

II Tecnologia em Foco

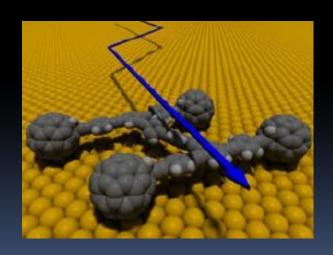
Prof. Dr. Peterson Bueno de Moraes - UNICAMP

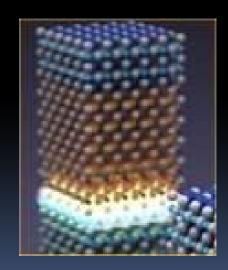
Faculdade de Tecnologia

Limeira, 10/2011

O que é Nanotecnologia?

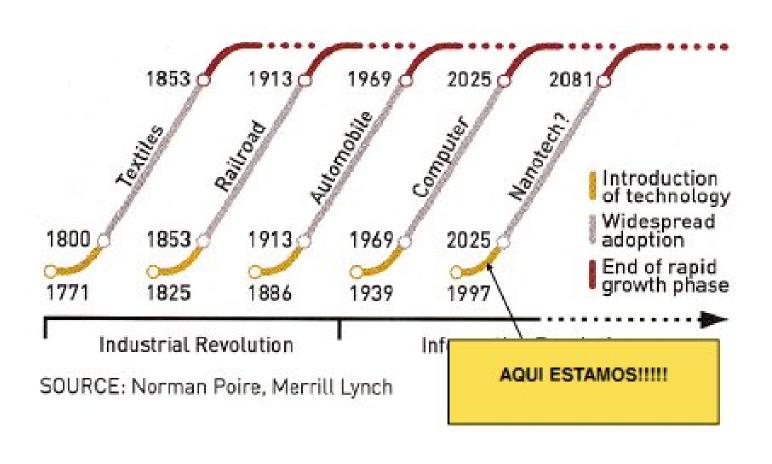
Criação, síntese, fabricação de materiais, dispositivos e objetos funcionais ou estruturais baseados nas propriedades da matéria estruturada em escala nanométrica.



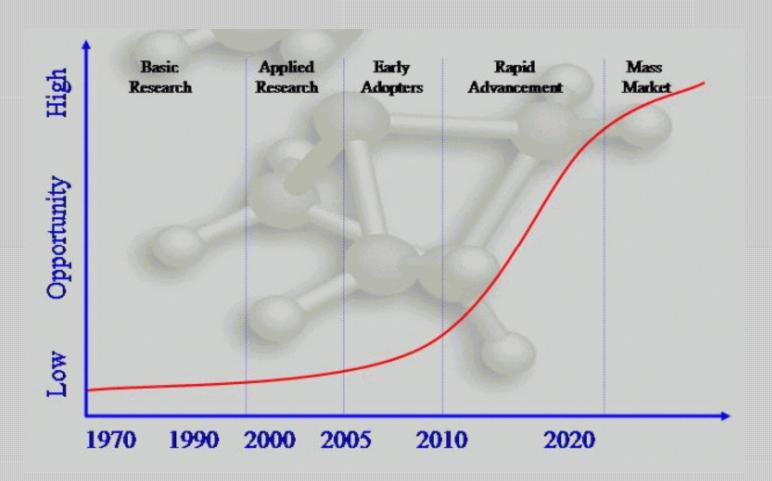


MOTIVAÇÕES

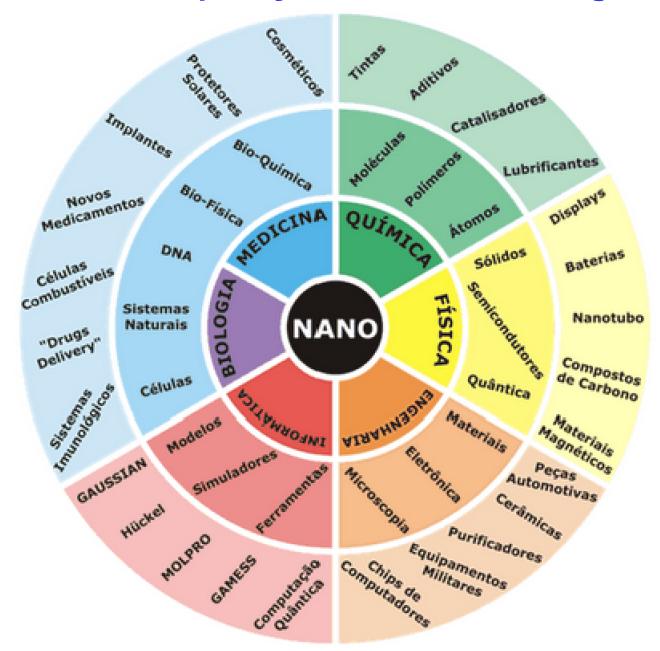
Forças revolucionárias



Evolução da nanotecnologia

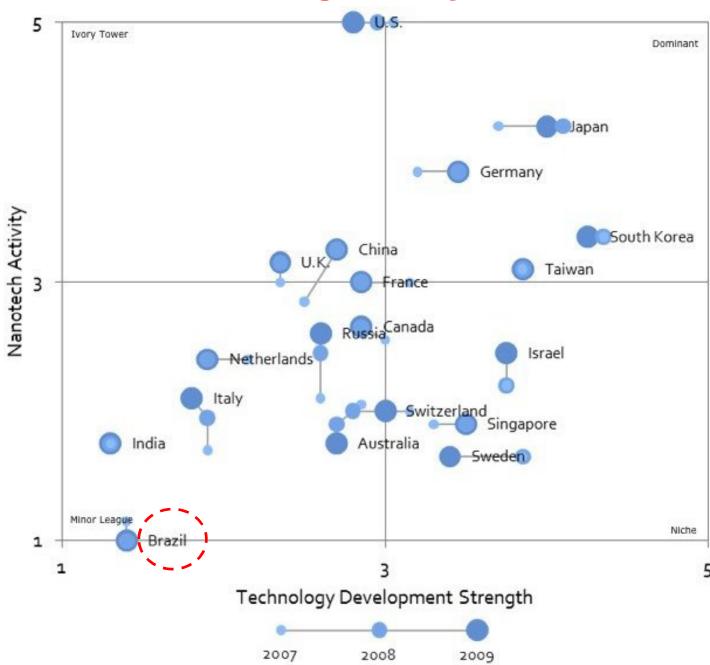


Desafios e aplicações da nanotecnologia



Fonte: ElectrolQ.com

Ranking das nações



Nanotecnologia no Brasil

(maior potencial entre os latino-americanos)

Produtos com base em nanotecnologias desenvolvidas originalmente no país, somou em 2010, cerca de R\$ 115 mi x US\$ 383 bi mundiais (0,03%)

Fonte: Firjan (2011)

Em nosso país há aproximadamente 150 empresas que desenvolvem algum produto ou prestam serviços a partir de conhecimentos em nanotecnologia.

Instituições privadas que mais investem em desenvolvimento de nanotecnologia:

BASF, Bayer, Honeywell, GE, IBM, Kraft e Nestlé.

Áreas onde o Brasil pode se tornar promissor (pesquisa MCT)

- > Indústria farmacêutica, cosmética (já são as maiores aplicações) e médica;
- > Desenvolvimento de materiais para benefício do meio ambiente (como monitoramento, recuperação e tratamento de água, esgoto e efluentes).
- > Descobrimento mais efetivo de produtos para o setor energético: células combustíveis e produção, armazenamento e conversão de hidrogênio.
- O governo elegeu a nanotecnologia como um campo de atuação tecnológica prioritário para ser atendido pelos programas federais:

 Tema está incluído no Plano de Ação 2007/2010: Ciência, Tecnologia e Inovação (Pitce) e na Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP).

Porque investir em tecnologia

As dez maiores das 100 melhores

Coca-cola, IBM, Microsoft, Google, GE, McDonald's, Intel, Apple, Disney e HP

Das 10 maiores, 7 são de tecnologia.

Nenhuma brasileira entre as 100.

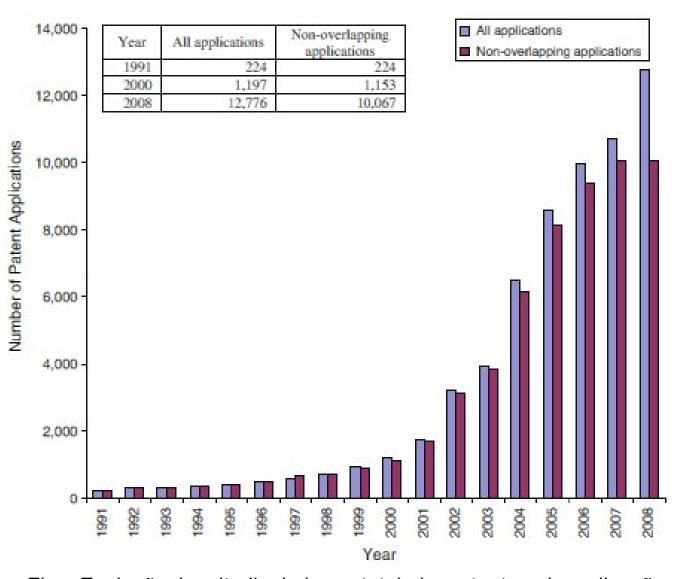


Fig.: Evolução longitudinal do n. total de patentes de aplicações nanotecnológicas em 15 escritórios, por ano.

Tabela: Número de patentes de aplicações nanotecnológicas publicadas entre 1991 e 2008.

Rank	Patent office (repository)	No. of nanotechnology patent applications (1991–2008)	2000	2008
1	USA	19,665	405	3,729
2	PRC	18,438	105	5,030
3	Japan	10,763	328	1,744
4	South Korea	5,963	74	1,249
5	Canada	1,539	41	255
6	Taiwan	1,363	28	3
7	Germany	1,312	62	70
8	Australia	1,296	76	136
9	Russian Federation	859	45	162
10	Mexico	471	0	88
11	UK	412	14	68
12	France	390	8	38
13	Brazil	315	0	103
14	Ukraine	243	0	83
15	New Zealand	140	11	18

Tab.: 5 maiores instituições em nº de patentes de aplicações de nanotecnologia de 15 escritórios, de 1991 a 2008.

No.	Patent office/ repository	Rank	Applicant institution	Country of the institution	Number of nanotechnology patent applications (1991–2008)	2000	2008
1	USA	1	IBM	USA	277	11	54
		2	Univ California	USA	209	11	29
		3	Samsung Electronics Co. Ltd.	South Korea	172	0	69
		4	Hon Hai Prec Ind Co. Ltd.	Taiwan	157	0	54
		5	Ind Tech Res Inst	Taiwan	106	3	15
1	3 Brazil	1	Unicamp	Brazil	13	0	1
		2	Comissao Nac de En Nuclear	Brazil	8	0	1
		3	Gen Electric	US	6	0	2
		4	Du Pont	US	5	0	5
		5	Gomes Uilame Umbelino	Brazil	5	0	1

Tab.: as 5 maiores áreas de patentes de aplicação de nanotecnologia em 15 escritórios de 1991 a 2008.

No	Patent office/ repository	Rank	IPC class	Class name	Number of nanotechnology patent applications (1991–2008)	2000	2008
1	USA	1	H01L	Semiconductor devices; electric solid state devices not otherwise provided for	4,203	76	743
		2	A61K	Preparations for medical, dental, or toilet purposes	1,974	51	367
		3	G01N	Investigating or analyzing materials by determining their chemical or physical properties	1,754	36	230
		4	C01B	Non-metallic elements; compounds thereof	1,453	23	187
		5	B32B	Layered products, i.e., products built-up of strata of flat or non-flat, e.g., cellular or honeycomb	1,400	15	444
13	Brazil		A61K	Preparations for medical, dental, or toilet purposes	65		
		2	C08K	Use of inorganic or non-macromolecular organic substances as compounding ingredients	30	0	7
		3	C08L	Compositions of macromolecular compounds	28	0	6
		4	B01J	Chemical or physical processes, e.g., catalysis, colloid chemistry; their relevant apparatus	28	0	8
		5	B82B	Nano-structures manufacture or treatment thereof	24	0	12

DESAFIOS DO BRASIL

Capacitação em nanotecnologia

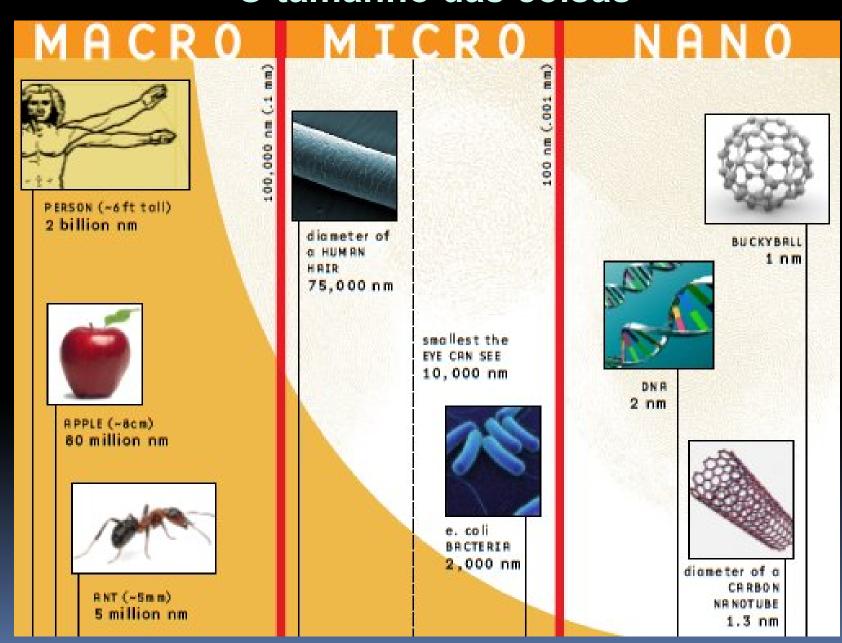
CONSEQUÊNCIAS







O tamanho das coisas



Fonte: http://svtc.org

Things Natural



Dust mits 200 µm



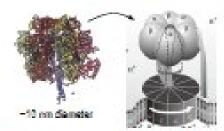
Human hair - 80-120 um wide





Fly ash - 10-20 µm





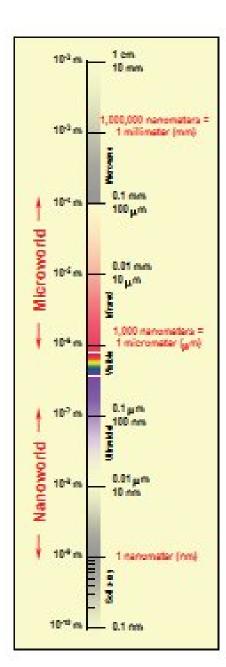


-2-1/2 om Sameter

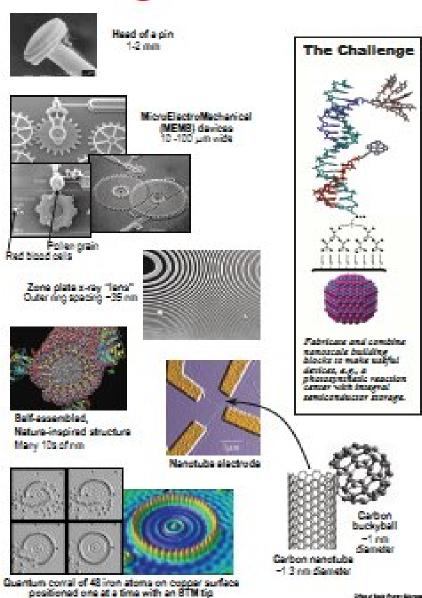
Ш

ATP synthese

Atoms of silicon spacing 8 078 nm



Things Manmade



Compi dia instar 14 nm

O que são?

São materiais que possuem ao menos uma dimensão na faixa de tamanho nanométrica, abaixo do tamanho crítico capaz de alterar alguma de suas propriedades. Ex.: filmes finos; nanofios e nanotubos; pontos quânticos.

Propriedades

- Área de superfície relativa maior por unidade de massa;
- Maior reatividade química;
- Maior proporção dos átomos estão na superfície:
- 30 nm: 5% dos átomos na superfície; 10 nm: 20%; 3 nm: 50%.
- Efeitos quânticos: novas propriedades óticas, elétricas e magnéticas.

Propriedades de grande interesse



Área superficial e reatividade

1 g de esferas de ferro:

Com ϕ 1 mm, área superficial é 0,00038 m²

Com ϕ 1 µm, área superficial é 0,38 m²

Com \$\phi\$ 10 nm, área superficial \$\delta\$ 38 m²

Nanomateriais apresentam maior reatividade comparado ao mesmo material de maior dimensão

Importância:

- Possibilidade de controlar a estrutura dos materiais em escalas cada vez menores;
- As propriedades dos materiais, desde tintas a chips de silício, são determinadas pela sua estrutura nas escalas micro e nano.
- Criar materiais com novas características, funções e aplicações.

Tipos:

Nanomateriais são classificados em 3 categorias: 2D, 1D e 0D

Exemplos:

- Águas subterrâneas e superficiais contém aproximadamente 10¹³ partículas com diâmetro de 10 nm/L.
- Fuligem;

Existem nanopartículas naturais?

- partículas coloidais (leite, etc.)

- etc.

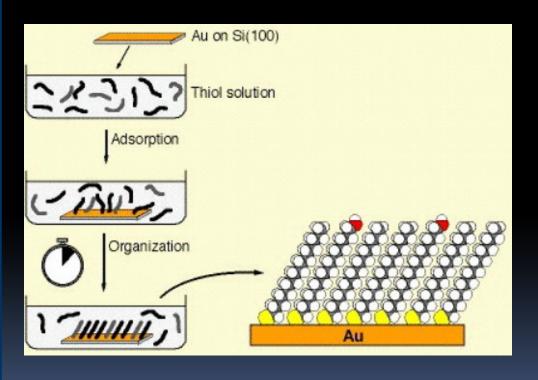
Sim.

Nanomateriais 2D

- Filmes-finos, camadas e superfícies
- Superfícies projetadas para apresentarem características específicas:
- grande área de superfície ou reatividade a um certo elemento
- Utilizados em áreas como construção de equipamentos eletrônicos, química e engenharia;
- Têm aplicações como células combustíveis e catalisadores;
- Na indústria de Cls, dispositivos dependem de filmes finos para operarem;
- Superfícies podem ser criadas com base na auto-organização de moléculas.

Nanomateriais 2D

Monocamadas – camadas com espessura de um átomo ou molécula



Monocamadas auto-organizáveis

- Self Assembled Monolayers (SAM)
- substrato de ouro em silício
- solução de etanol com o tiol desejado
- rápida adsorção das moléculas (segs)
- organização > 15hs

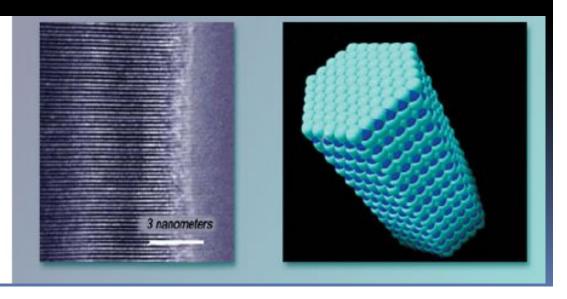
http://www.ifm.liu.se/Applphys/ftir/sams.html

Nanomateriais 1D

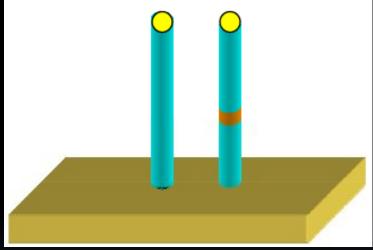
- Apresentam novas propriedades elétricas e mecânicas, por isso vêm sendo muito pesquisados:
- Nanotubos de Carbono
- Nanotubos Inorgânicos
- Fios quânticos, nanowhiskers
- Biopolímeros

Descoberta recente (2004) Controle sobre o crescimento dos nanofios:

 Nanofio de nitrito de gálio em substrato de óxido de magnésio apresenta forma hexagonal



Nanowhiskers – 1D







O crescimento de material é perturbado pela partícula

Crescimentos de fios quânticos



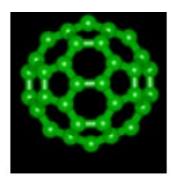
Heteroestruturas

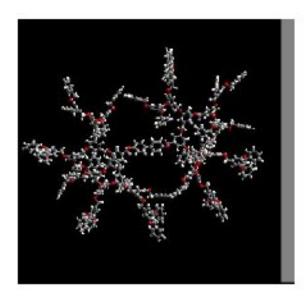


Pontos quânticos

Nanomateriais 0D

- Nanopartículas
- Fulerenos C60
- Dendrímeros:
 - Formados por autoorganização hierárquica
 - Moléculas aplicadas em drug delivery, portando outras moléculas
 - Limpeza de ambiente através do aprisionamento de íons metálicos
- Pontos Quânticos





Nanomateriais 0D

Ponto Quântico

- Poço de potencial energético capaz de confinar elétrons
- Quantização da energia nas 3 dimensões
- Elétrons confinados tem níveis de energia discretos, semelhante a átomo
- Também chamado de "Átomo artificial"
- Dimensões dependem das condições de crescimento (4 20 nm)
- Aplicações
- Fotodetectores, diodos laser, cirurgia por imagem guiada, etc.
- Computação Quântica candidato promissor

Ponto Quântico

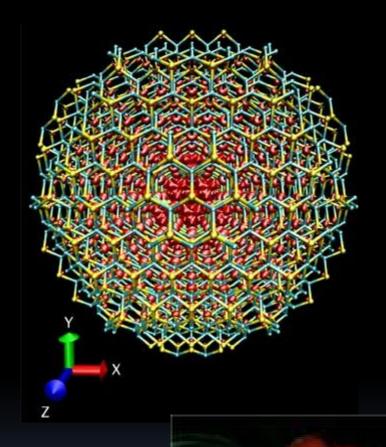


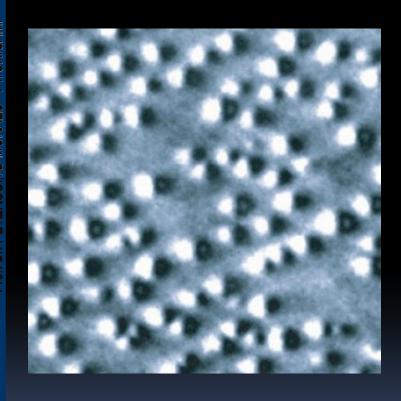
Imagem por fluorescência de um ponto quântico de CdSe em ambientes variando de estável para altamente instável (pequenas variações na uniformidade afetando as propriedades eletrônica).

Azul: cádmio; Amarelo: selênio; vermelho: elétrons excitados.

Fonte: http://www.nanotech-now.com/news.cgi?story_id=29241

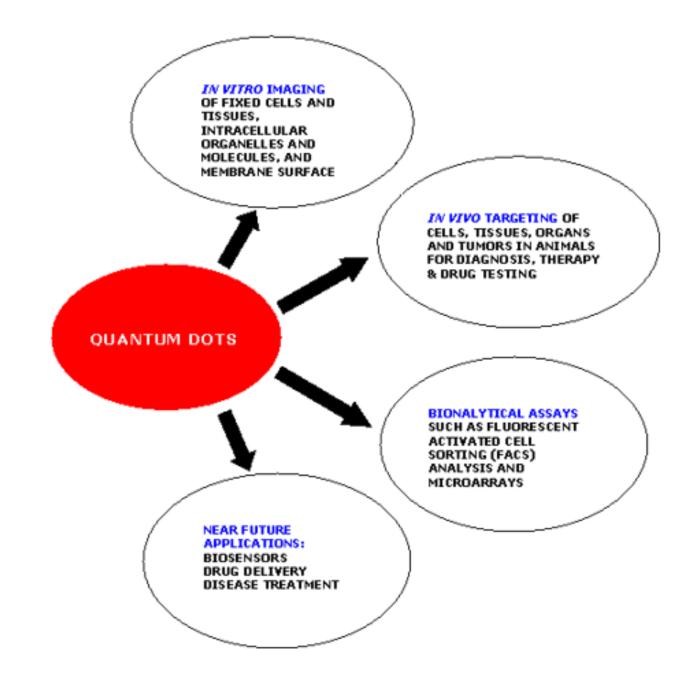


Ponto Quântico



Micrografia de um ponto quântico em forma de pirâmide de Indio, Gálio e Arsênio.

Cada ponto mede aproximadamente 20 nanos de largura e 8 de altura



Nanotubos

O que são?

– Estrutura de carbono formada por uma ou múltiplas folhas de grafeno (arranjo bidimensional formado por hexágonos de átomos de carbono sp², cujo empilhamento origina a estrutura do grafite) redescobertas em 1991 por Sumio lijima.

Dimensões:

- Diâmetro: poucos nanômetros;
- Comprimento: micrometros a centímetros

Nanotubos

Propriedades importantes:

- Mecânicas:
- Um dos materiais mais "duros" conhecidos (similar a diamantes);
- Apresenta resistência mecânica altíssima;
- Capaz de suportar peso;
- Alta flexibilidade.
- Elétricas:
- Transportam bem a corrente elétrica;
- Podem atuar com característica metálica, semicondutora ou até supercondutora.
- Térmicas:
- Apresenta altíssima condutividade térmica na direção do eixo do tubo.

Porque nanotubos de carbono?

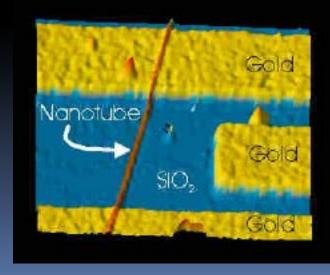
- Super fibra de carbono
- Tamanho nanométrico (1-100 nm)
- Alta corrente (~10⁹ A/cm²)
- Alta condutividade térmica (1750-5800 W/mK)
- Tensão mecânica (60GPa) e modo elástico
 (1TPa)
- Poucos defeitos e ser inerte
- Ligações covalentes
- 1-D SWCNTs podem ser metálicos ou semicondutores.
- Efeitos quânticos condução eletrônica 1D

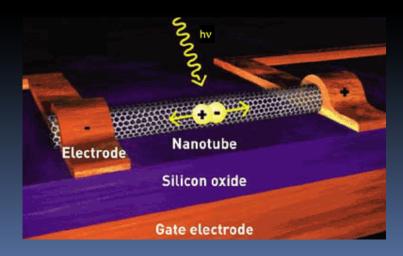


Nanotubos

Algumas Aplicações

- Fibras e películas (resistência e condutividade);
- Antenas (ganho de recepção);
- Sondas e implantes cerebrais para estudo e tratamento de desordens e danos neurológicos (portáteis e longa vida útil);
- Dispositivos emissores de raios-X;
- Dispositivos eletrônicos (transistores, diodos, etc.);
- Sensores (químicos e físicos).

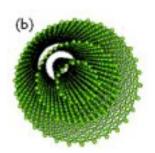




Nanotubos de carbono - tipos

Os MWCNTs são constituídos de 2 a 40 camadas de grafeno concêntricas, que se distanciam entre si por 0,34 nm (de maneira análoga à separação existente entre os planos (002) do grafite) e normalmente apresentam diâmetros de 10 a 50 nm com comprimentos maiores que 10 micrometros, sendo que suas propriedades estão diretamente ligadas ao número de camadas e ao seu diâmetro interno. Os SWCNTs são mais finos e apresentam diâmetro variando entre 1 e 5 nm, sendo formados por uma única folha de grafeno.

A simetria dos CNTs é dada pela maneira como a folha de grafeno se enrola. Desta forma, os SWCNTs podem apresentar três diferentes estruturas quirais: "armchair", "zig-zag" e "chiral



Representação esquemática da estrutura de nanotubo de parede múltipla

Nanotubos de carbono - tipos

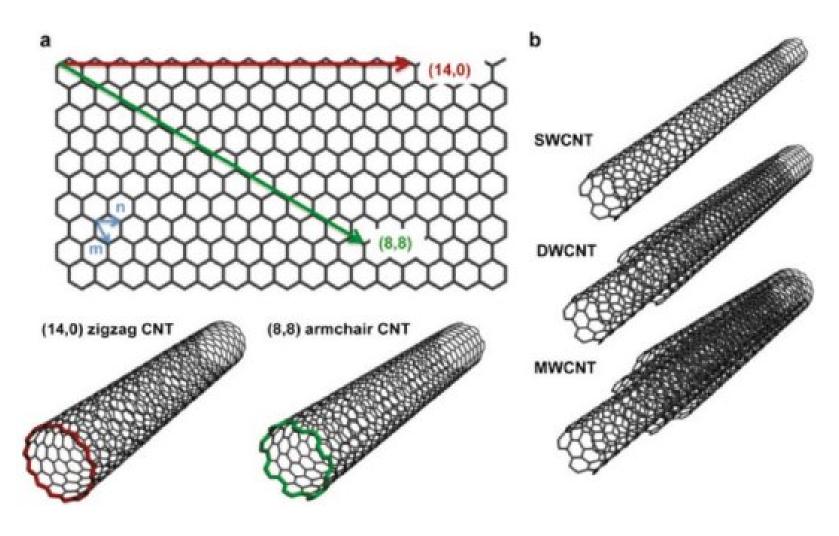


Fig.: Variação estrutural do NTC. (a) Orientação da estrutura em armchair (n, m) e zigzag (n, 0) . (b) NTC simples, duplo e múltiplo.

Fonte: Schnorr & Swager (2011)

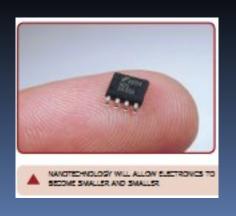
- Células combustíveis
- Displays
- Baterias
- Aditivos
- Catalisadores
- Tintas / Meio ambiente
- Etc.

Terapia Fotodinâmica (Fullerenos como fotosensibilizadores)

Produção de radicais livres por radiação (UV e visível)

Proteção antibacteriana para teclados (celulares, computadores, etc.)

Telas (TV, computadores, celulares, etc.)

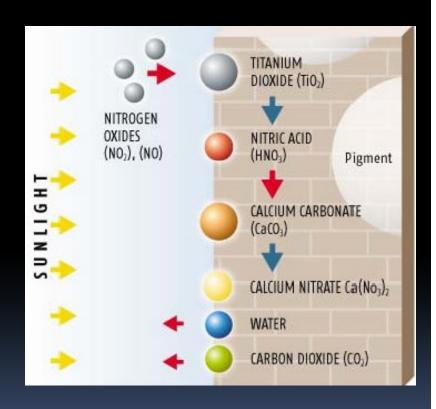




Tintas / Meio ambiente

ECOPAINT - Captura energia do sol para neutralizar poluição (gases nitróxidos que causam problemas respiratórios e ativam o efeito estufa) http://www.newscientist.com/news/news.jsp?id=ns99994636

- Partículas de dióxido de titânio absorvem luz UV
- Nitróxidos são convertidos em ácido nítrico
- O ácido reage com carbonato de cálcio, liberando água e CO₂



Materiais magnéticos

Nanoímãs contra o câncer e o HIV: (http://www.unb.br/acs/bcopauta/nanotecnologia1.htm)

- Fluido Magnético Biocompatível (FMB) (injeção de partículas magnéticas de escala nanométrica junto com os anticorpos) pode auxiliar na condução de drogas de combate a doenças como AIDS e câncer.
- Quando o paciente é exposto a um campo magnético externo alternado, a partícula presa à célula acompanha o movimento da força, vibrando.
- Ao vibrar, é criado um atrito que aumenta a temperatura celular, provocando uma citólise (morte da célula).

Trajes militares

- No campo de batalha do futuro, os soldados estarão usando uniformes - armaduras.
- Acionando-se uma chave, o uniforme se transforma: de confortável e macio em armadura durável, leve e flexível.

http://web.mit.edu/isn/

INSTITUTE FOR SOLDIER NANOTECHNOLOGIES

Enhancing Soldier Survivability

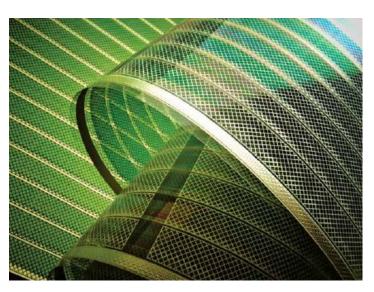


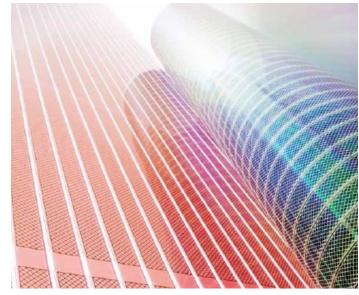
Recebeu US\$ 50 milhões para criar o uniforme de batalha do século 21

células fotovoltaicas orgânicas flexíveis



Fonte: Konarka (2011)







1. The wondow is exposed to dayleght



4. Resowater into wondow and sheets down glass





2. Daylight imagers the Pillington Activ' costing



5. Dirt is washed away by rain



3. Mesotion locates organic diet



6. Window is left clean.

Compostos utilizando nanotubos



Raquetes utilizando nanotubos de carbono: mais resistencia e menos peso.



Quadro da bicicleta da equipe vencedora da volta da França, Phonak, pesa menos de 1kg.

- Cosméticos e protetores solares
 - Dióxido de Titânio, transparente e reflete UV
- Compostos utilizando nanopartículas e nanotubos
- Plásticos e cerâmicas
 - · Carro: amortecedores, faróis, circuitos, tinta
- Ferramentas mais forte e afiadas





http://www.plastics-car.com/applications/exterior. http://www.activglass.com/Pages/howframe.html





Bolas utilizadas na Copa Davis possuem nanomateriais que permitem durabilidade 2x maior.



"Língua eletrônica" desenvolvida pela Embrapa

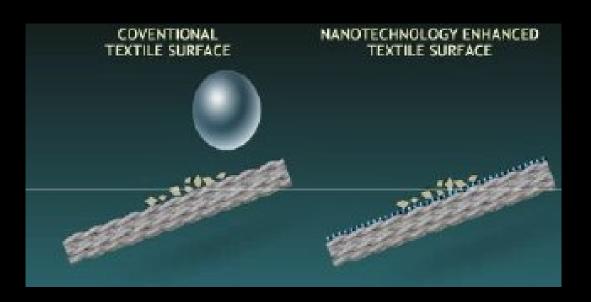
Fonte: Emprapa

Catalisadores

- O craqueamento catalítico é o processo químico tecnológico mais usado no mundo.
- 40% da gasolina dos EUA e 60% da gasolina da Europa é feita desta maneira.



Fig.: representação de móleculas craqueadas em uma Y-zeólita



Reduz COV (odor) nas roupas

Melhor impermebilização

Conforto térmico

Facilita limpeza

Mais opções de cores

Outros usos:

Geladeiras

Ar-condicionado

Caixa de água, bebedouros, etc.

EXEMPLOS DE APLICAÇÕES DE NANOMATERIAIS NO TRATAMENTO DE ÁGUAS E EFLUENTES

- Membranas de filtração, dessalinização;
- Zeólitas nanomodificadas, polímeros nanoporosos;
- "Nano-esponjas" para remoção de metais tóxidos;
- Nanopartículas para a degradação catalítica de poluentes;
- Nanopartículas magnéticas para tratamento de água e remediação;
- Nanosensores para detecção de contaminantes e patógenos;
- Plásticos eletrostaticamente modificados para absorção de íons

Fig.: Compósito de magnetita, zeolita e nanopartículas de prata com propriedades magnéticas que permitem a separação magnética para reciclagem, regeneração ou disposição, sem contaminação secundária (Dong, 2009)



Tab: exemplos específicos de processos de nanofiltração com Membranas

Organization	Country	Type of Technology	Link				
Rensselaer Polytechnic Institute Banaras Hindu University India Argonide United States United States United States		Devised a simple method to produce carbon nanotube filters that efficiently remove micro- to-nano-scale contaminants from water:	http://www.rpi.edu/				
		Devised a simple method to produce carbon nanotube filters that efficiently remove micro- to-nano-scale contaminants from water:	http://www.angonide.com/ http://www.solmetex.com/				
		Developed a filter comprising oxidized aluminum nanofibers on a glass fiber substrate.					
		Develop and manufacture heavy metal binding resins that remove metals and metal complexes, including mercury, arsenic, cyanide, and cadmium from water.					
Filmtec Corporation United States		Nanomembrane filtration technologies	http://www.dow.com/liquidseps/prod/prd_film.htm http://www.dow.com/liquidseps/index.htm				
NorthWest University, Potchefstroom University of Stellenbosch, Institute for Polymer Science		Nanomembrane filtration technologies	http://www.puk.ac.za/fakulteite/natuur/scb/index_e.htm http://academic.sun.ac.za/polymer/				
		Nanomembrane filtration technologies					

Tab: exemplos específicos de polímeros nanoporosos

Organization	Country	Type of Technology	Link	
Los Alamos National Laboratory	United States	Developed a new class of nanoporous polymeric materials that can be used to reduce the concentration of common organic contaminants in water to parts-per-trillion levels.	http://www.lanl.gov/	

Fonte: Hillie et al. (2005)

Tab: Exemplos de dessalinização utilizando nanotecnologia

Organization	Country	Type of Technology	Link
The Stephen and Nancy Grand Water Research Institute	Israel	Using reverse osmosis whereby pressure is applied to salt water, forcing fluid through a very fine membrane resulting in virtually pure water.	http://gwri.technion.ac.iV
Long Beach Water Department	United States	Reduced overall energy requirement of seawater desalination using a relatively low pressure two staged nano filtration process.	http://www.waterindustry.org/New/620Projects/desal-20.htm

Fonte: Hillie et al. (2005)

Tab: Exemplos de degradação catalitica utilizando nanopartículas

Organization	Country	Type of Technology	Link			
Inframat Corporation	United States	Developing a material composed of highly porous nanfibrous structure that can be used to remove arsenic from drinking water by combining a nanofibrous MnO ₂ oxidative process with a granular ferric hydroxide adsorptive process	http://www.inframat.com/			
EnvironmentalCare Hong Kong		Developed a nano- photocatalytic oxidation technology for the removal of bacteria and pollutants from water	http://www.environmentalcare.com.hk/			
University of Illinois, University of Pittsburgh, Yeshiva University	United States	Exploring the use of nanocatalysts to reduce pollution of oxidized contaminants (e.g. nitrates)	http://www.uillinois.edu/, http://www.pitt.edu/, http://www.yu.edu/, http://pubweb.bnl.gov/users/frenkel/www/MRS/MRS-2005-1.pdf			
Rice University	United States	Exploring nanocatalysts to remove trichloroethylene and organic aromatic contaminants from groundwater	http://cohesionrice.edu/centersandinst/cben/research.dfm?doc_id=5099			

Tab: Tratamento de água e remediação utilizando nanopartículas magnetizadas

Organization	Country	Type of Technology	Link				
Rice University	United States	Developing magnetite nanocrystals for arsenic removal from groundwater	http://cohesionvice.edu/centersandinst/cben/researchcfm/bloc_jd=510				

Fonte: Hillie et al. (2005)

Tab: Nanosensores para detecção de contaminantes e patógenos.

Organization	Country	Type of Technology	Link http://www.biofinger.org/		
BioFinger	Europe	Developing a portable molecular detection tool			
University of Buffalo	United States	Developing a handheld sensor that can detect the presence of toxins potentially used as agents in biological warfare.	http://www.buffalo.edu/		
University of Maryland	United States	Found that simple filtration can be useful in reducing cholera and other enteric diseases	http://www.umd.edu/		

Fonte: Hillie et al. (2005)

Membranas de nanotubos de carbono

Existem diversos métodos de produção. Um muito utilizado: recobrir um *wafer* de silicone com um catalisador metálico nanométrico (fazendo que nanotubos cresçam verticalmente)

Vantagens

- > Seletividade mais alta que membranas convencionais;
- > Alta área superficial, alta permeabilidade e boa estabilidade térmica e mecânica;
- ➤ Estudos demonstram que podem remover quase todos os tipos de contaminantes e ser utilizada para dessalinização;
- > Apresentam igual ou maior fluxo no tratamento;
- Maior durabilidade, limpeza mais fácil e maior possibilidade de reúso.

Membrana de nanotubo de carbono para dessalinização de água. (Fonte: Risbud, 2006)



Nanomesh

Composto de nanotubos de carbono que são ligados juntos e colocados em um substrato poroso e flexível. Nome comercial do filtro comercializado pela Seldon Inc.: waterstick.

O filtro pode ser constituído de várias camadas funcionalizadas, i,e., cada uma remove um tipo de contaminante orgânico ou inorgânico, além de desinfectar ou dessalinizar águas ou efluentes. Além disso é revestido com uma camada antibacteriana que previne a formação de biofilme.

Membranas de nanotubos de carbono



Waterbox: Equipamento para purificação de água desenvolvido pela Seldon Technologies Inc. (nanotubos)



Waterstick: Membrana para purificação de água subterrânea desenvolvido pela Seldon Technologies Inc. para uso individual (nanomesh).

Filtros de alumina nanofibrosa

Alumina eletro-positiva em fibra-de-vidro (substrato)

Vantagens:

- por ser eletro-positivo, promove maior absorção de contaminantes químicos e microrganismos (fenômeno carga > influência porosidade);
- altas taxas de filtração;
- maior resistência à obstrução que membranas de ultrafiltração convencionais;
- funcionam a baixa ou sem pressão;
- custo reduzido comparativamente;
- elevado tempo de vida-útil.

Filtros de alumina nanofibrosa



Elemento filtrante de alumina eletropositiva NanoCeram[®] da Argonide Inc.

Membrana de Nanocompósito de Carbono-Polipirrol

Polímero adsorvente (Polipirrol) em matrix de nanotubos de carbono

Vantagens:

- Maior área superficial e maior estabilidade para a membrana;
- Regeneração pode ser realizada através de eletricidade (menor custo operacional e de segurança, pois dispensa o uso de reagentes p/ regeneração);
- Larga gama de remoção de contaminantes, pois a membrana pode ser positivamente ou negativamente carregada;
- Permite altas vazões (devido ao rápido transporte de massa dos nanotubos de C);

		Contaminants Removed			Amount of Water Treated		Cost (US\$)*		Ease of use		
Tec	hnology Type	Biological	Organic	Inorganic	How Rate/ Water Quantity	Useful Life	Unit	Filter/Media	Labor Demands	Set-Up & Use	Maintenance
Zeolites	Coal Fly Ash	No	No	Arsenic Cadmium Chromium Cooper Lead Mercury Nickel Zinc Other U		U	U- retrolitted	\$0.50-	Unskilled &	Moderate	Occasional regeneration and hazardous
Zex	AgiON	Bacteria Mold Other U					\$4.50/kg	Trained		spent waste disposal by trained person	
Aysts	NZVI	No	Arsenic Mercury Nickel Nitrates Silver Radioacti Metals Other U	Mercury Nickel	V- source water	U - some % capacity lost per regen.		\$40- \$50/kg	Trained & Skilled	Difficult	Maintenance must be conducted by skilled and trained persons
	Pd-Coated NVZI			Silver Radioactive Metals	quality and membrane size			\$68-\$146/kg			
	Nano- Titanium Dioxide	Mostall-U	Mostall	Arsenic Other U	V- membrane size	Indefinite					
	Adsorbsia	Bacteria Viruses	U	Arsenic	40-400 L/min/m² filter	25-38 L/g media		\$14/L media	Unskilled	Easy	n/a
	AD33	U	U	Arsenic Chromium Copper Lead Zinc Other U	16-38 L/min – systems 2 L/min - cartridges	2-4 yrs – media 3,800-11,400L - cartridges		\$8 - \$13/L media \$50 - cartridges	Unskilled	Easy	n/a
Ma	gnetoferritin	V- dep. on mer	mbrane		ı	J	υ			U	160

^{* -} Costs assume mass production

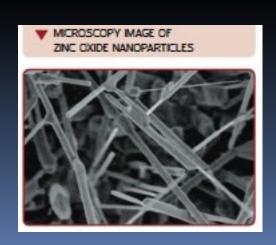
^{** -} Biological contaminants: Bacteria, Bacterial Spores, Giardia & Cryptosp. Cysts, Coliform, Fecal Coliform, DNA & RNA, Fungi, Mold, Parasites, Protozoa, and Viruses Organic contaminants: Pest-, Herb-, & Insecticides, Industrial Effluents, MTBE, PAHS, PCBs, VOCs, and others Inorganic contaminants: Heavy Metals, Nitrites, Salts, Asbestos, Radionuclides, Calcium, Magnesium, and others

^{*** -} V: Variable depending on *** - U: Exact Amount Unspecified

Oportunidades

Sensores de baixo custo para monitoramento ambiental

Sensores para monitoramento de poluentes emergentes e micropoluentes em água e matrizes complexas





Conclusões

- Os nanomateriais apresentam um grande potencial para aplicações na área ambiental;
- A nanotecnologia é um vasto campo e com muitas oportunidades;
- O Brasil carece de mão-de-obra especializada na área;
- A toxicidade e os riscos para o meio-ambiente dos nanomateriais ainda não são conhecidos e estão em estudo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA FAPESP. Disponível em: http://www.agenciafapesp.br Acesso em: 05/10/2011

Dang, Y. et al. Trends in worldwide nanotechnology patent applications: 1991 to 2008. **J. Nanopart. Res.** Dez, 2009.

Dong, J.; Xu, Z.; Kuznicki, S.M. Magnetic Multi-Functional Nano Composites for Environmental Applications. **Advanced Functional Materials.** V.19, n.8, pp.1268–1275, 2009.

ELECTROIQ. Disponível em: http://www.electroig.com/index.html . Acesso em: 05/10/2011

EMBRAPA. **Língua eletrônica é mais sensível que paladar humano**. Disponível em: http://www.sct.embrapa.br/novosite/linhas_acao/temas/equip_soft/lingua.htm

INOVAÇÃO TECNOLÓGICA. Disponível em: http://www.inovacaotecnologica.com.br Acesso em: 05/10/2011

Hillie, T. et al. **Nanotechnology, water and development**. Part of Global Dialogue on Nanotechnology and the Poor: Opportunities and Risks., 2005. Disponível em: http://www.merid.org/nano/waterpaper

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Hillie, T.; Hlophe, M. Nanotechnology and the challenge of clean water. **Nature Nanotechnology**, v.2, pp.663–664, 2007.

KONARKA. Disponível em: http://www.konarka.com Acesso em: 05/10/2011

LACERDA. **Apresentação em Power Point**. Disponível em: http://www.metalmat.ufrj.br/seminarios/Nanotubos de carbono-18-04-08.pdf

Li Q, Mahendra S, Lyon DY, Brunet L, Liga MV, Li D, Alvarez PJ. (2008). Antimicrobial nanomaterials for water disinfection and microbial control: potential applications and implications. **Water Research**, v.42, n.18, pp.4591-602.

NETO, O.P.V. Uma Introdução à Nanotecnologia e o Papel da Ciência da Computação e da Teoria da Informação. Disponível em: www.ica.ele.puc-rio.br/files/download.rails?fileId=452. Acesso em: 10/10/2011.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

PORTAL LUIS NASSIF. Brasil apresenta maior potencial em nanotecnologia, entre Latinoamericanos. Disponível em: http://blogln.ning.com/. Acesso em: 05/10/2011.

RISBUD, A. Cheap Drinking Water from the Ocean. **Technology Review.** MIT, 12/06/2006. Disponível em:

http://www.technologyreview.com/read_article.aspx?ch=nanotech&sc=&id=16977&pg=1 Acesso em 20/10/2011.

SCHNORR, J.; SWAGER, T.M. Emerging Applications of Carbon Nanotubes. **Chem. Mater**., v.23, pp.646–657, 2011.

SELDON TECHNOLOGIES INC. **Waterbox brochure.** Disponível em: http://www.seldontech.com/pdf/WaterBox.pdf Acesso em 14/10/2011.

Theron, J; Walker, JA; Cloete, TE. Nanotechnology and water treatment: Applications and emerging opportunities. **Critical Reviews In Microbiology**, v.34, n.1, pp.43-69, 2008.

WIKIPEDIA. The Opensource Handbook of Nanoscience and Nanotechnology. Disponível em: http://en.wikibooks.org/wiki/Nanotechnology. Acesso em: 02/03/2011.

Agradecimentos





Obrigado pela atenção!

peterson@ft.unicamp.br

LADESSAM - http://www.ft.unicamp.br/ladessam/



Il Tecnologia em Foco

Profa. Dra. Christiane de Arruda Rodrigues - UNIFESP

Faculdade de Tecnologia

Limeira, 10/2011

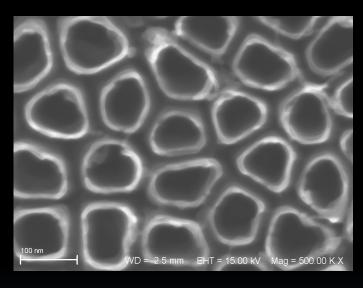
VISUALIZAÇÃO CARACTERIZAÇÃO de NANOESTRUTURAS

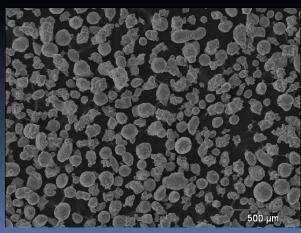
VISUALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO

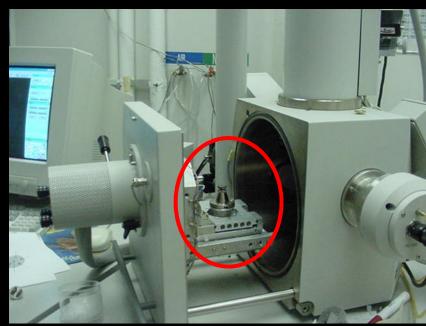
- Caracterização Morfológica
 - Microscopia eletrônica de varredura MEV
 - Microscopia eletrônica de transmissão TEM
- Caracterização Composicional
 - Espectroscopia de Energia Dispersiva EDS
 - Espectroscopia de Fotoelétron Raio X XPS
- Caracterização Estrutural
 - Difração de Raio X DRX

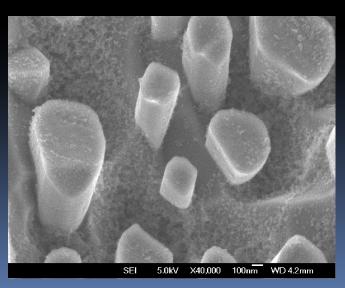
Microscopia Eletrônica de varredura de Alta Resolução - MEV

✓ Produz imagem de alta resolução da superfície da amostra







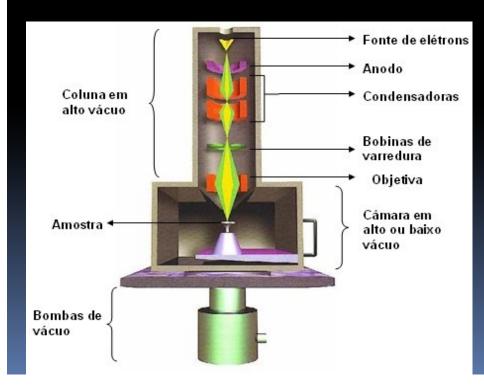


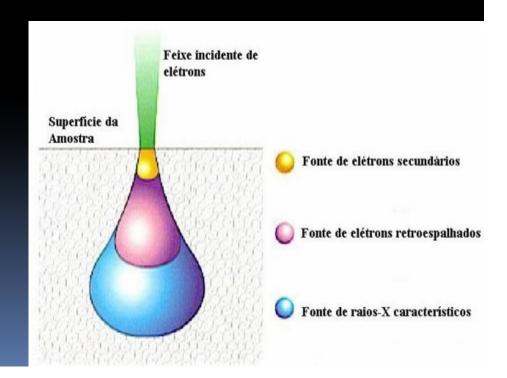
MEV - Alta resolução

✓ Funcionamento:

- Elétrons gerados a partir de um filamento de tungstênio, mediante uma diferença de potencial entre catodo e anodo (0,3 kV a 30 kV).
- Feixe gerado passa por:
 - *lentes condensadoras* (reduzem o seu diâmetro)
 - *lente objetiva* (focaliza sobre a amostra).
 - **bobinas eletromagnéticas** (varredura do feixe sobre a amostra)

O feixe interage com a região de incidência da amostra até uma profundidade (1 µm a 6 µm) Esta região é conhecida por volume de interação, o qual gera os sinais que são detectados e utilizados para a formação da imagem e para microanálise.





Microscopia Eletrônica de Transmissão-TEM

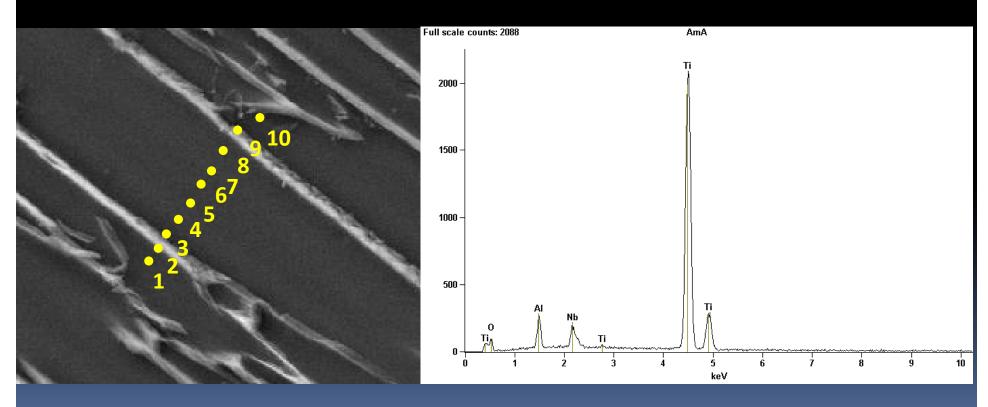
- ✓ Observação de modulações na composição química,
- ✓ Formação de cristais,
- ✓ Estrutura eletrônica,
- ✓ Indução da mudança da fase eletrônica bem como absorção regular da imagem

✓ Funcionamento:

Um feixe de elétrons é emitido em direção a uma amostra ultra fina, interagindo com a amostra enquanto a atravessa.

Espectroscopia Energia Dispersiva-EDS

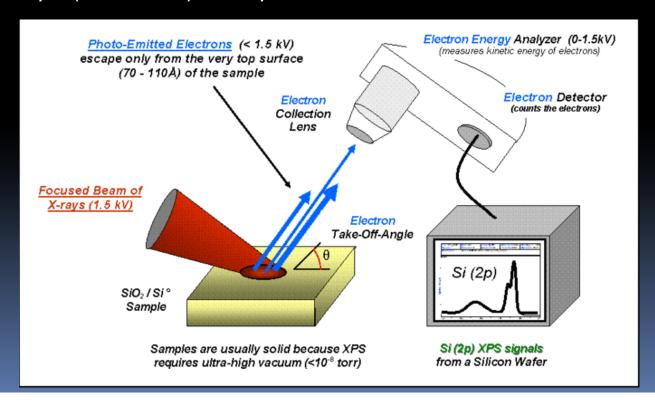
- ✓ Análise composicional da superfície da amostra (micro)
- ✓ Quando o feixe atinge a amostra, seus átomos são excitados e, ao voltarem para o estado fundamental, emitem fótons com energias características do átomo. Os fótons são identificados em termos de sua energia e contados pelo detector de raios-X localizado dentro da câmara de vácuo.



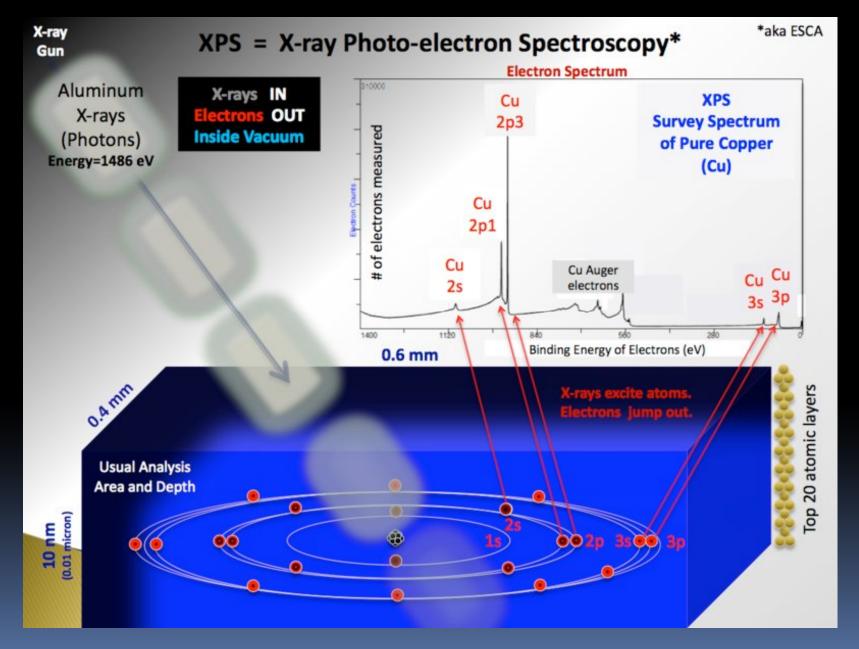
Espectroscopia Fotoelétron Raios X (X-ray photoelectron spectroscopy - XPS)

- ✓ Análise composicional da superfície da amostra (1 -10 nm)
- ✓ Elementos que contaminam uma superfície
- ✓ Estado químico ou eletrônico de cada elemento na superfície

Os espectros de XPS são obtidos por irradiação de um material com um feixe de raios X, enquanto ocorre a medida de energia cinética e número de elétrons que escapa de topo (1 a 10 nm) da superfície analisada.

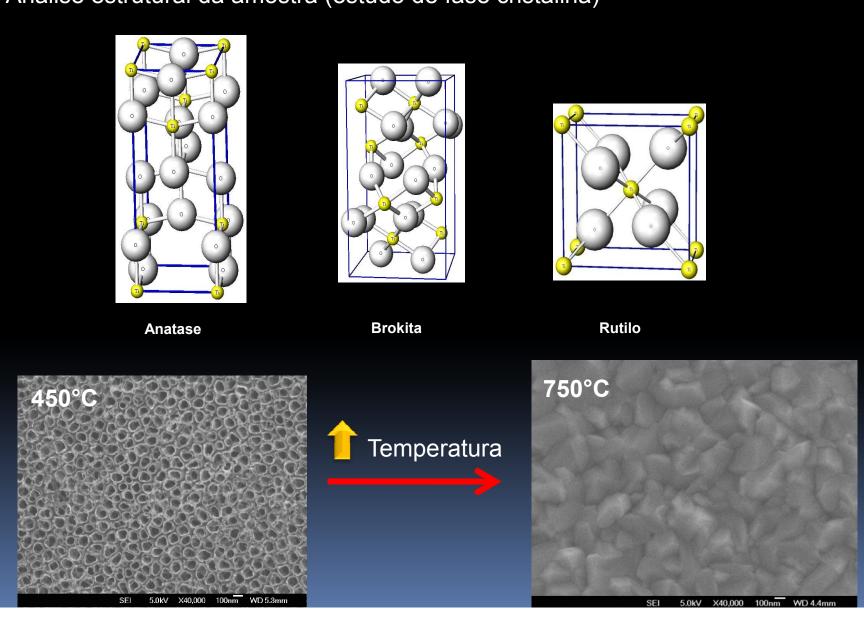






Espectroscopia Difração de Raio-X - DRX

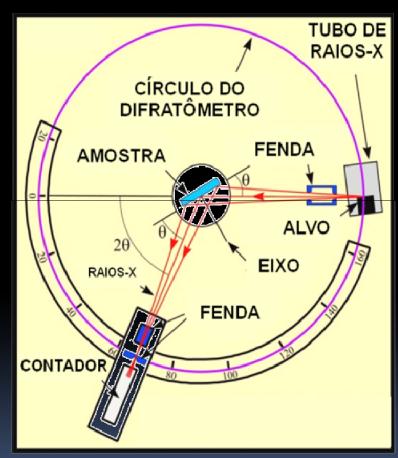
✓ Análise estrutural da amostra (estudo de fase cristalina)



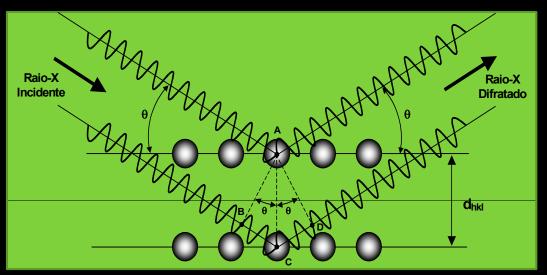


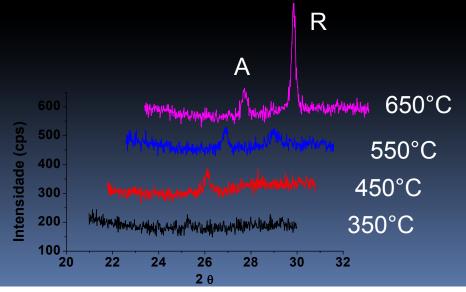
✓ Funcionamento:

Raios X de comprimento de onda determinados difrata em um cristal desconhecido, a medida do(s) ângulo(s) de difração do(s) raio(s) emergente(s) podem elucidar a distância dos átomos no cristal e, conseqüentemente, a estrutura cristalina.



Lei de Bragg: $\lambda = 2d_{hkl}.sen\theta$





Processos de Síntese de Nanoestruturas

Deposição Química em Fase Vapor (Chemical Vapor Deposition - CVD)

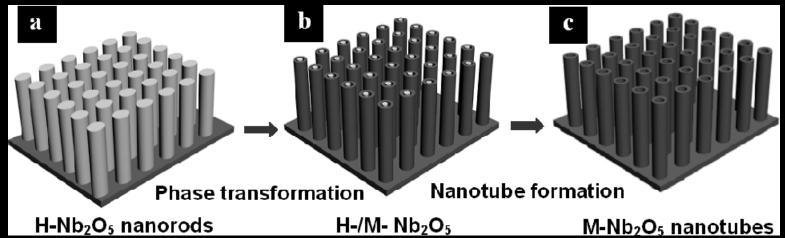


emprega-se uma corrente de vapor do percursor volátil do metal sobre o suporte, o qual pode ser sílica, alumina, entre outros. Dessa maneira, o percursor na forma de vapor reage com o suporte formando sítios ativos.

 Produção de filmes sólidos finos, incluindo materiais semicondutores (silício, germânio, compostos com elementos das famílias III-V e II-IV, carbetos de silício e diamante).

Processo Hidrotérmico

Diferença de energia entre nanoestrutura Nb₂O₅ pseudo-hexagonal (H) e monoclínica (M)

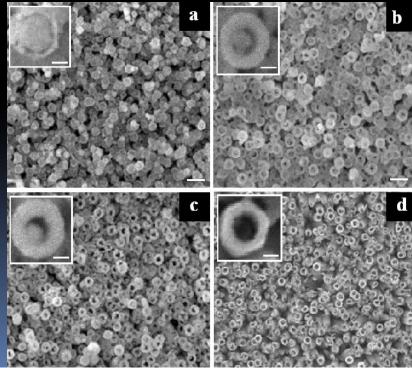


Transformação de fase e formação de vazios depende da difusão e migração do $H-Nb_2O_5$ (íons Nb , O, Nb-O) através da $M-Nb_2O_5$

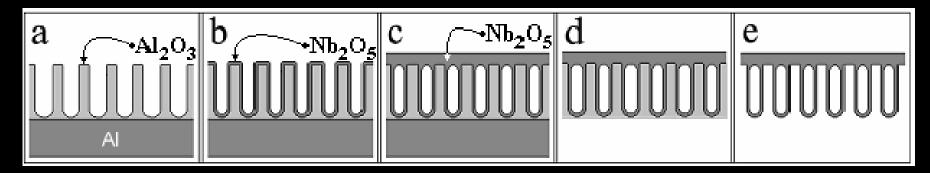


YAN, C.; XUE, D. Adv. Material 20 (2008) 1055

Haimin Zhang†, Porun Liu†, Xiaolu Liu‡, Shanqing Zhang†, Xiangdong Yao†, Taicheng An‡, Rose Amal§ and Huijun Zhao*. Langmuir, 2010, 26 (13), pp 11226–11232



Processo Sol Gel com Moldes



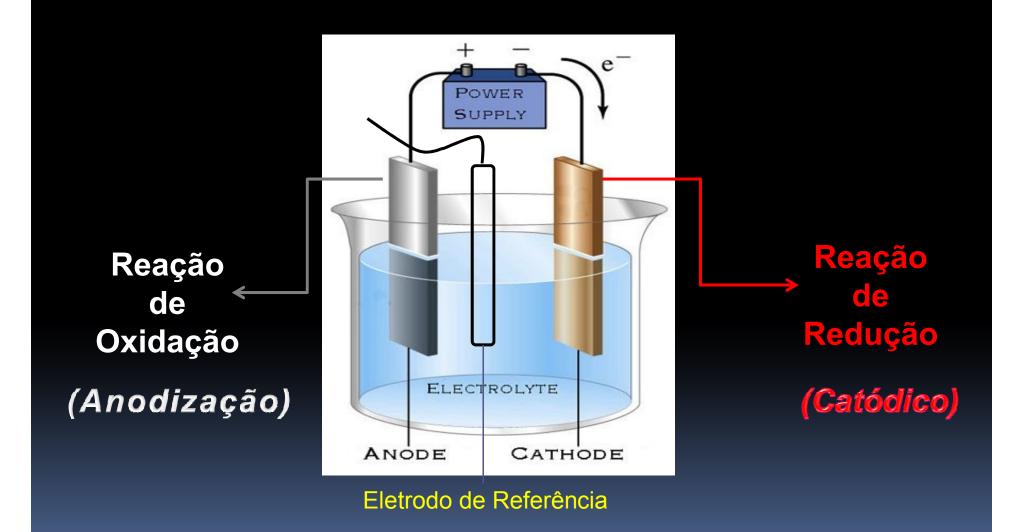
Exemplo de molde em alumina e depósito de Nb₂O₅.

Referências:

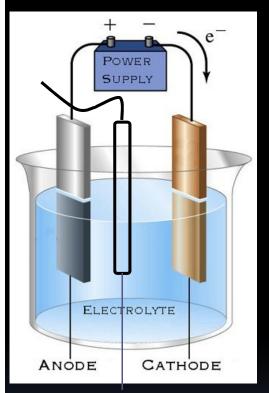
ROOTH, M.; JOHANSSON, A.; BOMAN, M.; HARSTA, A. Mater. Res. Soc. Symp. Proc. 901E, Warrendale, PA (2006) p. 0901-Ra24-05

Ming Zhang, Y. Bando and K. Wada. **Sol-gel template preparation of TiO2 nanotubes and nanorods**. Journal of Materials Science Letters .Volume 20, Number 2, 167-170

Processo Eletroquímico



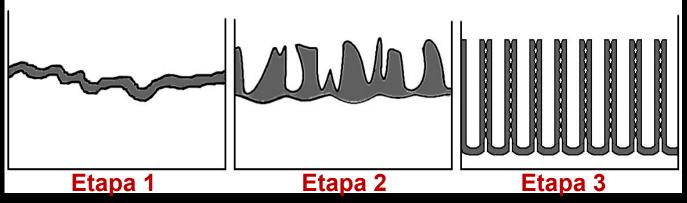
Processo de Anodização



Reference Electrode

Etapa 1: Formação da camada de óxido:

$$Ti + 2H_2O \rightarrow TiO_2 + 4H^- + 4e^-$$



Etapa 2: Formação e aprofundamento dos poros:

$$TiO_2 + 6F^- + 4H^+ \rightarrow TiF_6^{2-} + 2H_2O$$

Etapa 3: Formação dos nanotubos: Equilíbrio entre a dissolução química e eletroquímica

Referência:

Mor, G. K.; Varghese, O. K.; Paulose, M.; Shankar, K.; Grimes, C. A review on highly ordered, vertically oriented TiO₂ nanotube arrays: Fabrication, material properties, and solar energy applications. Solar Energy Materials & Solar Cells 90, 2011-2075, 2006.

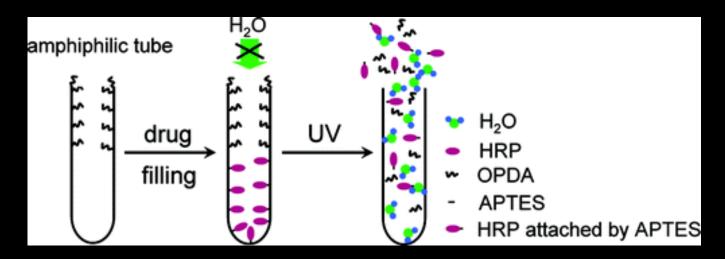
APLICAÇÃO DOS NANOTUBOS DE TIO₂

Aplicações dos Nanotubos de TiO₂:

- Drug delivery
- Superfície de Implantes biomédicos
- Oxidação Catalítica de Compostos Orgânicos

C. A. Grimes, Synthesis and Application of Highly-ordered Arrays of TiO2 Nanotubes, Highlight Article, J. Materials Chemistry 17 (2007) 1451-1457.

1. Drug delivery

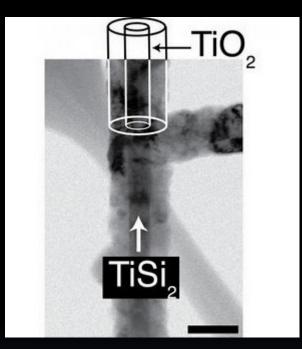


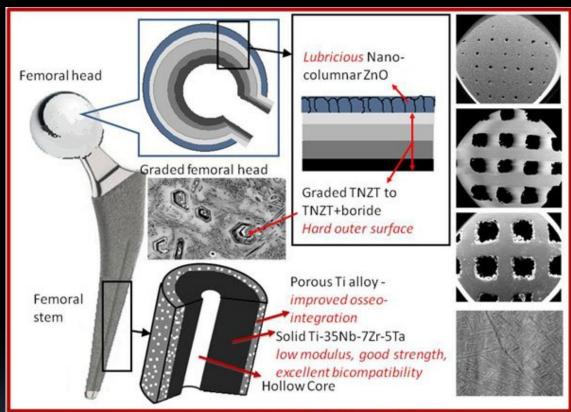
Reference:

Yan-Yan Song, Felix Schmidt-Stein, Sebastian Bauer and Patrik Schmuki* Amphiphilic TiO₂ Nanotube Arrays: An Actively Controllable Drug Delivery System. J. Am. Chem. Soc., 2009, 131 (12), pp 4230–4232

Dongyan Ding et al **Anodic fabrication and bioactivity of Nb-doped TiO2 nanotubes.** Nanotechnology 20 305103, 2009.

2.Nanostructured Metal Implants





Reference:

- Laurent Le Guehennec¹, Frantz Martin², Marco-Antonio Lopez-Heredia¹, Guy Louarn³, Yves Amouriq¹, Jacques Cousty⁴ & Pierre Layrolle **Osteoblastic cell behavior on nanostructured metal implants**. Nanomedicine February 2008, Vol. 3, No. 1, Pages 61-71.
- Chiang, C-Y at el. Hydroxyapatite growth on anodic TiO2 nanotubes. Dental Materials 25, 1022-1029, 2009.
- Feng, X.J.; Macak, J.M.; Albu, S.P.; Schmuki, P. Eletrochemical formation of self-organized anodic nanotube coating on Ti-28Zr-8Nb biomedical alloy surface. Acta Biomaterialia 4, 318-323, 2008.

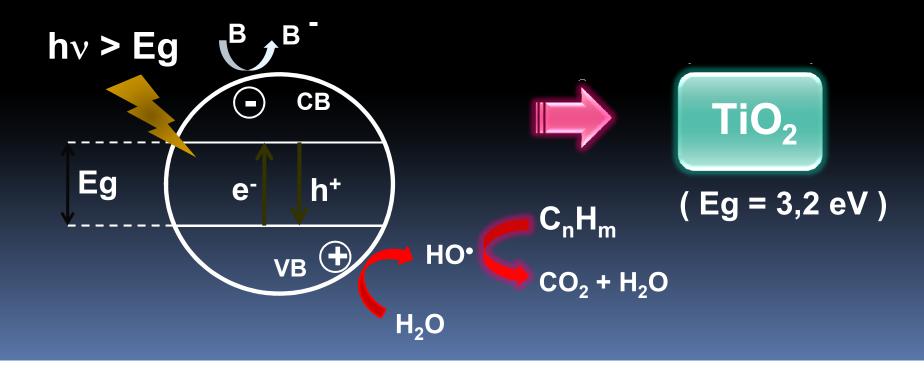
3. Oxidação Catalítica de Compostos Orgânicos

Processos Oxidativos Avançados: aplicação na purificação de água e degradação de compostos orgânicos

(Radical Hidroxila - HO*)



FOTOCATÁLISE HETEROGÊNEA



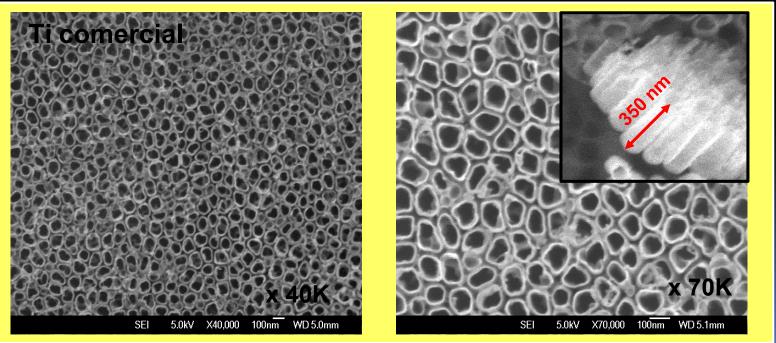
Processo de Oxidação:

O crescimento do óxido sobre o metal e a formação dos tubos ocorre de acordo com as reações:

Formação do óxido:

$$Ti + 2H_2O \rightarrow TiO_2 + 4H^- + 4e^-$$

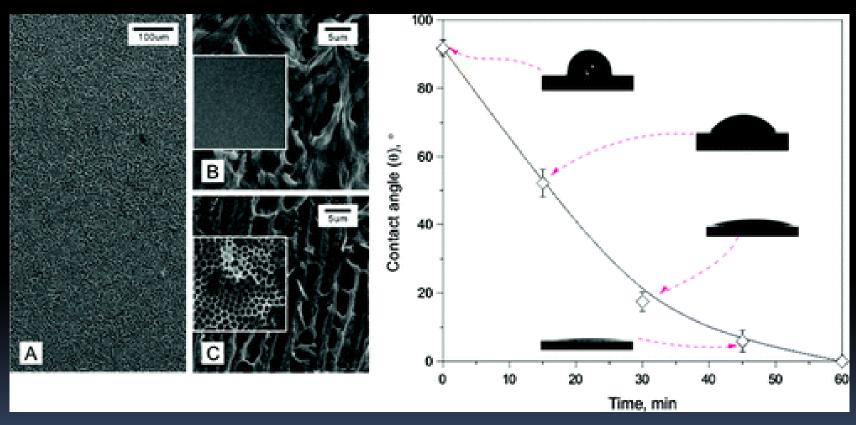
Dissolução do óxido: $TiO_2 + 6F^- \rightarrow (TiF_6)^{2-}$



Øe = 90 nm

 $\emptyset i = 50 \text{ nm}$

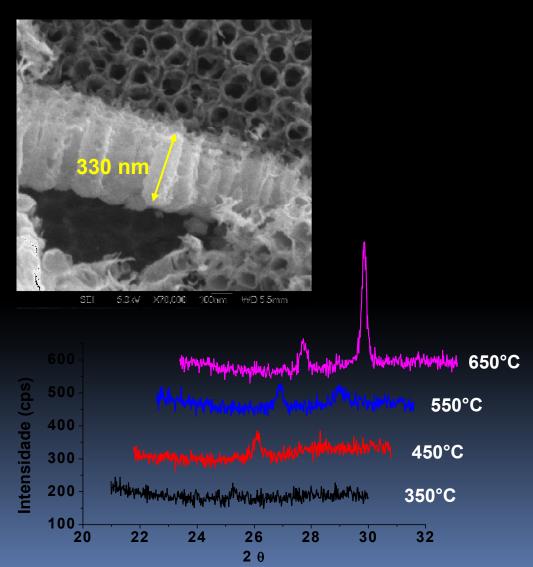
Photocatalytic degradation of *solid-phase* organic pollutants

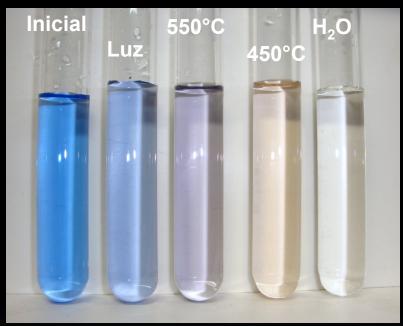


Reference:

Xinhu Tang and Dongyang Li. Evaluation of Asphaltene **Degradation on Highly Ordered TiO₂ Nanotubular Arrays via Variations in Wettability.** Langmuir, 2011, 27 (3), pp 1218–1223

Photocatalytic degradation of *liquid*phase organic pollutants

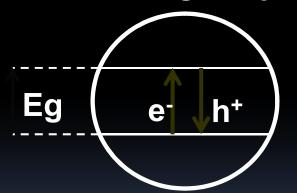




Imagens do tratamento do *Corante Reativo Azul 4* empregando nanotubos submetidos a diferentes tratamentos térmicos em TiO₂.

Com o intuito de aumentar sua Atividade Fotocatalítica

- Dopar ου "decorar" com metais nobres (Ag, Pd, Pt, Au) ou com metais ou óxidos metálicos (Fe³+, Mo⁵+, Ru³+, Zn²+, V⁴+)
 - Aceleração da foto-oxidação de compostos orgânicos
 - Oxidação do metanol (Ru/Ag/TiO₂)
 - Degradação de corantes (ZnO/TiO₂)



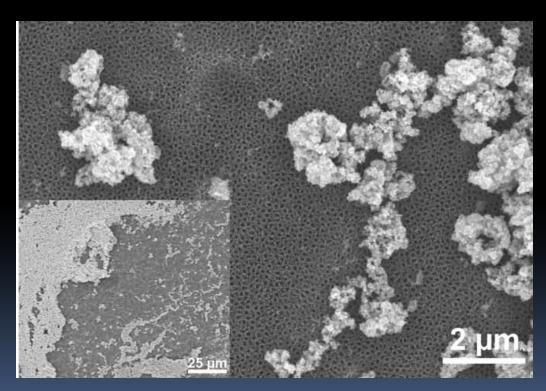
- ◆Eg : aproveitamento da luz visível
- ◆ Taxa de recombinação



- Adsorção do cátion metálico seguido por irradiação
- Inserção dos metais no preparo do catalisado
- ✓ Eletrodeposição (potencial aplicado e tempo)

Estudos realizados com dopagem de Ru sobre nanotubo TiO₂:

 Processo de dispersão de partículas de Ag e Ru em solução aquosa



Imobilização de partículas de Ag/Ru sobre camada de nanotubos de TiO₂. (Fonte : P. Schmuki e colaboradores. Electrochemistry Communications 7 (2005) 1417–1422)

Agradecimentos









Obrigada!!!