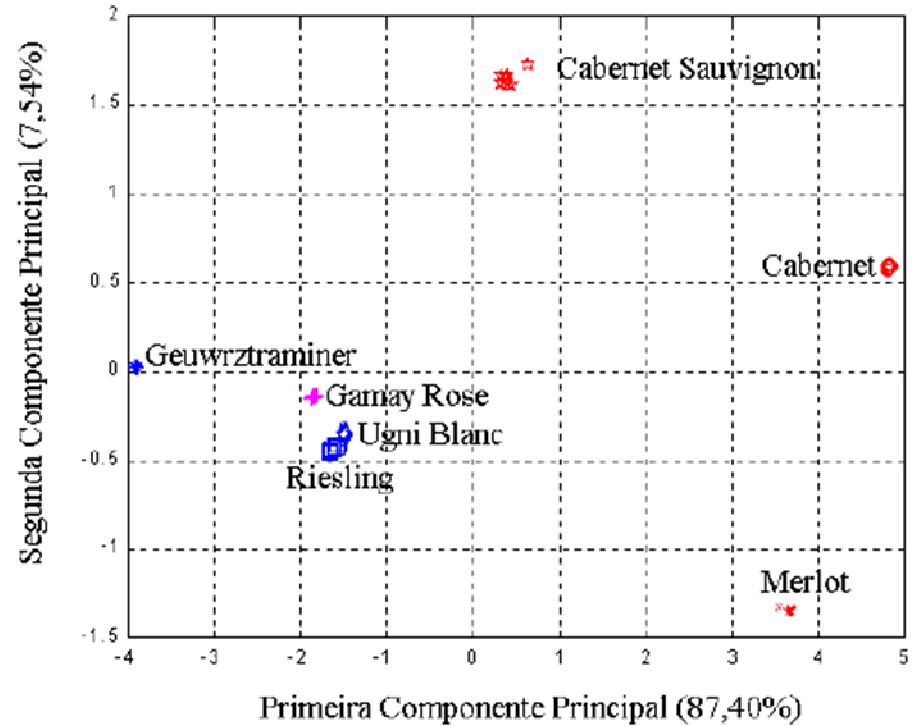
Spin Valve Sensor



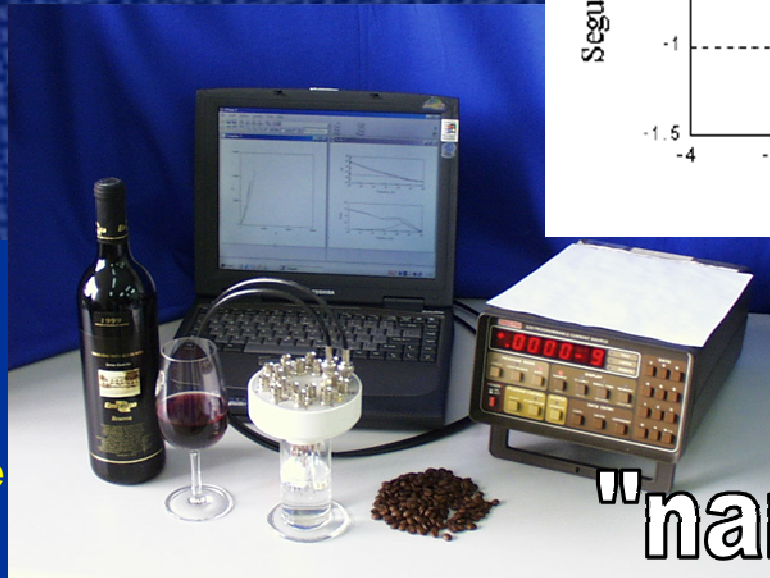
GMR-Fert and Grunberg, Nobel 2007



"Língua" Eletrônica



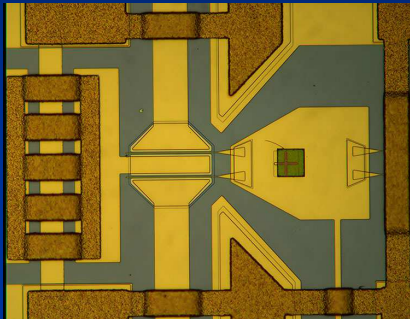
Controle de
qualidade e
reprodutibilidade



"nariz eletrônico"

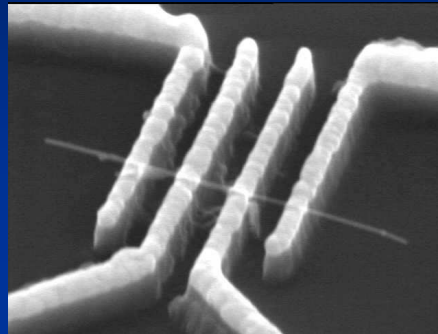
Aplicações – NANO DISPOSITIVOS

Nanoelectronics



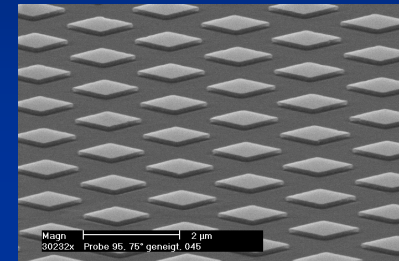
MMIC-HEMT,
ETH Zurich

Basic Research



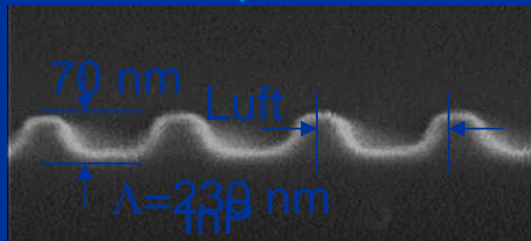
Electrical contacts,
University of Basel

Magnetoelectronics



TH Aachen

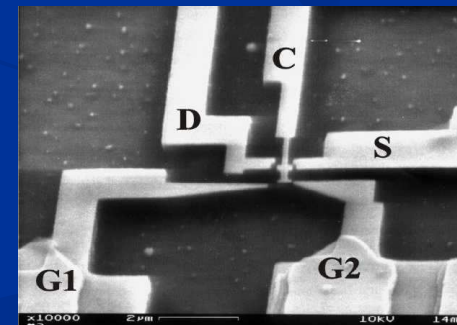
Optics



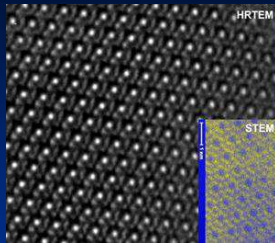
DFB Laser, WSI Munich



Nanomechanics



Nanopendulum, LMU

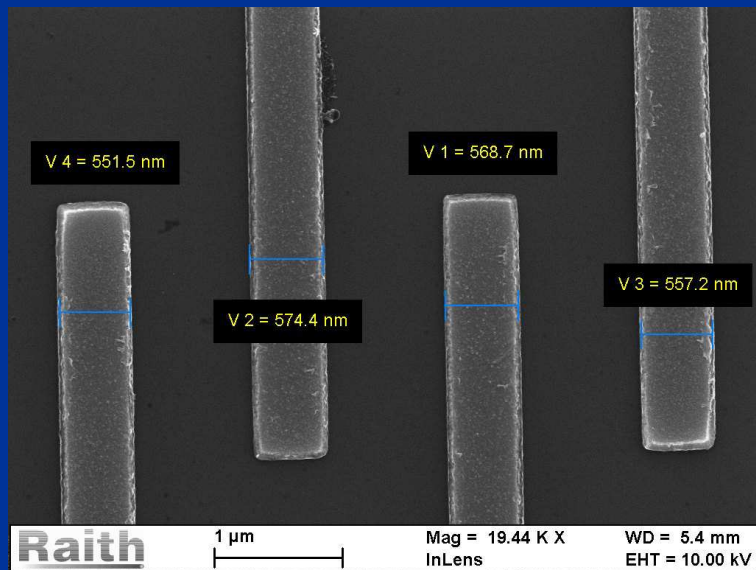


LABNANO

Laboratório Multiusuário de Nanociência e Nanotecnologia

Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas CBPF/MCTI

Rua Dr. Xavier Sigaud 150, Urca, 22290-180 Rio de Janeiro RJ - <http://www.cbpf.br/~labnano> - E-mail: labnano@cbpf.br



Nanolitografia por feixe de elétrons

O que proporcionou o “boom” da N&N ?

- Novas técnicas de análise :
 - se sofisticou: microscopia eletrônica
 - foram criadas: microscopia de tunelamento e varredura de ponta

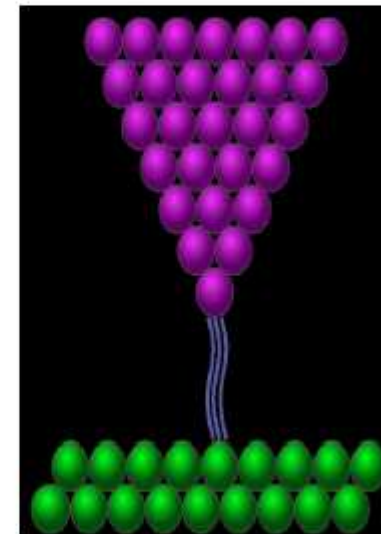
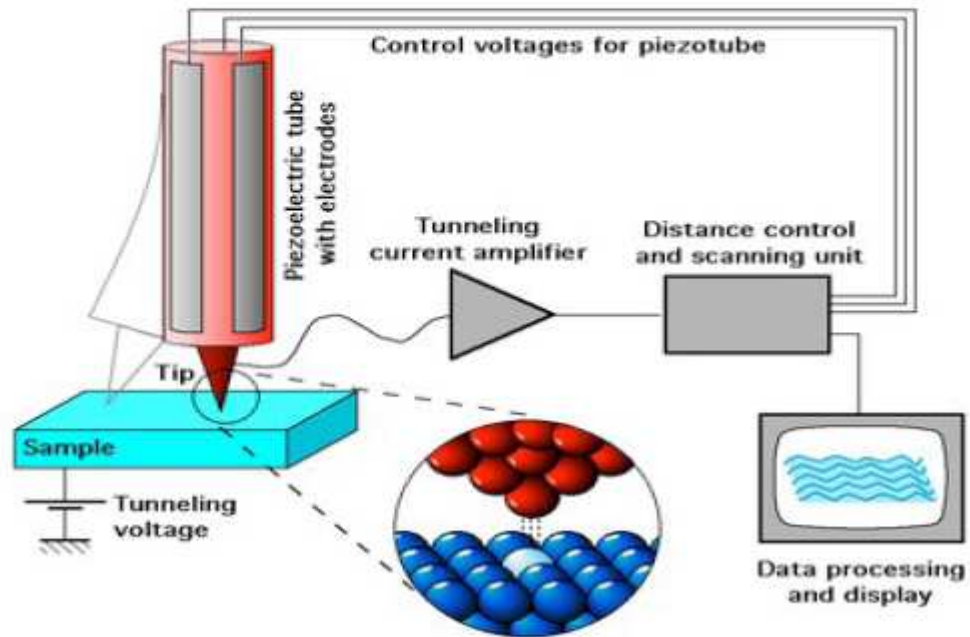
... e os preços baixaram

- Novas técnicas de fabricação surgiram:
 - litografia óptica (circuitos integrados)
 - litografia por feixe de elétrons
 - auto-organização por via química

... e os preços baixaram

- 1981 microscópio de tunelamento (STM)
- 1989 manipulação de átomos com STM

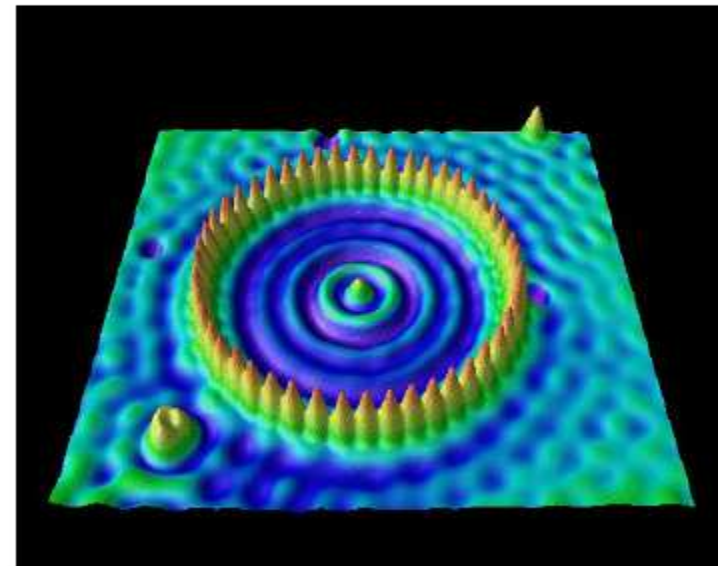
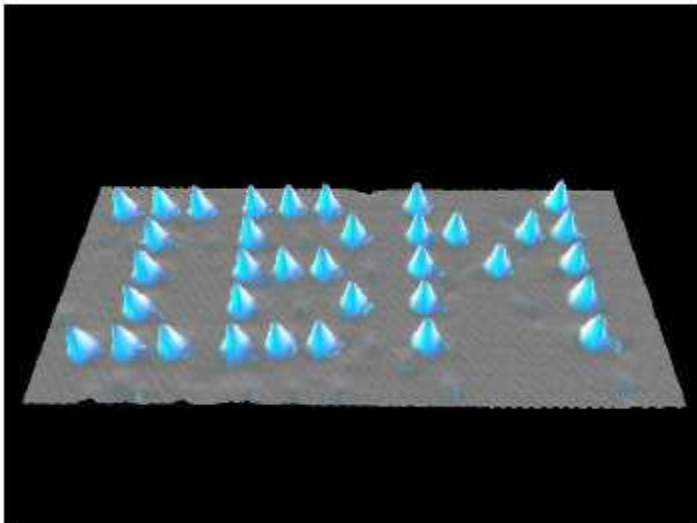
IBM



- 1981 microscópio de tunelamento (STM)

- 1989 manipulação de átomos com STM

IBM



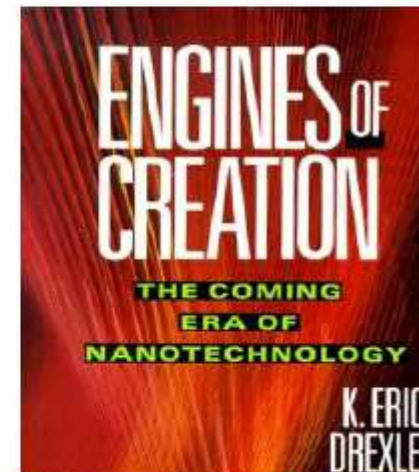
- 1986 "máquinas moleculares" Eric Drexler

construções moleculares poderiam ser feitas
átomo-a-átomo

- grandes: materiais (mais leves, resistentes, etc)

- pequenos: nanorrobôs

manipular átomos
destruir vírus, células cancerígenas,
consertar artérias e
até se reproduzir (como células)



Nanorrobôs

nanorobots
“nanobots”...

nanoficção
científica



- anos 90, movimentação política

Senador Al Gore (1992)

“... novas tecnologias sustentáveis...”

- Eric Drexler

- Richard Feynman (1959)

- corrida tecnológica com os japoneses

Vice-presidente Al Gore (>1992)

Mihail Roco, Neal Lane, Tom Kalil (NSF, indústria etc)

Richard Smalley (Nobel de Química 96, fulerenos)

- 2000, criada a NNI (National Nanotechnology Initiative) e “o planeta torna-se nano”, a se formou a “moda nano” química, biologia, ciência de materiais, física e indústrias: microeletrônica, cosméticos, etc

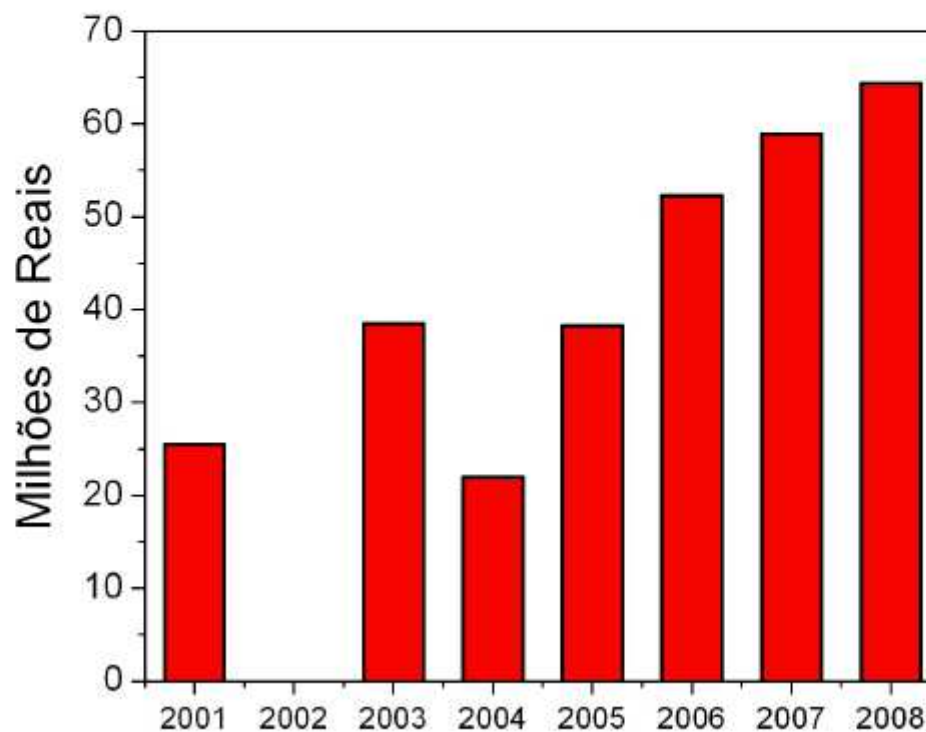


Ciência e Tecnologia

Ministério da Ciência e Tecnologia

HISTÓ

Coordenação-Geral de Micro e Nanotecnologias – CGNT
(criada em 2004)



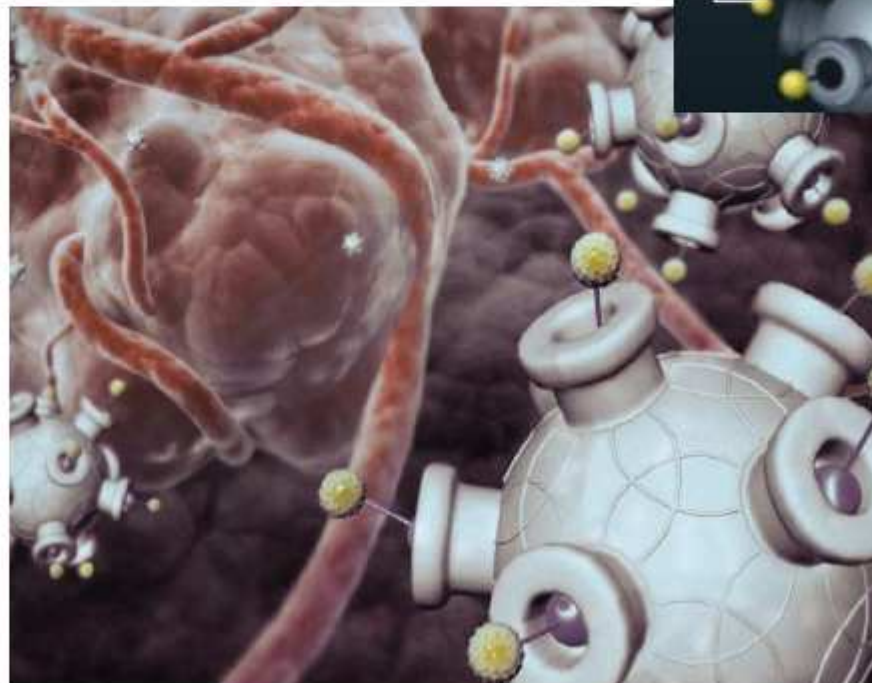
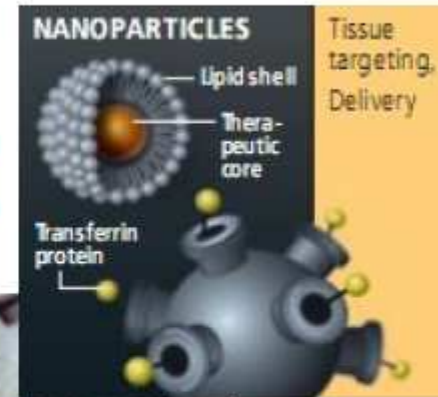
Aplicações da Nanotecnologia

⚡ Medicina / Bio

Eletrônica / Sensores

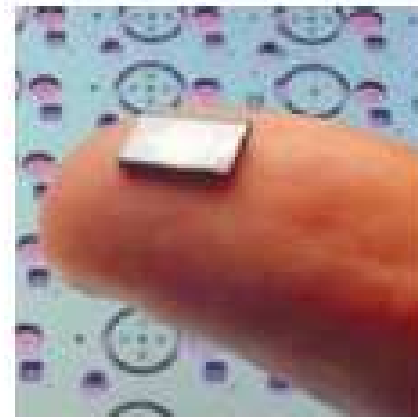
Compósitos

“Drug delivery”



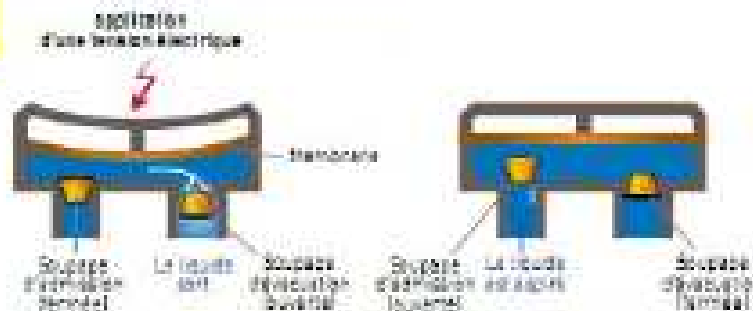
Potencial da nanotecnologia

eletrônica / sensores: miniaturização
(uso de peças / componentes nano)



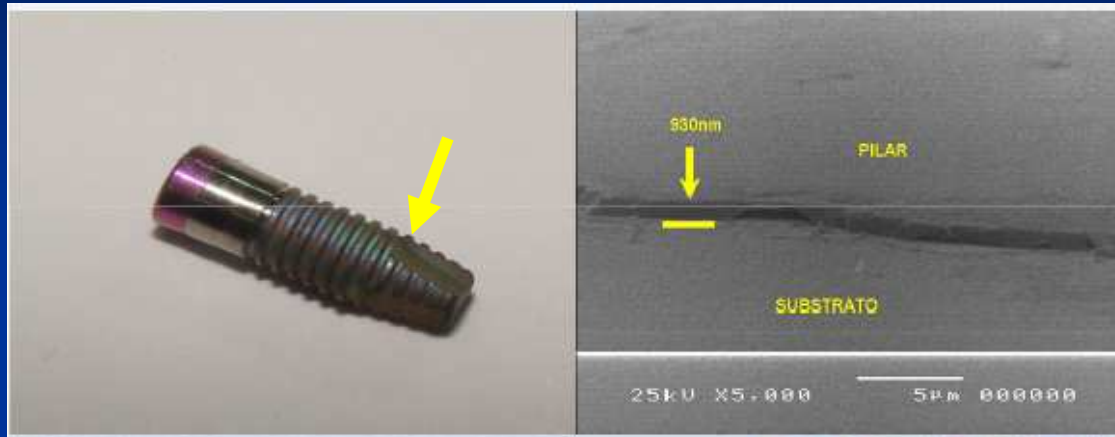
aplicador de
insulina

Debiotech SA

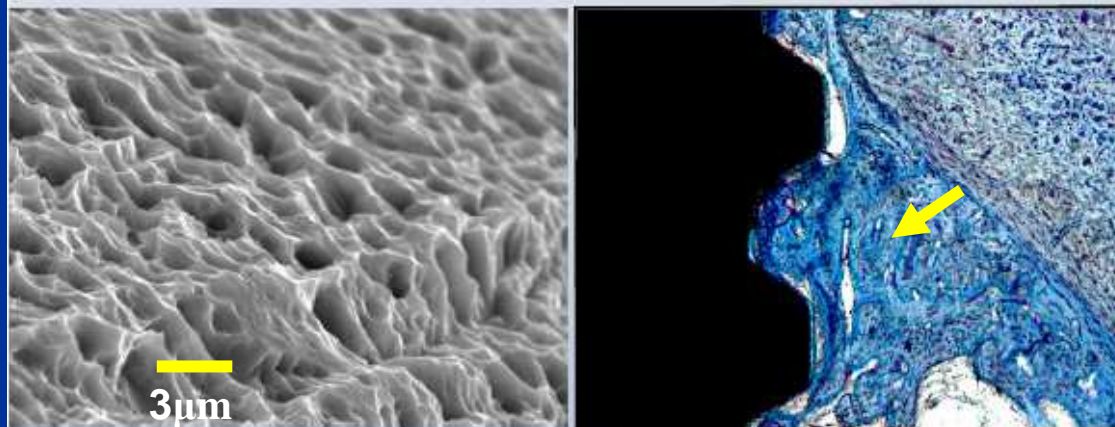


**Labiomat + LabSurf + Colaboradores =
Recobrimentos nanométricos de Fosfatos de cálcio biocompatíveis**

**Comercial Ti
implant with
100nm HAP
coating**

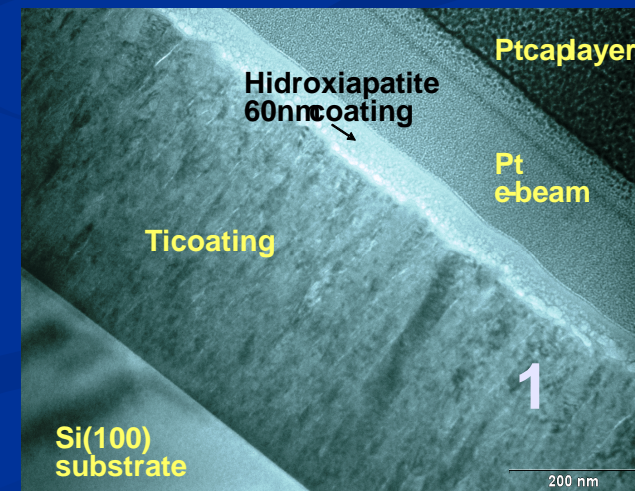
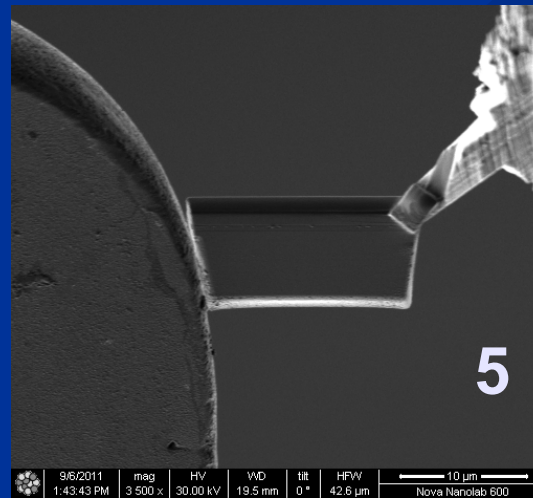
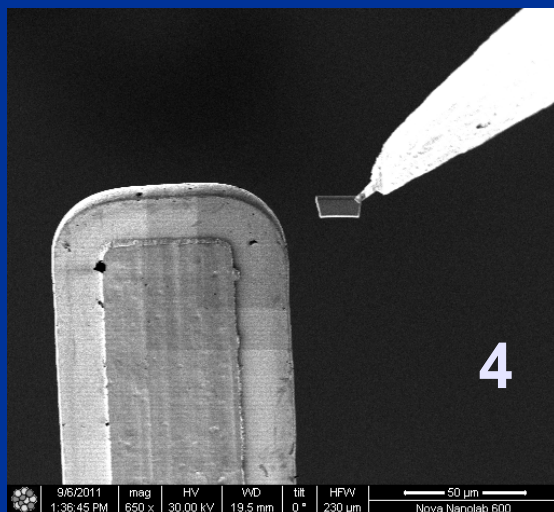
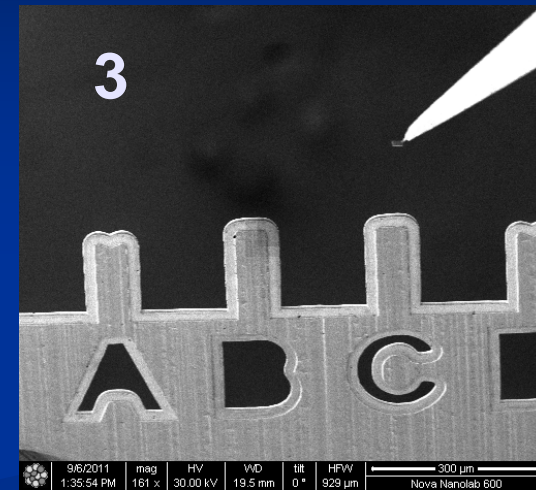
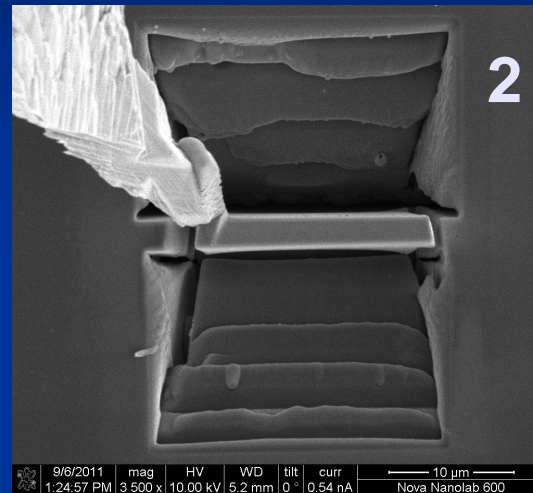
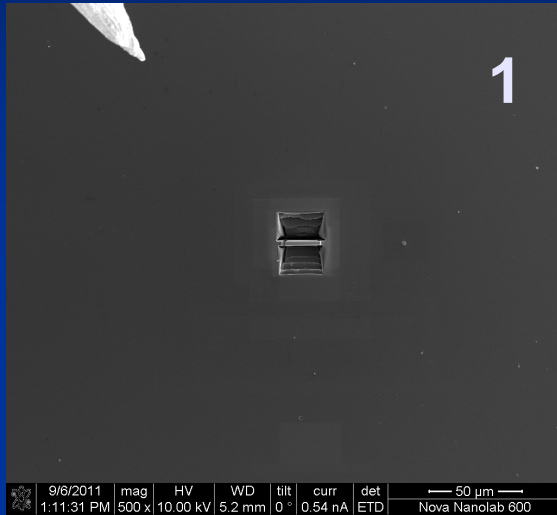


**Titanium implant
surface after acid
treatment and
HAP nano
coating**



**In-vivo
Pre clinical
tests**

Filme de Si / Ti (400nm)/ Hidroxiapatita (60nm)
 Nanofabricação por feixe de íons (FIB) de uma
 amostra para ser observada em seção transversal



TOXICOLOGIA

Riscos da Nanotecnologia

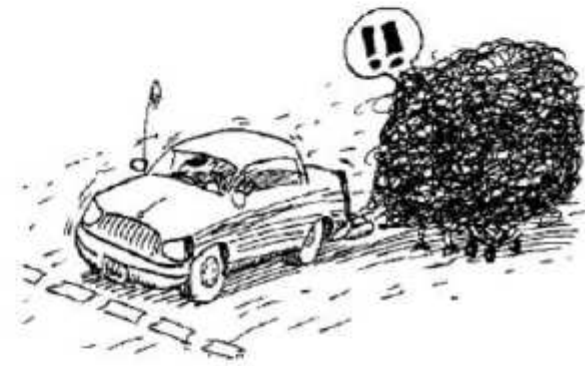
interação de nanopartículas (pó)
e estruturas artificiais (nano C)



meio ambiente

corpo humano

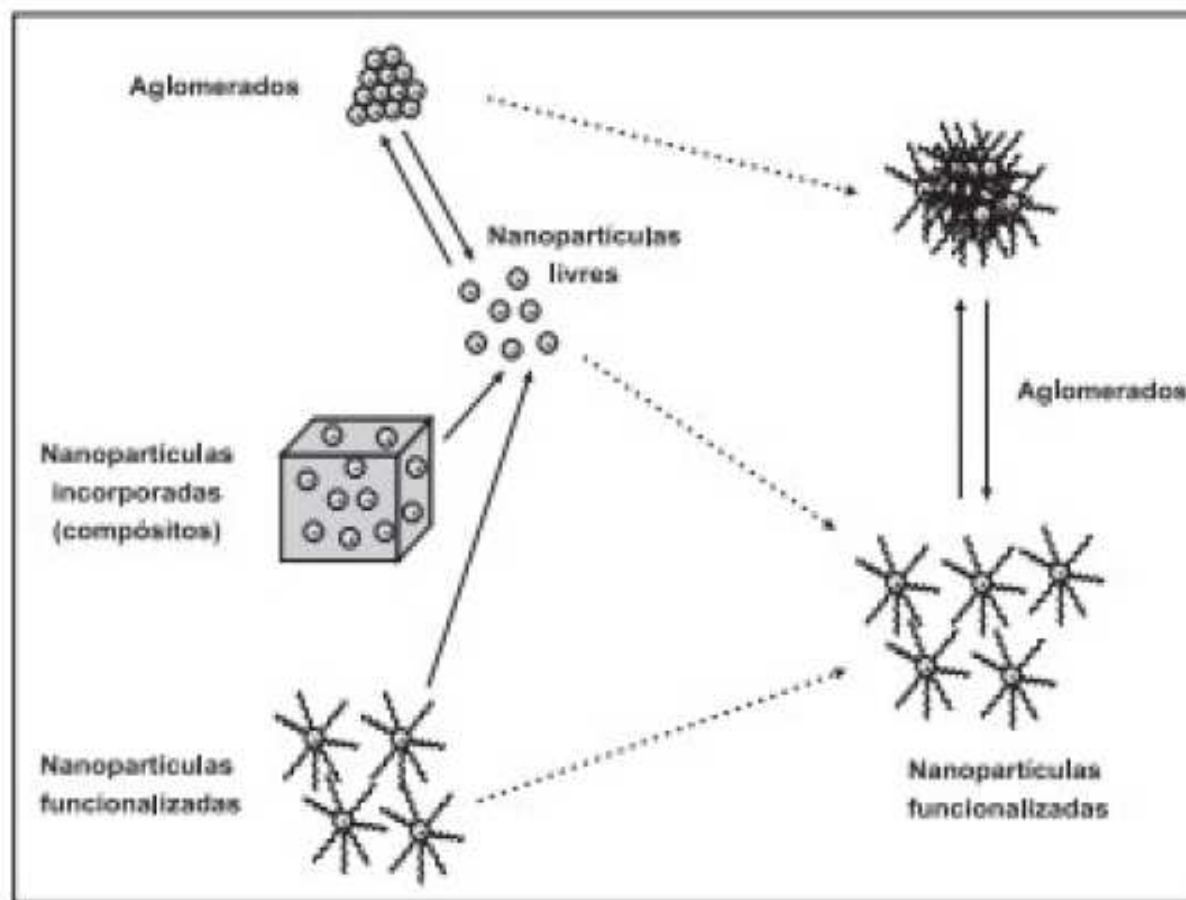
fontes naturais de nanopartículas



OS NANOMATERIAIS E A QUESTÃO AMBIENTAL

Matheus P. Paschoalino, Glauciene P. S. Marcone e Wilson F. Jardim*

Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, CP 6154, 13083-970 Campinas - SP, Brasil



Qual é a definição de N&N?

Tudo se tornou N&N

Nanotecnologia é uma nova revolução industrial?

É certamente um grande avanço

Produtos com nano-objetos são perigosos para a saúde e o meio ambiente?

Não são especialmente nocivos

Questões éticas

Há questões relevantes mas há muito exagero

