



**ABEQ** Associação Brasileira  
de Engenharia Química

**Revista Brasileira de  
Engenharia Química**

Vol. 32 - nº 3 / 2017 / ISSN 0102-9843

# *Especial Nanotecnologia*

## **REPORTAGENS**

- **Nanotecnologia: gerando valor e criando desafios**
- **A ABEQ apoiando as iniciativas dos estudantes de engenharia química no Brasil**

## **ARTIGOS**

- **Nanomedicina e os desafios da Engenharia Química**
  - **CENANO**  
Centro de Caracterização em Nanotecnologia para Materiais e Catálise – um espaço estratégico e multidisciplinar do Instituto Nacional de Tecnologia
- **NanoCelulose: um produto versátil e sustentável**

## **EQ na palma da mão**

- **Desafio da Nanotecnologia na Engenharia**  
**Professor ABEQ**
- **Entrevista com o Professor Isaac dos Santos Nunes**





**ABEQ** Associação Brasileira de Engenharia Química

A Associação Brasileira de Engenharia Química (ABEQ) é uma sociedade sem fins lucrativos que congrega pessoas e empresas interessadas no desenvolvimento da Engenharia Química no Brasil.

Há mais de quatro décadas a ABEQ desempenha importante papel na valorização dos profissionais e estudantes da engenharia química em nosso país, bem como na divulgação da engenharia química e de sua contribuição para a melhoria da qualidade de vida dos cidadãos.

A ABEQ oferece ainda uma variedade de serviços que ajudam a comunidade de engenharia química a melhor posicionar-se quanto aos desafios do presente e do futuro nas áreas tecnológica, científica e de ensino.

## Nossos Serviços

**CURSOS:** ABEQ oferece diversos cursos de extensão.

**CONGRESSOS:** COBEQ - Congresso Brasileiro de Engenharia Química.

ENBEQ - Encontro Brasileiro sobre o Ensino de Engenharia Química.

COBEQ-IC - Congresso Brasileiro em Iniciação Científica de Engenharia Química.

SINAFERM - SHEB - Simpósio Nacional de Bioprocessos e Seminário de Hidrólise Enzimática de Biomassa.

**PRÊMIO:** Prêmio Incentivo à Aprendizagem, dedicado aos melhores formandos dos cursos de Engenharia Química.

## Publicações

**BJChE**



**Brazilian Journal of Chemical Engineering:** periódico trimestral que publica artigos científicos em inglês.

**BIM**



**Boletim Informativo:** é uma edição mensal, buscando transmitir notícias relevantes sobre Engenharia Química no Brasil e Exterior.

**REBEQ**



**Revista Brasileira de Engenharia Química:** a publicação quadrimestral promove o debate sobre questões relacionadas à engenharia química e suas relações com a sociedade.

**REGIONAIS:** Aqui você encontra informações sobre atividades das regionais da ABEQ.

**REGIONAL BAHIA**  
regionalba@abeq.org.br

**REGIONAL PARÁ**  
regionalpa@abeq.org.br

**REGIONAL PERNAMBUCO**  
regionalpe@abeq.org.br

**REGIONAL RIO DE JANEIRO**  
regionalrj@abeq.org.br

**REGIONAL RIO GRANDE DO NORTE**  
regionalrn@abeq.org.br

**REGIONAL RIO GRANDE DO SUL**  
regionalrs@abeq.org.br

**REGIONAL SÃO PAULO**  
regionalsp@abeq.org.br

**ASSOCIE-SE:** Para associar-se à ABEQ basta indicar a uma das modalidades de sócio. Além da carteira de sócio o associado passa a usufruir de vantagens exclusivas da ABEQ. Como desconto em Cursos, Seminários e Congressos promovidos pela ABEQ. Convênios com Livrarias, Escolas de Idiomas, entre outros descontos que chegam até 20% na apresentação da carteirinha.

## SÓCIOS COOPERADORES



## SÓCIOS COLETIVOS



Maria Cristina Silveira Nascimento  
Presidente da ABEQ

Prezado(a) leitor(a),

Você está por dentro do que anda acontecendo no mundo em escala nanométrica?

Quais são os desafios para o desenvolvimento e aplicação da nanotecnologia?

Essas são algumas perguntas que esta edição da REBEQ busca explorar, através dos artigos e matérias dedicados a aproximá-lo do mundo da nanotecnologia.

A nanomedicina é a aplicação direta da nanotecnologia na área médica. Você verá que dentre as diversas aplicações nesse campo de pesquisa, uma é o projeto de nanopartículas para a liberação de fármacos. O projeto de nanopartículas e nanoagregados, assim como seus respectivos processos produtivos, requer o conhecimento integrado de diversas áreas, inclusive da Engenharia Química.

Você também poderá conhecer um pouco da história e trabalho

realizado no CENANO - Centro de Caracterização em Nanotecnologia para Materiais e Catálise em um artigo que descreve este espaço estratégico e multidisciplinar. Ainda nesta edição poderá explorar outro campo interessante: a nanocelulose. Conheça um pouco do que é e dos campos de aplicação da nanocelulose em suas diversas formas.

Usando a nanotecnologia, é possível adaptar as estruturas dos materiais em escalas extremamente pequenas para obter propriedades específicas. Assim, os materiais podem efetivamente ser tornados mais fortes, mais leves, mais duráveis, mais reativos dentre muitas outras características.

Também nesta edição trazemos mais um perfil "Professor ABEQ", homenageando aqueles que são nossos parceiros

Boa leitura! ●

## SOBRE A ABEQ

### A ABEQ e você

Associando-se à ABEQ você impulsiona sua carreira profissional e se posiciona melhor frente aos novos desafios que a sociedade impõe sobre a profissão.

A ABEQ lhe oferece múltiplas oportunidades de relacionamento a elite de profissionais da academia e da indústria. Também lhe dá acesso a informação científica e tecnológica de ponta e lhe oferece oportunidade de participação ativa na comunidade de engenharia química.

Confira:

- Oportunidades de contatos com colegas, associações, universidades, empresas e entidades governamentais.

- Organização de encontros nas áreas científica, tecnológica e de ensino que mobilizam cerca de 3000 profissionais.
- Organização de cursos de extensão e apoio a cursos de terceiros.
- Acesso a publicação científica trimestral com o respeitável índice de impacto 0,4 (Web of Knowledge), a revista técnico-comercial formato digital e um boletim eletrônico de notícias distribuído para mais de 110 mil contatos.
- Valorização do profissional através de prêmios para estudantes, formandos e pós-graduandos.

### FALE com a gente!

Contribua com opiniões, ideias, depoimentos e dúvidas.

Tel. 11 3107-8747

Fax 11 3104-4649

2ª a 6ª feira das 9 às 17 horas

E-mail: [rebeq@abeq.org.br](mailto:rebeq@abeq.org.br) ou



Informações e Novidades sobre a ABEQ em:

[www.abeq.org.br](http://www.abeq.org.br)



## Editor

Galo Carrillo Le Roux

## Editor Associado

Moisés Teles dos Santos

## Jornalista

Rosi Celes

## Secretaria Executiva

Bernadete Aguilar Perez

## Produção Editorial

Always Propaganda

(11) 3280-0439 - www.always.com.br

## Redação, Correspondência e Publicidade

Rua Libero Badaró, 152 - 11º andar

01008-903 - São Paulo - SP

Tel.: (11) 3107-8747 - fax: (11) 3104-4649

www.abeq.org.br - e-mail: abeq@abeq.org.br

Capa: Cenano

## ABEQ – GESTÃO 2016 - 2018

### CONSELHO SUPERIOR

Argimiro Resende Secchi, Flávio Faria de Moraes, Gorete Ribeiro de Macedo, Hely de Andrade Júnior, Marcelo Martins Seckler, Pedro Wongtschowski, Raquel de Lima Camargo Giordano, Ricardo de Andrade Medronho, Selene Maria de A.G. U. de Souza, Suzana Borschiver

### DIRETORIA

Maria Cristina Silveira Nascimento - Diretora Presidente

Galo Antonio Carrillo Le Roux - Diretor Vice-Presidente

Ricardo da Silva Seabra - Diretor Vice-Presidente

Mayra Costa Matsumoto - Diretora Vice-Presidente

Moisés Teles dos Santos - Diretor Secretário

Mario José Montini - Diretor Tesoureiro

### REGIONAIS

#### Bahia

Luciano Sergio Hocevar - Diretor Presidente

Elaine Christine de Magalhães Cabral Albuquerque - Diretora Vice-Presidente

#### Pará

Fernando Alberto Sousa Jatene - Diretor Presidente

Pedro Ubiratan de Oliveira Sabaa Srur - Diretor Vice-Presidente

#### Pernambuco

Laise Carvalho de Albuquerque Maranhão - Diretora Presidente

Luciano Costa Almeida - Diretor Vice-Presidente

#### Rio de Janeiro

Elcio Ribeiro Borges - Diretor Presidente

Claudinei de Souza Guimarães - Diretor Vice-Presidente

#### Rio Grande do Norte

Everaldo Silvino dos Santos - Diretor Presidente

André Luis Lopes Moriyama - Diretor Vice-Presidente

#### Rio Grande do Sul

Jorge Otávio Trierweiler - Diretor Presidente

Heitor Luiz Rossetti - Diretor Vice-Presidente

#### São Paulo

Carlos Calvo Sanz - Diretor Presidente

Denise Mazzaro Naranjo - Diretora Vice-Presidente

### DIRETORIA CONVIDADA

Maria Elizabeth Brotto e Reinaldo Giudici

Os artigos assinados, declarações dos entrevistados e publicidade não refletem necessariamente a opinião da ABEQ.

É proibida a reprodução total ou parcial de textos e fotos sem prévia autorização.

A Revista Brasileira de Engenharia Química é propriedade da ABEQ – Associação Brasileira de Engenharia Química, conforme certificado 1.231/0663-032 do INPI.

## Reportagens

Nanotecnologia: gerando valor e criando desafios..... 6

A ABEQ apoiando as iniciativas dos estudantes de engenharia química no Brasil..... 10

## Artigos

Nanomedicina e os desafios da Engenharia Química..... 16

CENANO - Centro de Caracterização em Nanotecnologia para Materiais e Catálise – um espaço estratégico e multidisciplinar do Instituto Nacional de Tecnologia..... 24

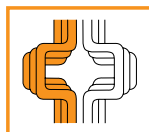
NanoCelulose: um produto versátil e sustentável..... 30

## EQ na palma da mão

Desafio da Nanotecnologia na Engenharia ..... 34

## Professor ABEQ

Entrevista com o Professor Isaac dos Santos Nunes..... 40



Informações e Novidades sobre a ABEQ em:

**www.abeq.org.br**



FAÇA  
ACONTECER.  
FAÇA MAUÁ.



## PÓS-GRADUAÇÃO E MBA É NÁ MAUÁ.

INSCRIÇÕES ABERTAS:  
[MAUA.BR/POSGRADUACAO](http://MAUA.BR/POSGRADUACAO)



Fazer Pós-Graduação ou MBA na Mauá é tornar-se um profissional muito mais completo. Na Mauá você encontra um polo de inovação e tecnologia, além de um *networking* diversificado. Faça a sua carreira crescer onde a inovação acontece. Faça Mauá.

### ALTA PERFORMANCE PARA PROFISSIONAIS DA NOVA ENGENHARIA

- | Engenharia Automotiva
- | Engenharia de Embalagem
- | Engenharia de Processos com Ênfase em Projetos Industriais
- | IWE - *International Welding Engineer*
- | Engenharia de Automação e Controle Industrial
- | Engenharia de Alimentos - Desenvolvimento de Produtos
- | Engenharia Civil - Gerenciamento de Canteiro de Obras
- | Sistemas Eletrônicos Embarcados

### ALTA PERFORMANCE EM QUÍMICA

- | Mestrado em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos

### INOVAÇÃO EM DESIGN

- | *Creative Design Business*

### BUSINESS SCHOOL

- | MBI - *Master of Business Innovation*
- | MBA Executivo - Administração para Engenheiros
- | MBA Executivo - Controladoria para Executivos e Empreendedores
- | Gestão Estratégica em Diversidade e Inclusão
- | Gestão de Projetos

### ALTA PERFORMANCE EM TECNOLOGIA DO TRANSPORTE

- | Engenharia Ferroviária
- | Engenharia Metroferroviária

### ALTA PERFORMANCE EM GESTÃO DO ESPAÇO URBANO

- | Administração de Condomínios Residenciais
- | Especialização em Gestão do Espaço Construído

CAMPI EM SÃO CAETANO DO SUL E SÃO PAULO

MENTES **INOVADORAS**  
SE **ENCONTRAM** AQUI.



# Nanotecnologia: gerando valor e criando desafios

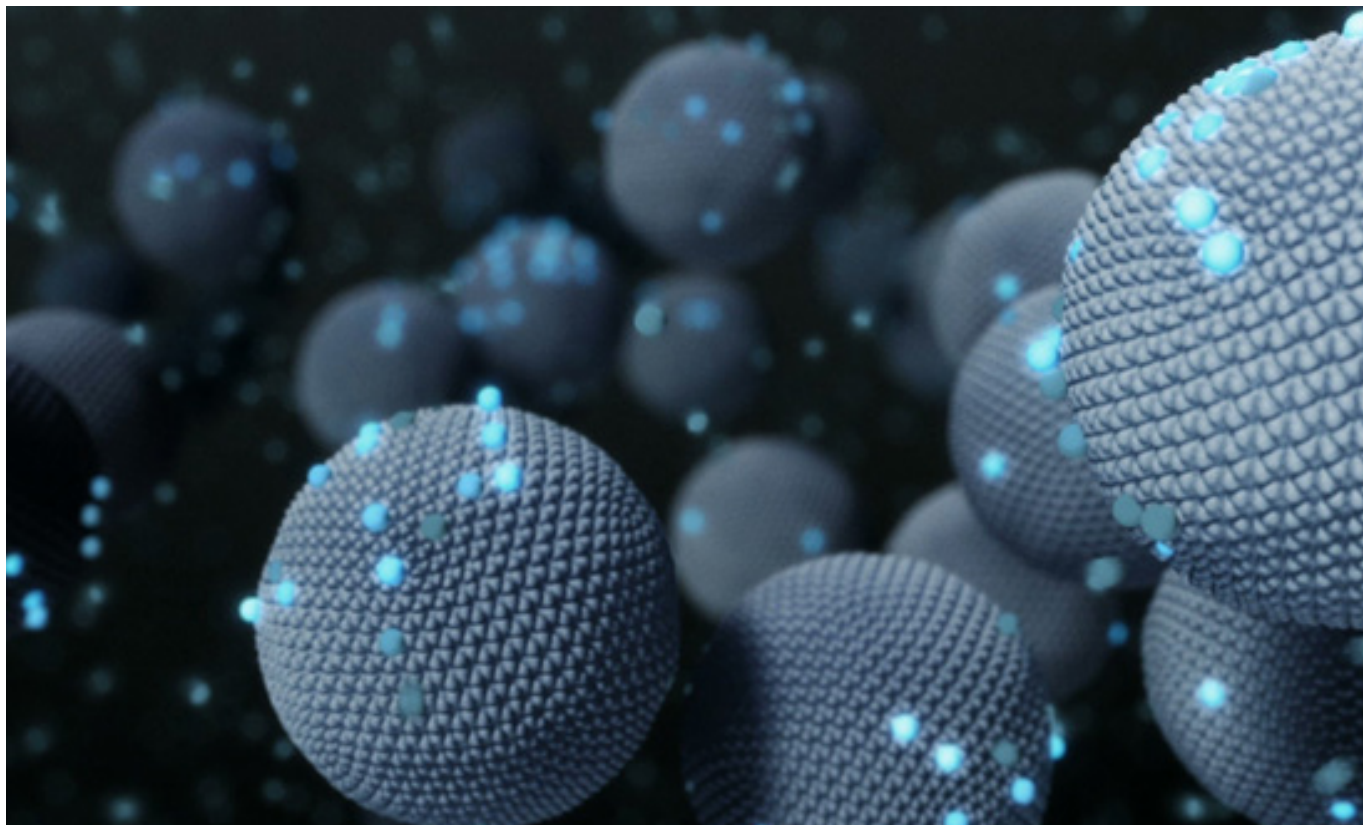


Imagem: obviousmag.org

Muito se ouve falar no uso da nanotecnologia, seja nos avanços da medicina, biotecnologia, agronegócios, fabricação de cosméticos e diversos produtos em geral. Mas o que vem a ser e como essa tecnologia de ponta vem sendo explorada?

Trata-se do estudo e controle da matéria em nanoescala, visando a concepção, construção e manipulação de sistemas, cujas unidades fundamentais têm dimensões da ordem de 1 a 100 nanômetros. Um nanômetro (nm) é cerca de dez vezes o tamanho de

um átomo de hidrogênio (0,1 nm).

A nanotecnologia atua no desenvolvimento de materiais e componentes para diversas áreas de pesquisa como medicina, eletrônica, ciência da computação e engenharia dos materiais. De acordo com o cientista, engenheiro e nanotecnólogo americano Eric Drexler, há duas formas de nanotecnologias: a nanotecnologia da fabricação em escala molecular e a nanotecnologia dos produtos manipulados em nanoescala. A ideia de nanofábricas produzindo com precisão

atômica, foi desenvolvida por Drexler na década de 1980. As unidades fundamentais de uma nanofábrica são nanomáquinas que manipulam cada molécula individualmente, montando moléculas em estruturas maiores, permitindo a produção de quase tudo o que possamos imaginar, incluindo outras nanomáquinas.

Uma nanofábrica pode integrar milhões de nanomáquinas e sistemas auxiliares de transporte, energia e controle, organizados em vários níveis, permitindo a construção de produtos complexos, átomo por átomo, de forma limpa, barata e eficiente.



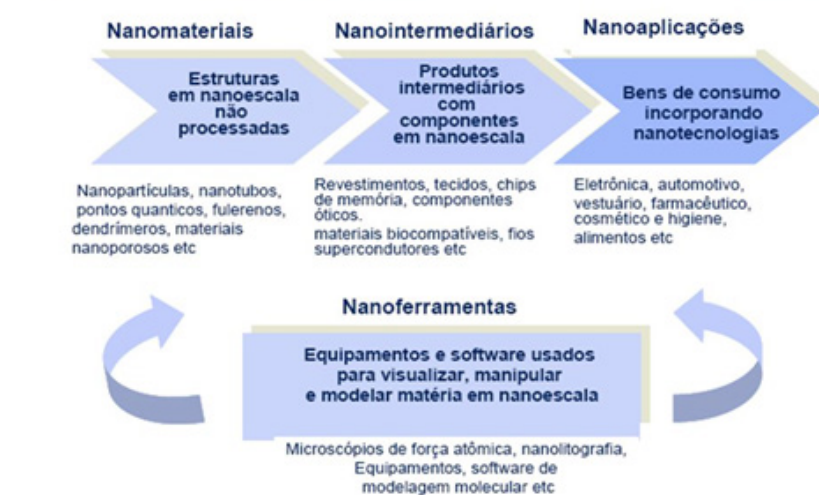
A relação entre a engenharia química e os nanomateriais acontece no próprio processo de fabricação desses materiais, quando o engenheiro químico, com uma sólida formação em engenharia de processos, tem uma forte contribuição. Os materiais sintetizados têm aplicações em processos químicos, tanto na área da reação química (novos catalisadores nanoestruturados) como em processos de separação (membranas estruturadas em nanoescala).

Os nanocatalisadores podem causar importantes impactos em tratamentos ambientais e na área de energia, assim como no desenvolvimento de células de hidrogênio, enquanto as nanoseparações podem ser úteis em problemas ambientais e processos de purificação em química fina, incluindo produtos de biotecnologia e fármacos. Quando se fala em tecnologia do produto, a incorporação de nanomateriais e a manipulação em escala molecular podem beneficiar diversas áreas em que os engenheiros químicos estão tradicionalmente envolvidos, como produtos de higiene e cosmética, produtos de limpeza, produtos alimentares, tintas, plásticos e têxteis.

Em entrevista à REBEQ, Ricardo Jacob, presidente da Plásticos Mueller, empresa com forte atuação no desenvolvimento de nanocompósitos para a indústria automobilística, afirma que o setor automotivo representa



## Cadeia de valor da Nanotecnologia



Fonte: ABDI (Panorama da Nanotecnologia no mundo e no Brasil, disponível em [www.abdi.com.br](http://www.abdi.com.br))

hoje, 85% da fatia dos negócios da empresa. “No passado houve muito mais desenvolvimento em nanotecnologia na empresa, após um período de estagnação, agora é que está se retomando novamente novos desenvolvimentos porque a indústria automobilística voltou a incentivar os fornecedores a trazer novos materiais com características diferentes das matérias primas atualmente em uso”, disse ele. Em relação a investimentos em P&D em nanotecnologia, Jacob ressalta ainda que a empresa está trabalhando junto aos clientes, com materiais plásticos com o uso de nano materiais, produzindo peças com melhores características que as sem nano componentes.

A nanotecnologia e a engenharia química convergem para a criação de novos produtos e processos que contribuem para a melhoria da qualidade de vida. Dentre os avanços tecnológicos,

podemos citar remédios com menores efeitos colaterais, vidros autolimpantes, roupas impermeáveis e cosméticos inteligentes, vistos no setor de cosméticos como uma verdadeira revolução para a indústria de beleza.

A principal vantagem da nanotecnologia, quando aplicada em cosméticos, é a sua eficiência. Em muitos casos, ela é inserida nos cosméticos na forma de nanopartículas, que conseguem penetrar com mais profundidade na pele, potencializando efeitos hidratantes, antiidade e de proteção. Shampoos, sombras, cremes antienvelhecimentos, protetores solares, esmaltes são produtos intitulados como cosméticos nanotecnológicos que podemos encontrar nas prateleiras das lojas.

## A formação de recursos humanos em nanotecnologia

A relação entre a engenharia química e os nanomateriais

acontece no próprio processo de fabricação desses materiais, quando o engenheiro químico, com uma sólida formação em engenharia de processos, tem uma forte contribuição. Os materiais sintetizados têm aplicações em processos químicos, tanto na área da reação química (novos catalisadores nanoestruturados) como em processos de separação (membranas estruturadas em nanoescala).

Os nanocatalisadores podem causar importantes impactos em tratamentos ambientais e na área de energia, assim como no desenvolvimento de células de hidrogênio, enquanto as nanoseparações podem ser úteis em problemas ambientais e processos de purificação em química fina, incluindo produtos de biotecnologia e fármacos. Quando se fala em tecnologia do produto, a incorporação de nanomateriais e a manipulação em escala molecular podem beneficiar diversas áreas em que os engenheiros químicos estão tradicionalmente envolvidos, como produtos de higiene e cosmética, produtos de limpeza, produtos alimentares, tintas, plásticos e têxteis.

Em entrevista à REBEQ, Ricardo Jacob, presidente da Plásticos Mueller, empresa com forte atuação no desenvolvimento de nanocompósitos para a indústria automobilística, afirma que o setor automotivo representa hoje, 85% da fatia dos negócios da empresa. “No passado houve muito mais desenvolvimento em nanotecnologia na empresa, após

um período de estagnação, agora é que está se retomando novamente novos desenvolvimentos porque a indústria automobilística voltou a incentivar os fornecedores a trazer novos materiais com características diferentes das matérias primas atualmente em uso”, disse ele. Em relação a investimentos em P&D em nanotecnologia, Jacob ressaltava ainda que a empresa está trabalhando junto aos clientes, com materiais plásticos com o uso de nano materiais, produzindo peças com melhores características que as sem nano componentes.

A nanotecnologia e a engenharia química convergem para a criação de novos produtos e processos que contribuem para a melhoria da qualidade de vida. Dentre os avanços tecnológicos, podemos citar remédios com menores efeitos colaterais, vidros autolimpantes, roupas impermeáveis e cosméticos inteligentes, vistos no setor de cosméticos como uma verdadeira revolução para a indústria de beleza.

A principal vantagem da nanotecnologia, quando aplicada em cosméticos, é a sua eficiência. Em muitos casos, ela é inserida nos cosméticos na forma de nanopartículas, que conseguem penetrar com mais profundidade na pele, potencializando efeitos hidratantes, antiidade e de proteção. Shampoos, sombras, cremes antienvelhecimentos, protetores solares, esmaltes são produtos intitulados como



cosméticos nanotecnológicos que podemos encontrar nas prateleiras das lojas.

### A formação de recursos humanos em nanotecnologia

No campo dos estudos e pesquisa, a nanotecnologia vem sendo apontada como uma área de vasto desenvolvimento e grande procura. O curso de graduação em Nanotecnologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) é o primeiro curso de nível superior do país voltado à área (<https://www.youtube.com/watch?v=xGh6jcr9g6A>), tendo 4 anos de duração. O curso foi iniciativa de quatro unidades da UFRJ: Instituto de Física (IF), Escola Politécnica (Poli), Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho (IBCCF) e Instituto de Macromoléculas Professora Eloísa Mano (IMA). Vários outros grupos de pesquisa existem atualmente no Brasil, reunindo pesquisadores e profissionais de diversas áreas, tais como engenharia, química, farmacêutica e biomédica.

As iniciativas em formação em nanotecnologia têm exemplos mesmo antes da educação em nível superior. O SENAI, por exemplo, tem uma forte atuação na área tecnológica em parceria



com indústrias e universidades.

A Rebeq conversou com o Professor Osvaldo Lahoz Maia (Gerente de Inovação e Tecnologia do SENAI), para saber um pouco mais sobre as iniciativas atuais da instituição que busca estimular o desenvolvimento do conhecimento em nanociência e nanotecnologia na indústria nacional.

Segundo o Professor Osvaldo Lahoz, o SENAI oferece aos estudantes de cursos técnicos e aprendizagem a possibilidade de um curso gratuito de introdução a Nanociência e Nanotecnologia. Esse curso possibilita a realização de experimentos para fixação dos conceitos, das definições e estudo de possíveis aplicações industriais. “Existe um programa de capacitação interna dos professores em pós-graduação *stricto sensu* (mestrado / doutorado) e estimulamos que seus projetos de pesquisa incluam o tema de nanotecnologia. Preparando os professores, a difusão do conhecimento é natural dentro das atividades de ensino”, afirma o professor. Em São Bernardo do Campo (SP), está localizado o Instituto de Inovação com foco em pesquisa aplicada na área de Nanocompósitos do SENAI.

O SENAI também conta com unidades móveis de estudo de nanotecnologia. De acordo com o professor Osvaldo Lahoz, a Escola móvel de Nanotecnologia é uma estratégia do SENAI/SP para estimular os estudantes ao interesse pela ciência aplicada e o foco é a nanociência. “É possível observar os fenômenos

relacionados, realizar experimentos de produção e manipulação de nanomateriais, e principalmente, apresentar as aplicações já presente no mercado ou que estão em fase de desenvolvimento tecnológico. O curso é de Introdução a Nanociência e Nanotecnologias com carga horária de 20 horas. Majoritariamente um curso prático, “Hands On”, dentro de um ambiente moderno, interativo e muito agradável a jovens e adolescentes. A unidade pode ser contratada por qualquer empresa ou instituição para provimento deste curso ou de outras apresentações. Internamente utilizamos como estratégia gratuita aos alunos matriculados nos cursos regulares. São 5 unidades em operação, sendo que há uma agenda pelo estado de SP, porém já apresentamos a escola móvel em diversas ocasiões: Bienal do Livro/SP (3 edições); Semana Nacional de Ciências e Tecnologia 2012, em Brasília, exposição em diversas universidades de São Paulo e outros”.

O curso de “Nanociência e Nanotecnologia” de iniciação profissional, no SENAI/SP, está aberto para alunos a partir de 14 anos de idade. O Professor Osvaldo Lahoz, fala dos desafios deste processo de formação profissional.

“Não há carência no mercado na formação de pessoas com essa qualificação. Atualmente, a Nanotecnologia se faz muito presente nas universidades e institutos de pesquisa, com grande promessa de aplicação

em praticamente todos os setores industriais. Contudo, a inserção destas tecnologias no setor produtivo ainda é lenta frente a importantes gargalos, com marcos regulatórios, testes de estabilidade química e interações com a saúde e meio ambiente. Tais estudos são demorados e possuem uma complexidade jamais vista na ciência, devido à natureza das nanopartículas que possuem comportamento físico e/ou químico específicos em tamanhos de partículas diferentes. Portanto, quando a tecnologia estiver madura, flexível e robusta, a indústria e outros setores começarão a demandar determinadas qualificações para seus profissionais em todos os níveis de formação, neste sentido, o SENAI/SP se antecipa na preparação de seu corpo discente, cultura institucional e multiplicação dos conceitos aos estudantes”.

Fontes:

[http://labvirtual.eq.u.c.pt/siteJoomla/index.php?option=com\\_content&task=view&id=116&Itemid=2](http://labvirtual.eq.u.c.pt/siteJoomla/index.php?option=com_content&task=view&id=116&Itemid=2)

<http://portaleducacao.com.br>

### Colaboração:

Ricardo Max Jacob (Plásticos Mueller)

Osvaldo Lahoz Maia (SENAI)

# A ABEQ apoiando as iniciativas dos estudantes de engenharia química no Brasil

A ABEQ esteve presente no XXVI CONEEQ cujo tema foi “O Engenheiro Químico do Século XXI – Profissional para um Mundo em Transformação”.

Tendo como um de seus princípios a valorização dos futuros profissionais de engenharia química no Brasil, a ABEQ esteve presente no XXVI Congresso Nacional dos Estudantes de Engenharia Química (CONEEQ) realizado em Belo Horizonte- Minas Gerais.

Palestras técnicas, minicursos e visitas técnicas fizeram parte da programação do evento, que teve a UFMG, PUC Minas e UniBH como universidades anfitriãs. Confira a seguir uma reportagem sobre o evento feita pela Comissão Organizadora XXVI CONEEQ BH.



## XXVI CONEEQ

### Belo Horizonte 2017

O Congresso Nacional dos Estudantes de Engenharia Química (CONEEQ) é um evento de caráter técnico-científico e social, itinerante e sem fins lucrativos, realizado anualmente desde 1991 pelos próprios estudantes, juntamente com a Federação Nacional dos Estudantes de Engenharia Química (FENEEQ). O evento objetiva promover a preparação dos futuros profissionais para responder às necessidades do mercado de trabalho, ampliar o conhecimento sobre assuntos pertinentes à área, possibilitar o contato dos graduandos com empresas e fomentar as relações interpessoais dos estudantes.

Parando para pensar sobre o quão grande é este evento e o desafio de organizá-lo, um calafrio sobe pela espinha de qualquer pessoa normal. Mas isso não impediu que uma equipe de apaixonados pelos congressos de Engenharia Química trouxessem o CONEEQ mais uma vez para Belo Horizonte. Foram vários fatores que motivaram a comissão organizadora:

- A própria busca por desafios e superação de obstáculos;
- União dos estudantes de três grandes universidades e apoio dessas instituições;
- Excelente infraestrutura de uma das maiores capitais brasileiras e localização central de Belo Horizonte no território nacional;
- O sonho de trazer o evento para a cidade natal e fazê-lo ser inesquecível.



Os alunos da UFMG, PUC Minas e UniBH apresentaram o projeto durante o CONEEQ 2016, em Salvador-BA, e venceram sua primeira prova de fogo: a eleição contra os alunos da UFSC e a ideia deles de levar o CONEEQ para Florianópolis. Mas quanto mais forte o vento, mais forte a árvore, não é mesmo? Afinal, esses mineiros não estavam ali de brincadeira.

O XXVI CONEEQ trouxe como tema “O Engenheiro Químico do Século XXI – Profissional para um Mundo em Transformação”. Cada elemento da programação acadêmica foi idealizado e construído com objetivo de proporcionar aos congressistas reflexão intensa sobre sua própria formação e seu papel em um contexto marcado por rupturas e estabelecimento de novos paradigmas, no qual cada um tem a chance e também a responsabilidade de ser protagonista, entregando o seu melhor.



A programação ocupou espaços nas três universidades anfitriãs. Na noite de 30 de Janeiro, a abertura teve lugar no UniBH. A cerimônia foi conduzida pela coordenadora de programação acadêmica, Marina Prass Santos, e constituíram a mesa de abertura o coordenador geral do evento, Gabriel Zulato, o presidente da FENEEQ à época, Ramon Gouvea de Paula, o diretor do Instituto de Engenharia e Tecnologia do UniBH, prof. Joaquim José da Cunha Junior, e o representante da ABEQ e professor da UFMG, prof. Gustavo Matheus de Almeida. Por fim, as palestras de Petrina Santos e Celito Meier emergiram

os congressistas nas reflexões que pontuaram toda a semana.

Nos dois dias seguintes a programação seguiu com intensidade e potência de conteúdo na Escola de Engenharia da UFMG. Pela manhã foram oferecidas palestras técnicas e de formação cultural, cujos temas foram desde oportunidades de negócio em bionanotecnologia até estudo musical do funk carioca. Nos intervalos, práticas da ginástica de percussão corporal Lian Gong ajudaram os congressistas a se reenergizar para aproveitar tudo o que estava por vir. Os turnos da tarde, por sua vez, foram reservados aos mini cursos, que passaram por cuidadoso processo de curadoria na preparação do evento e foram reconhecidos pelos congressistas como experiências “mão na massa” de verdade por meio das práticas laboratoriais, computacionais e estudos de caso oferecidos pelos facilitadores convidados. Tiveram destaque temas como nanotecnologia; prototipagem e impressão 3D; cromatografia e sustentabilidade.

Os minicursos sobre otimização maker e HPLC foram oferecidos pela instituição parceira Newton Paiva, que também guiou o conjunto de mini cursos sobre sustentabilidade. Sob o tema unificador Cidades Humanas Inteligentes e Sustentáveis, os congressistas puderam discutir questões sobre economia, educação, desenvolvimento social e governança sob uma perspectiva ecológica e convergente, com facilitadores de peso como o Fa.Vela e o Global Shapers – hub Belo Horizonte.



O dia 2 de Fevereiro foi reservado para visitas técnicas em 11 empresas e instituições de Belo Horizonte e região e para a mesa redonda sobre economia colaborativa, que aconteceu no Auditório do Museu de Ciências Naturais da PUC Minas. Na sexta-feira, 03, a programação foi concluída no Teatro João Paulo II da PUC Minas com a Mostra de Conteúdo - que pela primeira vez abriu espaço para a inscrição de trabalhos desenvolvidos pelos estudantes de graduação nos âmbitos do Ensino e da Extensão - e no salão de eventos da Pousada do Rei, com a Plenária Final, na qual a comissão organizadora recebeu feedbacks dos congressistas e celebrou a realização desse evento que ficará na memória e no coração de todos os envolvidos.



Finalmente, vale destacar a colaboração entre o CONEEQ e a Amadoria, empresa belo horizontina especializada em vivências de aprendizagem e ressignificação da vida e do trabalho, que rendeu três experiências de destaque nessa semana tão intensa: Workshop sobre Autoconhecimento e Propósito, facilitado por Luciana Gallo em duas sessões; intervenção colaborativa na Escola Municipal Professora Helena Eustáquia de Souza, na qual os congressistas que não estavam participando de visitas técnicas reformaram a

horta e o parquinho e construíram um espaço de convivência para as crianças de seis a dez anos; e a mesa redonda sobre economia colaborativa, que aprofundou a discussão sobre o lugar do engenheiro químico do século XXI nesse mundo em superlativa transformação.





O XXVI CONEEQ contou com grande adesão do público: foram mais de sessenta faculdades e quase oitocentos congressistas. Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Goiás, Distrito Federal, Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará estavam presentes, além de Minas Gerais, que contribuiu com uma significativa quantidade de participantes.

As expectativas para o CONEEQ BH 2017 se concretizaram e os objetivos propostos foram cumpridos: o evento conseguiu congregiar alunos, ex-alunos, professores, pesquisadores e profissionais de diversos estados, com um intercâmbio de informações e conhecimentos que certamente contribuíram e contribuirão para a evolução da Engenharia Química no Brasil.

A realização e a excelência do evento não teria sido possíveis sem a confiança, colaboração e participação de todos os stakeholders do projeto. Em especial, nossos Patrocinadores como a Radix e a cervejaria Prussia, bem como dos nossos apoiadores: CRQ-2ª Região, Mult Jr Consultoria e Projetos, Amadoria e, também, a ABEQ. Os Centros Acadêmicos, através de seus membros, estrutura e insights contribuíram para a consolidação de um ótimo trabalho e a realização de um sonho: trazer novamente, estudantes de Engenharia Química das cinco regiões do Brasil para a troca de experiências e conhecimentos na nossa casa, em Belo Horizonte.

O trabalho duro e dedicação contínua serviram para trilhar novos caminhos e manter viva a cultura congressista na Engenharia Química nacional. Assim, dando continuidade à tradição, já estão previstas as próximas edições dos CONEEQs (Congressos Nacionais) e COREEQs (Congressos Regionais):

- XXII COREEQ Norte/Nordeste Maceió 2017 (09 a 15 de Julho):

Realizado pela UFAL, o congresso será realizado pelo CAEQ UFAL que, no ano de 2017, decidiu uni-lo à já tradicional Semana de Engenharia Química da UFAL - SENQ, a fim de proporcionar aos congressistas melhores experiências acadêmicas e profissionais.



- XXII COREEQ Sul/Sudeste/Centro-Oeste Itajubá 2017 (23 a 30 de Julho);

Buscando dar continuidade à crescente integração entre as entidades estudantis de mineiras de Engenharia Química, o COREEQ Itajubá tem como objetivo a valorização acadêmica e cultural dos participantes, bem como a maior aproximação com os estudantes da região Sul do Brasil, que, após grande experiência no CONEEQ BH 2017, sentiram-se motivados a, novamente, realizar futuros congressos nos estados da região Sul.

- XXVII CONEEQ Goiânia 2018 (14 a 21 de Janeiro).

Goiânia figura entre as cidades com melhor índice de qualidade de vida do país. Município brasileiro com maior área verde por habitante (94 m<sup>2</sup>) e detentor do segundo maior quantitativo proporcional do mundo a cidade, de apenas 80 anos, destaca-se por implementar um modelo de desenvolvimento urbano aliado à consistente política de responsabilidade ambiental. O congresso tem a proposta de apresentar aos estudantes e participantes uma nova perspectiva e possibilidade de contato com empresas e órgãos de pesquisa da região além de, concomitantemente, fortalecer as entidades estudantis na região Centro-Oeste.



Para mais informações, programação, pacotes e inscrições:

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

Comissão Organizadora XXVI CONEEQ BH 2017





## XII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA EM INICIAÇÃO CIENTÍFICA

**LOCAL: São Carlos - SP**  
**de 16 a 19 de Julho de 2017**

**PARA MAIORES INFORMAÇÕES ACESSE:**

***[www.cobeqic.com.br](http://www.cobeqic.com.br)***

**E-mail para contato:**

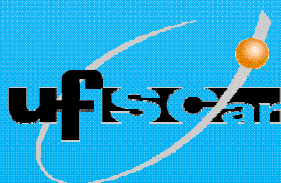
***[cobeqic2017@ufscar.br](mailto:cobeqic2017@ufscar.br)***

### **Formato**

- Sessões técnicas orais com apresentação de trabalhos científicos;
- Sessões técnicas de painéis com apresentação na forma de pôsteres;
- Conferências, que consistem em palestras apresentadas por pesquisadores convidados e com excelência na área temática.

### **Áreas temáticas**

- ❖ Engenharia Ambiental e Tecnologias Limpas
- ❖ Engenharia das Separações e Termodinâmica
- ❖ Engenharia de Materiais e Nanotecnologia
- ❖ Engenharia de Reações Químicas e Catálise
- ❖ Engenharia e Tecnologia de Alimentos
- ❖ Fenômenos de Transporte e Sistemas Particulados
- ❖ Processos Biotecnológicos
- ❖ Simulação, Otimização e Controle de Processos
- ❖ Análise de Risco e Segurança de Processos



**Blucher**

# Nanomedicina e os desafios da Engenharia Química

Lucimara Gaziola de La Torre <sup>1\*</sup>, Tiago Albertini Balbino <sup>2</sup>, Caroline Casagrande Sipoli <sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Engenharia de Materiais e Bioprocessos, Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

<sup>2</sup> Departamento de Engenharia Mecânica, Centro Técnico-Científico, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio).

<sup>3</sup> Coordenação de Engenharia Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

\*Autor para correspondência: [latorre@feq.unicamp.br](mailto:latorre@feq.unicamp.br)

## Nanomedicina, uma subárea da Nanotecnologia

Nanotecnologia refere-se à engenharia e produção de materiais em escala atômica e molecular [1]. Estes nanomateriais podem ser naturais ou artificiais, dos quais 50% ou mais das partículas (distribuição em número) possuem ao menos uma das dimensões entre 1 e 100 nm [2]. Apesar da definição rigorosa, vários trabalhos relacionados à nanotecnologia utilizam ou produzem materiais com várias centenas de nanômetros [1].

A nanomedicina é a aplicação direta da nanotecnologia na área médica. Dentre as diversas aplicações nesse campo de pesquisa, nanopartículas podem ser projetadas para a liberação de fármacos. Exemplos de aplicações envolvem terapia do câncer, vacinação e terapia gênica. Nesse caso, nanopartículas podem ser projetadas com diferentes materiais, propriedades de superfície ou ligantes específicos para carrear e direcionar a liberação de moléculas terapêuticas. Essas nanopartículas podem

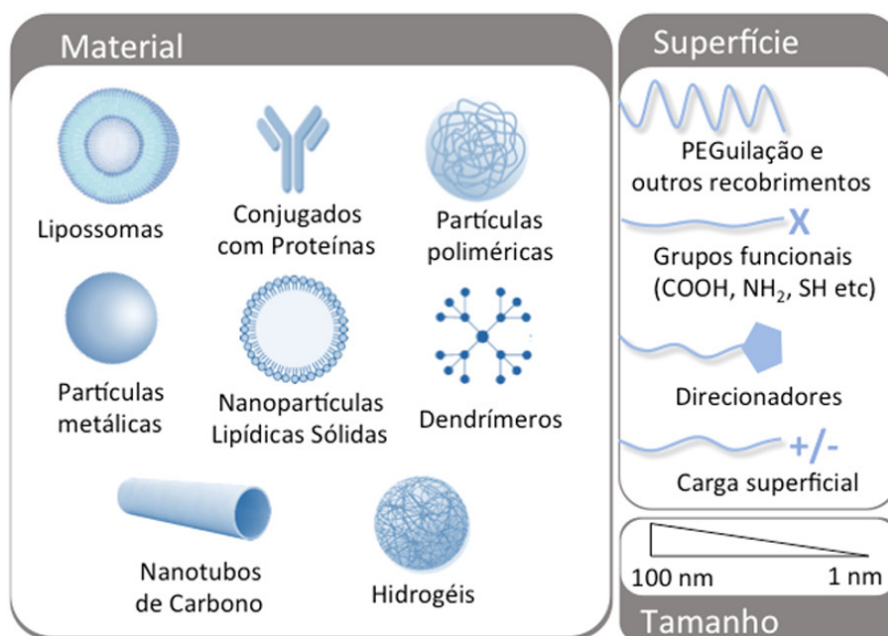


Figura 1: Sumário das nanopartículas exploradas como carreadores de fármacos para terapia do câncer e algumas das propriedades físico-químicas e morfológicas.

vencer diferentes barreiras corpóreas, permitindo, por exemplo, o aumento do tempo de circulação dos fármacos no sistema sanguíneo e permitir a liberação destas no interior de células específicas. As Nanopartículas também podem ser desenvolvidas para permitir a co-liberação de dois ou mais fármacos a fim de combinar terapias, além de viabilizar a entrega de fármacos pouco solúveis em água. Dentre as diferentes nanoestruturas, destacam-se as partículas

poliméricas, as nanopartículas lipídicas sólidas, os hidrogéis e os lipossomas (Figura 1).

Os processos para produção de nanopartículas podem ser divididos em duas abordagens principais: “top-down” e “bottom up”. A abordagem “top-down”, a mais utilizada, consiste primeiramente na produção de partículas com elevado tamanho e alta polidispersidade, i.e., tamanhos heterogêneos. Em seguida, com aplicação de processos com alta energia, como altas pressões



e cisalhamento, o tamanho é reduzido e homogeneizado. Já na abordagem “bottom-up”, nanopartículas e nanoagregados são formados diretamente no tamanho final desejado, sem a necessidade de utilizar etapa subsequente de redução de tamanho.

Dessa forma, o projeto de nanopartículas e nanoagregados, assim como seus respectivos processos produtivos, requer o conhecimento integrado de diversas áreas, inclusive da Engenharia Química, contribuindo para o desenvolvimento da nanotecnologia. De forma geral, a importância das pesquisas em nanomateriais se reflete através da estimativa do mercado global, com uma taxa anual de crescimento de 23,1% e projeção de alcançar em 2020 um mercado mundial de US\$ 11,8 bilhões [3].

### Terapia gênica, um exemplo de aplicação da Engenharia Química

Dentre as diversas áreas de aplicação da nanomedicina, a terapia gênica tem grande destaque, uma vez que intensos esforços internacionais e nacionais estão sendo investidos. A terapia baseada em ácidos nucleicos ou terapia gênica foi reportada pela primeira vez no começo da década de 70 e baseia-se na ideia de realizar o tratamento de determinadas doenças através da inserção de um gene terapêutico em células alvo ou no organismo de indivíduos [4]. As terapias podem ser baseadas em DNA

(incluindo DNA plasmidial, oligonucleotídeos, etc) e mais recentemente desenvolvidas em RNA (mRNA - mensageiro, RNAi - interferência, etc) [5]. Desde então, estudos nesta área têm recebido grande atenção, abordando diferentes aplicações, tais como doenças cardiovasculares, câncer, doenças oftálmicas e doenças infecciosas [6]. Estima-se que o mercado multidisciplinar de terapia gênica movimente mais de 10 bilhões de dólares até o ano de 2025 [7]. Mais especificamente, para que o DNA plasmidial (pDNA) que codifica uma determinada proteína terapêutica atue da forma projetada, é necessário que este vença várias barreiras extra e intracelulares para alcançar o núcleo celular e utilizar a própria célula para a síntese da molécula de interesse. Este processo é denominado de transfecção. Recentemente, a transfecção utilizando RNA vem se apresentado como uma estratégia promissora para a terapia gênica, com diferentes mecanismos de atuação em relação ao DNA, pois não há riscos de integração no genoma, não há necessidade de ultrapassar a barreira nuclear, é mais seguro por ser facilmente degradado, entre outras [8]. O tipo de RNA a ser usado depende da finalidade da transfecção. Como exemplo, pode-se citar a produção de vacinas individualizadas de células dendríticas para imunoterapia do câncer, em que geralmente é utilizado RNA mensageiro [9].

No entanto, o emprego dos ácidos nucleicos diretamente nas células ou nos organismos vivos gera baixos resultados, pois o ambiente extracelular já inicia a degradação dessas moléculas. Além disso, a natureza aniônica dos ácidos nucleicos impede sua entrada no interior das células. Nesse contexto, a incorporação dos ácidos nucleicos em nanoagregados e/ou nanopartículas torna-se alternativa promissora para vencer as barreiras extra e intracelulares e permitir a entrega eficiente deste material genético no interior das células [10]. Neste contexto, a nanotecnologia emerge como uma área de pesquisa que pode ser explorada no desenvolvimento destes sistemas carreadores ou de liberação sustentada [11].

Polímeros ou nanoagregados de natureza catiônica podem ser utilizados para permitir a interação eletrostática com ácidos nucleicos (de natureza aniônica), gerando nanopartículas ou complexos. Uma vez que estas nanopartículas apresentam tamanho apropriado e característica final catiônica, na ausência de qualquer ligante específico, haverá interação eletrostática com a membrana celular (que possuem característica aniônica), permitindo a internalização destes complexos nas células [12]. Dentre os sistemas de veiculação de ácidos nucleicos, destacam-se os lipossomas catiônicos (LCs) e nanopartículas formadas com quitosana. O grande desafio,

além do desenvolvimento dessas nanopartículas é garantir que processos reprodutíveis sejam criados, a fim de garantir a transferência de tecnologia da bancada de laboratório para as indústrias.

## Lipossomas

Dentre os materiais nanoestruturados empregados para o carregamento de material genético, os lipossomas têm sido utilizados desde a década de 70 para aplicações em terapia gênica. Os lipossomas são estruturas lipídicas aproximadamente esféricas com cerne aquoso circundado por uma ou mais bicamadas lipídicas. Devido às regiões hidrofóbicas das moléculas dos fosfolipídios, os lipossomas se formam através da autoagregação em bicamadas lamelares em meio aquoso, mimetizando estruturas similares às membranas celulares. A presença de lipídios catiônicos na composição lipídica promove a retenção e proteção do ácido nucleico nas estruturas, pois interagem eletrostaticamente e protegem contra a degradação enzimática [13].

O uso dos lipossomas não se restringe a aplicações em terapia gênica; seu caráter anfifílico permite que diversas moléculas sejam incorporadas em sua estrutura e carregadas até o local da entrega. Agentes hidrofílicos podem ser encapsulados em seu cerne aquoso, enquanto compostos hidrofóbicos podem ser retidos dentro de suas bicamadas e moléculas anfifílicas podem ficar ancoradas

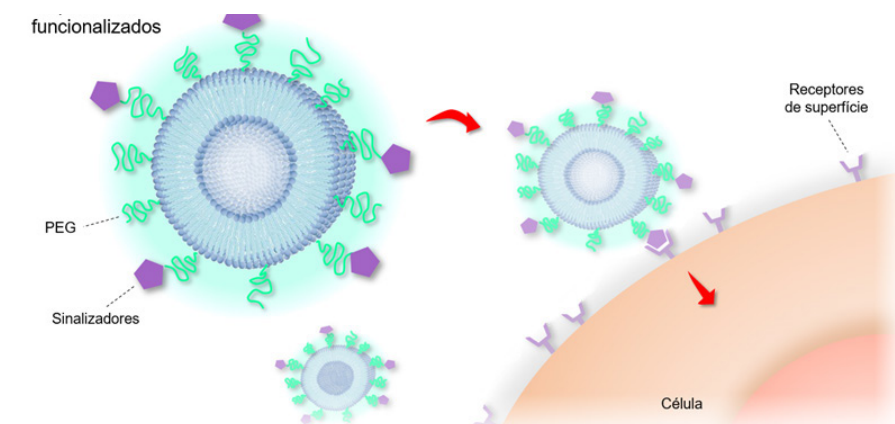


Figura 2. Lipossomas com lipídeos funcionalizados contendo o polímero polietilenoglicol (PEG) com sinalizadores ancorados para favorecer biointerações com receptores de superfície celular.

entre o cerne aquoso e a membrana. Ainda possibilitam modificações superficiais para entrega sítio-específicas, como o ancoramento de peptídeos sinalizadores, como mostra a Figura 2. Esses sinalizadores possuem interações específicas com determinados receptores de superfície celular como, por exemplo, os que são presentes em células endoteliais e cancerígenas [14].

Dentre os processos convencionais de produção de lipossomas, o método do filme seco, aplicado normalmente em escala laboratorial, é um dos mais utilizados em nanomedicina. Neste método de característica “top down”, os lipídeos são dispersos em um solvente orgânico, o qual é posteriormente removido, formando um filme seco de lipídeos. A subsequente hidratação desse filme resulta em lipossomas com populações de diversos tamanhos. Outros processos que operam em maior escala, como injeção de etanol, também requerem que os lipídeos sejam dispersos em etanol antes da sua formação da dispersão em fase aquosa

para a formação das vesículas. A grande maioria desses métodos exige que uma operação unitária subsequente seja realizada para reduzir e uniformizar o tamanho dos lipossomas. A escolha da operação unitária posterior dependerá da necessidade da aplicação final do produto, que inclui processos como sonicação, extrusão múltipla por membranas e homogeneização a alta pressão. Processos mais recentes abordam técnicas como de fluidos supercríticos, liofilização de soluções e escoamento em microcanais [15]. Essas novas tecnologias visam otimizar o número de etapa de processos, eliminar a utilização de solventes e/ou diminuir a complexidade e o tempo de produção, atendendo ainda a às especificações de boas práticas de fabricação e esterilização, quando em casos de aplicações intravenosas, parenterais, dentre outras.

## Nanopartículas de Quitosana

Nanopartículas de polímeros catiônicos vêm sendo extensivamente estudadas para vacinação e terapia gênica. A



partir da interação eletrostática com os ácidos nucleicos há a neutralização de cargas e formação de complexos compactos, os quais são denominados poliplexos [16]. Os polímeros catiônicos que vêm sendo muito explorados nesta área são a polilisina (PLL), a polietilenoamina (PEI), polietilenoglicol (PEG) e como destaque, a quitosana (QUI).

A quitosana é um biopolímero obtido a partir da reação de desacetilação da quitina, que é o principal componente estrutural do exoesqueleto de crustáceos. Algumas características biológicas da quitosana atraem muitos pesquisadores na área médica e farmacêutica, como biodegradabilidade, baixa toxicidade, mucoadesividade, biocompatibilidade e também a propriedade de abrir espaço entre as células epiteliais [17, 18, 19].

Diversos métodos são propostos na literatura para a produção de nano partículas de quitosana, no entanto, o princípio mais utilizado baseia-se na reticulação iônica dos grupamentos amina protonados da quitosana com polieletrólitos de íons opostos. Sendo assim, ácidos nucleicos podem ser associados diretamente à quitosana através de simples mistura, porém os poliplexos gerados apresentam uma estabilidade muito grande, limitando sua liberação no interior das células. Uma alternativa para a complexação direta entre quitosana e os ácidos nucleicos é formação de nanopartículas de a reticulação da quitosana em

etapa anterior à incorporação do DNA na sua estrutura, sendo que o tripolifosfato de sódio (TPP) é um poliânion muito utilizado

No âmbito da utilização da quitosana para aplicação da terapia e vacinação gênica dois grandes desafios devem ser especialmente destacados. O primeiro é a sua insolubilidade em pH's próximos da neutralidade, e que pode ser superado a partir de modificações químicas na estrutura da quitosana de modo a melhorar o desempenho das formulações para terapia/vacinação gênica [20].

O outro desafio está relacionado ao desenvolvimento de processos de produção de nanopartículas de quitosana que sejam factíveis de serem implantados na indústria, sendo que este desafio é papel do engenheiro químico. Na literatura, os processos envolvendo a reticulação ionotrópica da quitosana são realizados normalmente em regime batelada e muitos dos estudos de forma laboratorial, sem abordar aspectos de engenharia e que possibilitem futuros estudos de escalonamento de processos. Pode-se citar o trabalho o estudo de gelificação ionotrópica em balão de vidro e o controle de temperatura realizado através de câmara de refrigeração [21]. Neste sentido o nosso grupo de pesquisa, na Faculdade de Engenharia Química

da UNICAMP, estudou o processo de produção de nanopartículas de quitosana em um sistema facilmente escalonável, reator batelada com chicanas e agitação mecânica com impelidor do tipo cowles, para analisar os parâmetros que influenciam nas características físico-químicas finais das nanopartículas que foram mais tarde avaliadas biologicamente em termos de transfecção in vitro [22, 23]. Estudos para avaliar técnicas escalonáveis de produção de nanopartículas de quitosana se dá no sentido de aprimoramento das metodologias já existentes. No entanto, a técnica de escoamento em microcanais, ou microfluídica, surge como um novo desafio da engenharia química.

### Microfluídica, um novo desafio para a Engenharia Química

Microfluídica é a ciência multidisciplinar que processa ou opera pequenas quantidades de fluidos, usando canais em escala micrométrica (dezenas a centenas de micrômetros) (Figura 3). A exploração da microfluídica está se

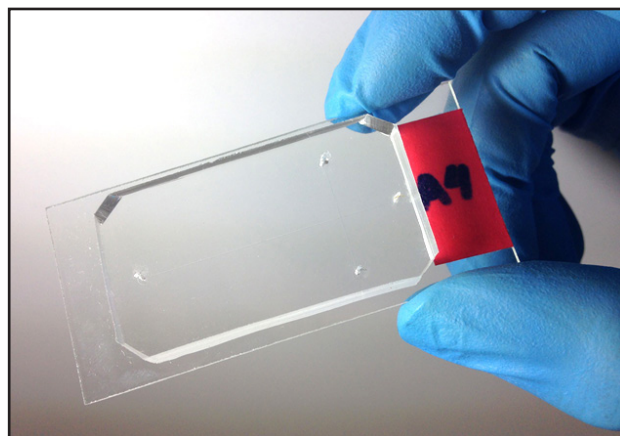


Figura 3: Imagem de dispositivo microfluídico.

intensificando como ciência e tecnologia, com contribuições em várias áreas, incluindo as citadas anteriormente, referentes à síntese de nanomateriais e construção de microdispositivos para bioprocessos.

A partir da tecnologia de microfluídica, é possível explorar o escoamento de pequenas quantidades de fluidos simples ou complexos, mono ou multifásicos, que circulam em microssistemas artificialmente fabricados, utilizando materiais específicos de construção. As características fluidodinâmicas impostas nestes microssistemas garantem o regime de escoamento laminar. Nesse caso, a difusão é o processo que governa a mistura entre os reagentes e permite o controle da concentração de moléculas e/ou células no espaço e no tempo, garantindo o desenvolvimento de processos altamente reprodutíveis. As dimensões reduzidas dos canais garante uma razão área/volume muitas vezes maior que outros sistemas, o que lhes conferem propriedades únicas de transporte, minimizando efeitos de transferência de calor e massa. Essa tecnologia tem sido intensamente explorada há mais de duas décadas nas áreas de interface da biologia, química e engenharias.

A microfluídica tem possibilitado o desenvolvimento de novas ferramentas e dispositivos que proporcionam aplicações que não seriam viáveis na macroescala [24]. Além disso, em aplicações biotecnológicas, tem ampliado as possibilidades

de estudos celulares em condições dinâmicas, permitindo estudos de comportamento celulares e citotoxicidade, pois é capaz de mimetizar o microambiente celular. Tais dispositivos podem ainda ser utilizados para avaliar a cinética das reações em tempo real por meio de sistemas de sensores, reduzindo o tempo de ensaios [25]. Aplicações avançadas incluem a mimetização de ambientes similares aos dos organismos vivos, sendo denominados “organ-on-a-chip”. Adicionalmente, novas perspectivas de medicina personalizada, que atendem as características individuais do paciente, como a terapia/vacinação gênica podem ser vislumbradas. Em aplicações como estas, pode-se reduzir a quantidade de compostos degradados realizando a produção dos sistemas no momento de aplicação no paciente (“point of care”).

A potencialidade da microfluídica está traduzida na estimativa de crescimento do mercado em 18% ao ano, com expectativa de alcançar em 2020 um valor de US\$ 6 bilhões [26]. É interessante notar que as empresas que trabalham com microfluídica concentram-se na América do Norte e Europa e que não existem empresas nesse ramo na América do Sul [27]. Isso evidencia a necessidade de formação de profissionais com o conhecimento nessa área para propiciar a formação de recursos humanos para nucleação de empresas sulamericanas.

Os processos microfluídicos atendem às novas perspectivas da engenharia química referentes a Intensificação de Processos. Essa perspectiva busca desenvolver tecnologias que otimizem processos tradicionais principalmente através da miniaturização de equipamentos, redução na produção de resíduos, minimização de efeitos de transporte de calor e massa, resultando em processos com maior controle de reações e seletividade, mais sustentáveis e de menor custo [28]. Neste contexto, a microfluídica permite alcançar a intensificação de processos ao integrar etapas de produção em dispositivos com tamanhos substancialmente reduzidos e em modo contínuo.

### Microfluídica e a produção de lipossomas e nanopartículas

Em aplicações em nanomedicina, a microfluídica tem sido explorada especialmente em relação à produção de nanopartículas. Os principais desafios de processos convencionais a serem superados referem-se ao desenvolvimento de processos reprodutíveis e que permitam a produção com tamanho de partícula e polidispersidade precisos, bem como a redução do número de etapas de processos. Devido a flexibilidade dos processos microfluídicos para operar com materiais distintos, diversos tipos de nanopartículas podem ser produzidos por autoagregação, síntese e formação em microdispositivos,



como emulsões, lipossomas, nanocristais e partículas poliméricas [29, 30]. De acordo com a aplicação, o projeto de dispositivos é desenvolvido com geometrias específicas e os mesmos podem ser produzidos em diferentes formatos, materiais de acordo com o objetivo desejado [31].

A produção de lipossomas através de processos microfluídicos foi idealizada inicialmente empregando um dispositivo de mistura em formato de cruz [32]. Nessa técnica, a formação dos lipossomas ocorre através do contato de duas fases de fluidos solúveis entre si, uma aquosa e outra alcoólica, em que os lipídeos são dispersados. A corrente lipídica escoar no microcanal central a qual é comprimida hidrodinamicamente por duas correntes aquosas laterais. A medida que ocorre a difusão entre as correntes ao longo do microcanal principal, os lipídeos se tornam menos solúveis no meio aquoso e começam a se autoagregar, formando fragmentos de bicamadas lipídicas. Para diminuir a instabilidade das extremidades desses fragmentos, eles se autoagregam até se fecharem em vesículas, encapsulando parte do meio, conforme ilustra a Figura 4 [33].

Nosso grupo de pesquisa, desenvolveu recentemente um processo microfluídico que integra diversas etapas necessárias para a formação de nanocarreadores de genes [34]. O dispositivo microfluídico com

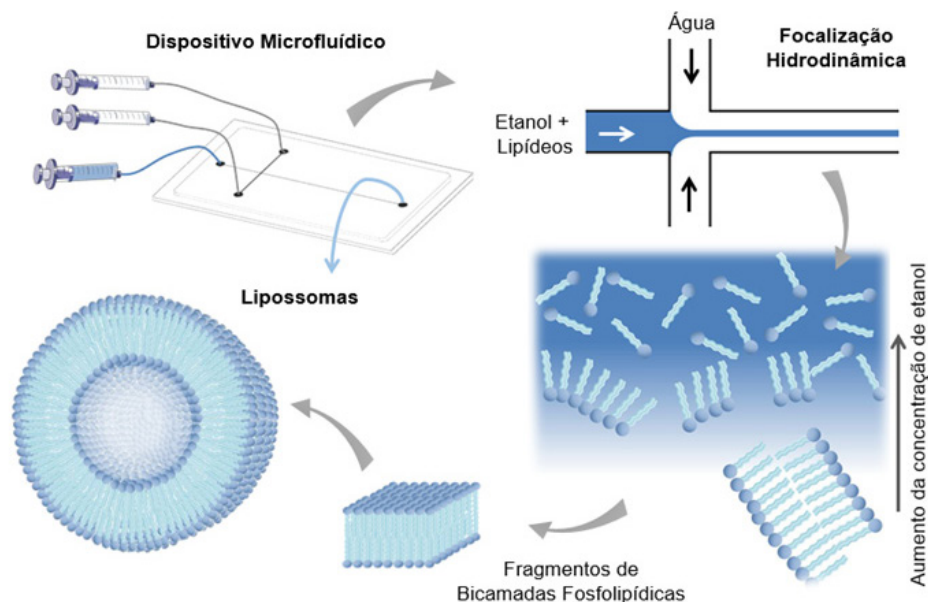


Figura 4. Esquema hipotético da formação de lipossomas em dispositivos microfluídicos (Adaptado de Balbino et al., 2013, republicado com permissão da Elsevier).

duas regiões distintas foi utilizado para a formação de lipossomas, de forma similar a Figura 4, e a subsequente complexação com DNA numa segunda etapa. Os nanocarreadores obtidos exibiram características físico-químicas apropriadas para aplicações em terapia gênica e capazes de reter e proteger o material genético nas estruturas. Os experimentos biológicos *in vitro* realizados em diferentes linhagens celulares evidenciaram a viabilidade do dispositivo. Os níveis de transfecção apresentados foram similares aqueles obtidos em processos convencionais, os quais requerem diversas operações manuais consecutivas. A plataforma microfluídica integrada permitiu reduzir drasticamente o número de etapas necessárias para se produzir sistemas nanoagregados carreadores de genes. Anteriormente, nosso grupo já havia desenvolvido dispositivos multientradas com diferentes

arranjos microfluídicos, em que é possível aumentar a eficiência de mistura explorando advecção caótica nos microcanais, por exemplo. Esses dispositivos se mostraram eficientes tanto para a produção de lipossomas em altas concentrações quanto para a produção de complexos DNA:lipossomas [33, 35].

Estudos envolvendo a produção de nanopartículas de quitosana em microcanais são recentes e ainda é um grande desafio tecnológico e necessita esforços. Os processos descritos na literatura envolvendo microfluídica e nano/micropartículas de quitosana abordam estratégias que se baseiam na operação em regime contínuo [36, 37] ou na geração de gotas [38].

Um grande passo neste sentido foi a patente desenvolvida pelo nosso grupo de pesquisa, no âmbito de processo microfluídico contínuo para produção de nanopartículas de quitosana. As

nanopartículas são obtidas em uma única etapa com processo que permite gerar nanopartículas com tamanho e polidispersidade reprodutíveis, explorando a reticulação ionotrópica da quitosana com o reticulante adenosina trifosfato (ATP) [39]. O dispositivo de focalização hidrodinâmica emprega corrente central de água acidificada e duas correntes laterais compostas por quitosana e pelo agente reticulante, de forma a controlar o processo difusivo das moléculas. As nanopartículas obtidas podem ser utilizadas nas mais diversas áreas [39].

## Desafios futuros

Apesar das inúmeras aplicações de produtos nanotecnológicos em desenvolvimento ou já disponíveis no mercado na área de nanomedicina, a engenharia química ainda tem muito a contribuir, especialmente em relação ao desenvolvimento de novos nanomateriais inteligentes e de seus processos de produção.

Dentre os vários produtos nanoparticulados já aprovados para uso clínico, poucos possuem processos de produção em larga escala capazes de atender especificações farmacêuticas. A transposição dos excelentes resultados encontrados em laboratórios para a indústria será possível quando processos mais eficientes forem desenvolvidos ou quando os existentes forem otimizados. Nesse sentido, os processos microfluídicos trouxeram grandes avanços, principalmente por seu controle altamente preciso do escoamento

de fluidos, entretanto, os principais desafios a serem superados se direcionam ao aumento da produtividade volumétrica. Na microfluídica, esse aumento de produção vem sendo desenvolvido atualmente através da paralelização de microcanais (“numbering-up”).

Uma vez que a nanociência e nanotecnologia são áreas relativamente novas, a biossegurança de nanomateriais é outro campo que deve ser ampliado e consolidado. Os elementos em nanoescala diferem significativamente dos seus equivalentes em macroescala, por isso, seus efeitos ainda não são completamente elucidados, principalmente os efeitos a longo prazo [40]. A biossegurança de nanomateriais também deve ser debatida em relação a criação de políticas públicas para regulamentar de forma mais racional o número crescente dos produtos lançados no mercado, ações que devem partir de grupos multidisciplinares os quais os engenheiros químicos têm um papel importante.

Com o recente crescimento na área de nanotoxicologia, uma série de ensaios citotóxicos, tanto in vitro quanto in vivo, asseguram que determinados nanomateriais possam ser usados comercialmente. Entretanto, os mecanismos das interações entre sistemas biológicos e esses nanomateriais ainda não são completamente elucidados. Isso se deve principalmente pela falta de técnicas mais diretas de caracterização em escalas próximas à atômica, apesar

dos grandes avanços nas áreas de microscopia por ponta de prova e espalhamento de luz. Com técnicas mais precisas e modelos fenomenológicos mais consolidados, processos de produção de nanomateriais poderão ser consequentemente mais precisos e eficientes, o que permitirá superar alguns desafios tecnológicos ainda presentes na área biomédica.

Nesse contexto, a engenharia química tem muito a contribuir e o trabalho conjunto de profissionais de diversas áreas permitirá o desenvolvimento de produtos seguros e em processos factíveis de serem distribuídos no mercado. ●

## Referências

- [1] FAROKHZAD, O. C.; LANGER, R. Impact of Nanotechnology on Drug Delivery. *ACS Nano*, v. 3, n. 1, p. 16–20, 2009.
- [2] [http://ec.europa.eu/environment/chemicals/nanotech/faq/definition\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/chemicals/nanotech/faq/definition_en.htm), acessado em 15/12/2016.
- [3] <http://www.prnewswire.com/news-releases/global-nanomaterials-market--segmented-by-product-type-end-user-industry-and-geography---trends-and-forecasts-2015-2020-300146744.html>, acessado em 15/12/2016.
- [4] Lentz, T.B. et al. Viral vectors for gene delivery to the central nervous system. *Neurobiology of Disease*, v. 48, 2012.
- [5] PUSHPENDRA, S.; ARVIND, P.; ANIL, B. Nucleic Acids as Therapeutics. In: ERDMANN, V. A.; BARCISZEWSKI, J. (Eds.). *From Nucleic Acids Sequences to Molecular Medicine*. [s.l.] Springer Berlin Heidelberg, 2012. p. 19–45.
- [6] Suk, J.S. PEGylation as a strategy for improving nanoparticle-based drug and gene delivery, *Advanced Drug Delivery Reviews*, v. 99, 28–51, 2016.
- [7] Roots Analysis Report. Gene Therapy Market. 2015. <http://www.pr.com/press-release/623627>
- [8] VITOR, M. T. ; Bergami-Santos, PC ; Barbuto, JAM ; de la Torre, Lucimara Gaziola . Cationic Liposomes as Non-viral Vector for RNA Delivery in



Cancer Immunotherapy. Recent Patents on Drug Delivery & Formulation, v. 7, p. 99-110, 2013.

[9] CARRALOT, J. P.; WEIDE, B.; SCHOOR, O.; et al. Production and characterization of amplified tumor-derived cRNA libraries to be used as vaccines against metastatic melanomas. Genetic Vaccines and Therapy, vol. 3, no. 6, 2005.

[10] VERMA, I. M.; WEITZMAN, M. D. GENE THERAPY: Twenty-First Century Medicine. Annual Review of Biochemistry, v. 74, n. 1, p. 711-738, 2005.

[11] NGUYEN, J.; SZOKA, F. C. Nucleic acid delivery: The missing pieces of the puzzle? Accounts of Chemical Research, v. 45, n. 7, p. 1153-1162, 2012.

[12] FELGNER, P. L. et al. Lipofection: a highly efficient, lipid-mediated DNA- transfection procedure. Proceedings of the National Academy, v. 84, n. 21, p. 7413-7317, 1987.

[13] Lasic, D.D. Applications of Liposomes. v. 1, p. 491-519, 1995.

[14] Huang, Y.; Wang, X.; et al. Systemic Administration of siRNA via cRGD-containing Peptide. Scientific Reports, v. 5, p. 1-15, 2015.

[15] Meure, L.A., N.R. Foster, and F. Dehghani. Conventional and Dense Gas Techniques for the Production of Liposomes: A Review. Aaps Pharmscitech, 2008. v. 9, n.3, p. 798-809.

[16] PACK, D. W. et al. Design and development of polymers for gene delivery. Nature Reviews Drug Discovery, v. 4, n. 7, p. 581-593, 2005.

[17] AMIDI, M. et al. Chitosan-based delivery systems for protein therapeutics and antigens. Advanced Drug Delivery Reviews, v. 62, n. 1, p. 59-82, 2010.

[18] DASH, M. et al. Chitosan - A versatile semi-synthetic polymer in biomedical applications. Progress in Polymer Science (Oxford), v. 36, n. 8, p. 981-1014, 2011.

[19] LÓPEZ-LEÓN, T. et al. Physicochemical characterization of chitosan nanoparticles: electrokinetic and stability behavior. Journal of Colloid and Interface Science, v. 283, n. 2, p. 344-351, 2005.

[20] BHATTARAI, S. R. et al. Hydrophobically modified chitosan/gold nanoparticles for DNA delivery. Journal of Nanoparticle Research, v. 10, n. 1, p. 151-162, 2008.

[21] FAN, W. et al. Formation mechanism of monodisperse, low molecular weight chitosan nanoparticles

by ionic gelation technique. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, v. 90, n. 1, p. 21-27, 2012.

[22] SIPOLI, C. C. et al. Scalable production of highly concentrated chitosan/TPP nanoparticles in different pHs and evaluation of the in vitro transfection efficiency. Biochemical Engineering Journal, v. 94, p. 65-73, 2015a.

[23] SIPOLI, C. C. et al. Chitosan nanoparticles produced with the gradual temperature decrease technique for sustained gene delivery. Biochemical Engineering Journal, v. 103, p. 114-121, 2015b.

[24] SACKMANN, E.K., FULTON, A.L. & BEEBE, D.J. The present and future role of microfluidics in biomedical research. N A T U R E, v.507, p. 181, 2014.

[25] ZHANG, Z. et al. Microbioreactors for bioprocess development. Journal of the Association for Laboratory Automation, v. 12, n. 3, p. 143-151, 2007. ISSN 2211-0682.

[26] [http://www.yole.fr/Microfluidic\\_Applications\\_Technologies.aspx#\\_WFP0YFxAfQ8](http://www.yole.fr/Microfluidic_Applications_Technologies.aspx#_WFP0YFxAfQ8), acessado em 16/12/2016.

[27] <http://fluidicmems.com/list-of-microfluidics-lab-on-a-chip-and-biomems-companies/>, acessado em 16/12/2016.

[28] SPOORTHI, G., THAKUR, R. S., KAISTHA, N., RAO, D. P., Process intensification in PSA processes for upgrading synthetic landfill and lean natural gases. Adsorption-Journal of the International Adsorption Society, v. 17, p. 121-133, 2011.

[29] Sekhon, B.S.; Kamboj, S. Microfluidics Technology for Drug Discovery and Development - An Overview. International Journal, v. 2, n. 1, p. 804-809, 2010

[30] Feng, Q.; Sun, J.; et al. Microfluidics-mediated assembly of functional nanoparticles for cancer-related pharmaceutical applications. Nanoscale, v. Advance Ar, 2016.

[31] WHITESIDES, G. The origins and the future of microfluidics. Nature, v. 442, n. July 2006, 2006.

[32] JAHN, A. et al. Controlled Vesicle Self-Assembly in Microfluidic Channels with Hydrodynamic Focusing. Journal of the American Chemical Society, v. 126, n. 9, p. 2674-2675, 2004.

[33] Balbino, T.A.; Aoki, N.T.; et al. Continuous flow production of cationic liposomes at high lipid concentration in microfluidic devices for gene delivery applications. Chemical Engineering Journal, v. 226, p. 423-433, 2013.

[34] BALBINO, T. A. et al. Integrated

microfluidic devices for the synthesis of nanoscale liposomes and lipoplexes. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, v. 152, p. 406-413, 2017.

[35] Balbino, T.A.; Aoki, N.T.; et al. Microfluidic assembly of pDNA/cationic liposome lipoplexes with high pDNA loading for gene delivery. Langmuir, v. 32, p. 1799-1807, 2016.

[36] MAJEDI, F. S. et al. Microfluidic synthesis of chitosan-based nanoparticles for fuel cell applications. Chemical Communications, v. 48, p. 7744, 2012.

[37] MAJEDI, F. S. et al. Microfluidic assisted self-assembly of chitosan based nanoparticles as drug delivery agents. Lab on a chip, v. 13, n. 2, p. 204-7, 2013.

[38] YANG, C.-H.; HUANG, K.-S.; CHANG, J.-Y. Manufacturing monodisperse chitosan microparticles containing ampicillin using a microchannel chip. Biomedical microdevices, v. 9, n. 2, p. 253-259, 2007.

[39] DE LA TORRE, L. G. et al. BR 10 2016 018506 8 SISTEMA E PROCESSO MICROFLUÍDICO PARA PRODUÇÃO DE NANOPARTÍCULAS DE QUITOSANA, NANOPARTÍCULA DE QUITOSANA E USO DA MESMA, 2016.

[40] Lai W, Hu Z. Fang Q. The concerns on Biosafety of Nanomaterials. JSM Nanotechnol. Nanomed, v.1, n.2, 2013

# CENANO - Centro de Caracterização em Nanotecnologia para Materiais e Catálise – um espaço estratégico e multidisciplinar do Instituto Nacional de Tecnologia.

Alexandre A. Ribeiro<sup>1, 3</sup> e Andréa M. Duarte de Farias<sup>2,3\*</sup>

<sup>1</sup> LATEP - Laboratório de Tecnologia de Pós, Instituto Nacional de Tecnologia, Rio de Janeiro, RJ

<sup>2</sup> LACAT – Laboratório de Catálise, Instituto Nacional de Tecnologia, Rio de Janeiro, RJ

<sup>3</sup> CENANO - Centro de Caracterização em Nanotecnologia para Materiais e Catálise, Instituto Nacional de Tecnologia, Rio de Janeiro, RJ

\*Autor para correspondência: andrea.farias@int.gov.br

O Instituto Nacional de Tecnologia (INT) é uma unidade de pesquisa criada em 1921, que vem atuando em temas estratégicos para o desenvolvimento científico e tecnológico do país desde sua fundação, e integra a estrutura do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC).

Em função do compromisso com temas críticos para a Inovação, a Ciência e a Tecnologia, as primeiras ações em torno do campo da Nanotecnologia ocorreram no início dos anos 2000 com a participação no Projeto de Implantação da Rede de Nanomateriais e Aplicações, lançado pelo CNPq. Em seguida, houve a elaboração do Projeto Estruturante em Nanotecnologia submetido ao então MCT. Mais adiante, o Plano Diretor 2006-2010 foi desenhado com programas voltados para prospecção na área; envolvendo também a criação do Grupo de Gestão em Nanotecnologia. A partir daí, as áreas de Materiais, Catálise e

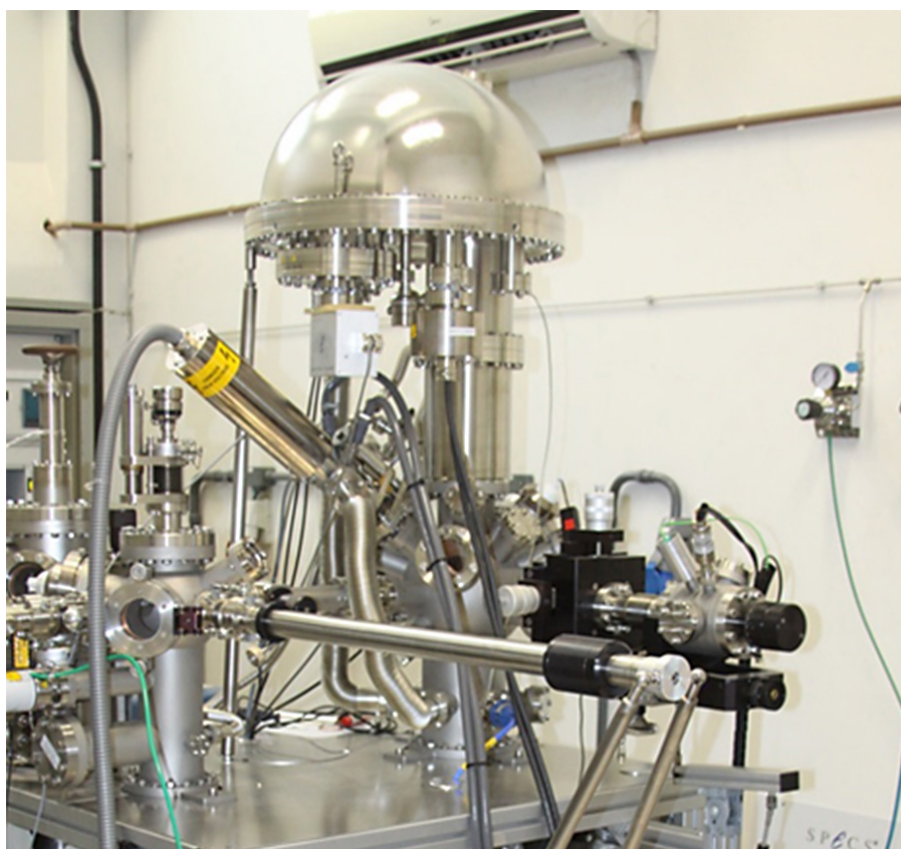


Figura 1 - Espectrômetro Fotoeletrônico por Raios-X (XPS) do CENANO

Corrosão foram definidas como base para o desenvolvimento tecnológico do tema e iniciou-se o planejamento para a inserção do INT nos fóruns de debate e de regulamentação abordando a Nanotecnologia no Brasil. Em 2010, através do apoio da FINEP e Petrobrás, foi

possível consolidar a instalação dos primeiros equipamentos especificados especialmente para caracterização de materiais nanoestruturados: um Microscópio Eletrônico de Varredura com Filamento de Tungstênio (MEV), um Microscópio Eletrônico de



Varredura por Emissão de Campo (MEV-FEG) e um Espectrômetro Fotoeletrônico por Raios-X (XPS) (Fig. 1). Nascia, assim, o Centro de Caracterização em Nanotecnologia para Materiais e Catálise – CENANO (<https://cenano.int.wordpress.com>), um espaço criado em um dos anexos da área ocupada pelo INT, na região portuária do Rio de Janeiro.

Em 2011, contando com o apoio da FINEP, iniciou-se a preparação do CENANO para expandir sua área através da reforma e adaptação de laboratórios adjacentes. As novas dependências foram entregues em 2015, podendo então abrigar novos equipamentos, entre eles um Microscópio Dual de Feixe de Íons e Elétrons por Emissão de Efeito de Campo (FIB) e um Microscópio de Força Atômica (AFM) e um Microscópio Eletrônico de Transmissão por Emissão de Efeito de Campo (MET) (Fig. 2). O MET é equipado com tomógrafo e também pode operar em modo STEM (Scanning Transmission Electron Microscopy) ou microscópio eletrônico de varredura por transmissão, o que permite que o feixe de elétrons seja varrido sobre a amostra em um mapeamento de pontos. Esta funcionalidade traz vantagens para extrair da técnica dados de composição da amostra. O FIB é um equipamento similar ao MEV que utiliza um feixe de íons e não de elétrons. Este feixe pode ser controlado e modificar

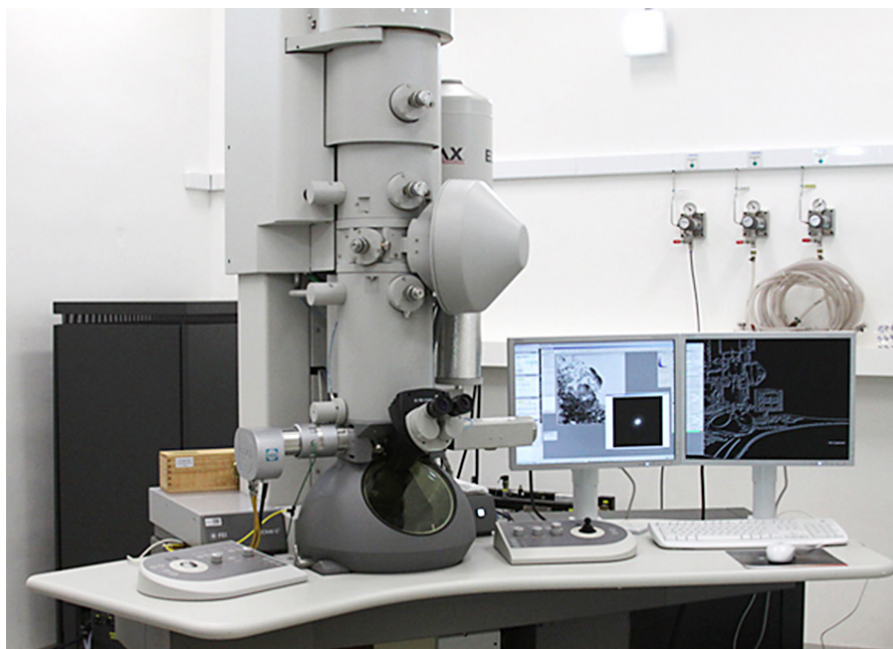


Figura 2 - Microscópio Eletrônico de Transmissão por Emissão de Efeito de Campo (MET) do CENANO

diretamente a superfície da amostra com precisão nanométrica. O equipamento disponível no CENANO caracteriza-se pelo sistema Dual Beam, o que permite a visualização com qualidade MEV-FEG da amostra que está sendo manipulada.

Vale também dizer que em 2016 o XPS passou a contar com a única câmara no Brasil que trabalha em condições de pressão positiva. Esta câmara irá permitir o estudo da superfície de diferentes sólidos com pressão e temperatura controladas (até 20 bar e 800°C). Em outras palavras, será possível tratar a amostra com gases redutores ou oxidantes, por exemplo, em temperatura controlada, modificando sua superfície antes da coleta de espectros [1]. Este acessório está ainda em fase de implementação e os primeiros testes iniciar-se-ão em 2017.

De posse da infraestrutura

descrita acima, a filosofia do laboratório propõe que a utilização destes equipamentos seja feita pelas divisões técnicas do INT, grupos parceiros e empresas para a realização de atividades experimentais e interpretação de dados. As atividades voltam-se para prestação de serviços e para execução de projetos de pesquisa tanto provenientes da academia como da indústria ou empresas de diversos ramos de atividade. A infraestrutura do CENANO tem, portanto, caráter multiusuário, o que levou sua inserção no SisNano, o Sistema Nacional de Nanotecnologia, que vêm contribuindo para o funcionamento do laboratório na aquisição de insumos, na manutenção dos equipamentos e na contratação de parte dos operadores e técnicos.

Internamente, porém, como principais competências do INT em Nanotecnologia, como já mencionado, destacam-se

as atividades das divisões de Catálise e Processos Químicos (DICAP), Processamento e Caracterização de Materiais (DIPCM), Corrosão e Degradação (DICOR) e de Ensaio de Materiais e Produtos (DIEMP). O CENANO é administrado por membros desses grupos, trazendo representatividade para a sua gestão.

A área de Catálise atua em diversos ramos de processamento químico, entretanto, nos últimos anos, tem linhas de pesquisa fortemente ligadas ao aproveitamento de biomassa. Os principais produtos de interesse visam a produção de energia alternativa e de insumos químicos. Dentro dessa visão, cabem o desenvolvimento de catalisadores com estruturas em escala nanométrica, muitas vezes com morfologia bem definida.

Na questão de mudança de paradigma da produção industrial brasileira, redirecionando-se para matérias-primas renováveis, as técnicas do CENANO também apoiam estudos em Catálise relativos ao desenvolvimento de catalisadores para a transformação do etanol. Compostos idênticos aos gerados pela Indústria Petroquímica, são gerados em uma única etapa reacional, como por exemplo, 1,3 butadieno, acetato de etila, isobuteno, ácido acético, propeno entre outros produtos e intermediários químicos.

Além disso, os equipamentos disponíveis no CENANO são utilizados para monitorar o desempenho dos catalisadores quanto a sua estabilidade perante a estes diversos processos químicos, auxiliando no estudo da desativação catalítica. Em Catálise, reações

indesejadas levam à formação de coque que muitas vezes assume a forma filamentar peculiar (Fig. 3). Quando não é possível visualizar esse tipo de carbono, a técnica de EDS (Espectroscopia por Energia Dispersiva) acoplada ao microscópio de varredura pode auxiliar na avaliação da quantidade de coque amorfo presente nos resíduos.

Na Fig. 3a, o catalisador foi utilizado na reforma da glicerina [2], um importante processo que faz parte da estratégia para aproveitamento de resíduos. Entende-se que o subproduto da produção do biodiesel poderá ser a matéria-prima aqui utilizada, uma vez que 10% do que é obtido pela transesterificação de óleos é composto por glicerina.

Na Fig. 3b, o catalisador foi avaliado na reforma do tolueno e metano [3]. O tolueno é utilizado como molécula-

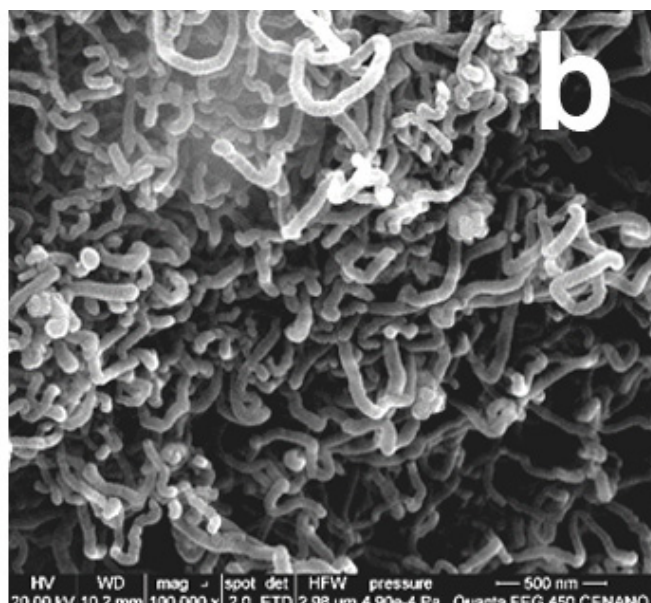
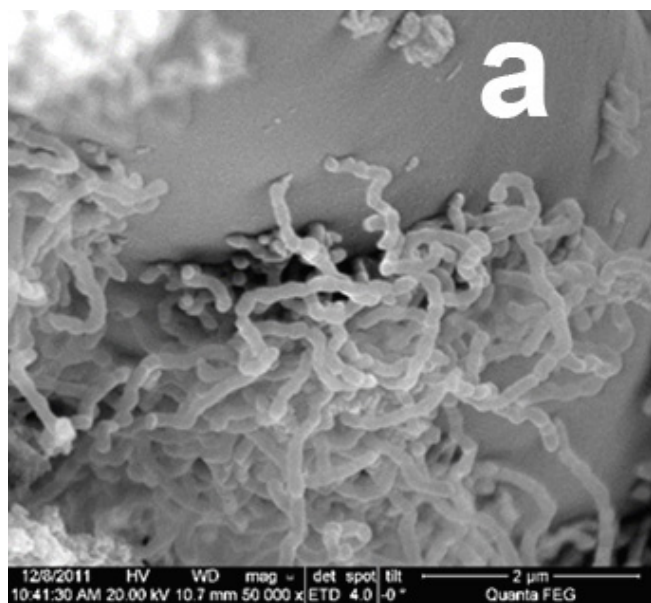


Figura 3 – Filamentos de carbono depositados na superfície de catalisadores durante a reação:

(a) Pt-Zn-Al, utilizados na reforma da glicerina e

(b) Ni-ZrO<sub>2</sub> utilizados na reforma do tolueno e metano



modelo representativa para o alcatrão. O objetivo aqui é estudar a biomassa como recurso energético renovável. O processo de gaseificação é uma das técnicas mais promissoras para alcançar tal meta. Como produto é gerada uma mistura de gases contendo principalmente metano, óxidos de carbono e hidrogênio. Além do produto gasoso, a gaseificação da biomassa também produz partículas de cinza, metais alcalinos voláteis e alcatrão, além de outros resíduos. A decomposição catalítica é uma das técnicas mais promissoras para mitigar os componentes do alcatrão. Assim, a purificação do gás produzido ainda é um obstáculo que limita o uso da biomassa para geração de eletricidade. Daí a importância do desenvolvimento de catalisadores que minimizem os resíduos tóxicos.

O aproveitamento desta matéria-prima também passa pelo uso de resíduos da agroindústria, como a cana-de-açúcar. Sua transformação em carvão ativado buscando aplicação como suporte catalítico foi avaliada através de análises de XPS possibilitando conhecer a composição da superfície do material após os tratamentos de moagem e ativação [1,4].

Ações envolvendo o desenvolvimento de catalisadores nanoestruturados para atingir a modificação de suas propriedades também estão presentes no CENANO. A Figura 4 mostra catalisadores morfo-

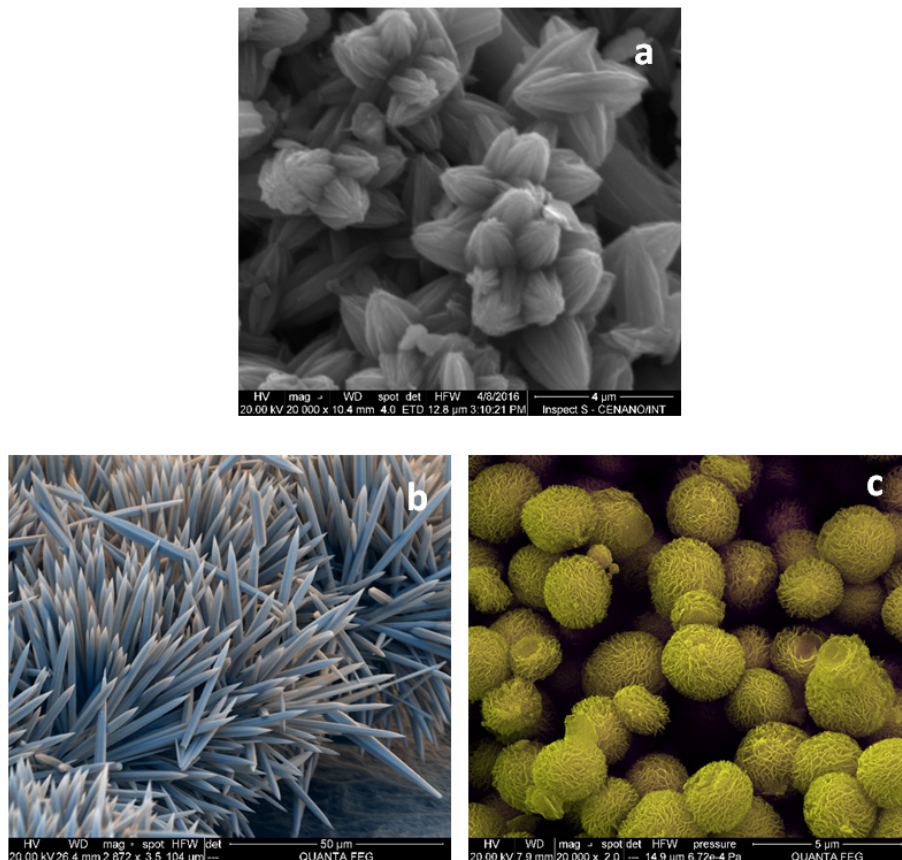


Figura 4 - Catalisadores óxidos nanoestruturados:

(a) mesocristais  $V_2O_5$ ;

(b) nanotubos de ZnO e (c)  $CeO_2$  tipo flowerlike.

logicamente estruturados que vêm sendo caracterizados para a avaliação do impacto do controle da forma e tamanho das partículas ou das estruturas que as compõem no seu desempenho. Atualmente no CENANO, pode-se monitorar a síntese de mesocristais óxido de vanádio (Fig. 4a) que vêm sendo caracterizado quanto as suas propriedades físico-químicas e estruturais nos demais laboratórios do INT. O mesmo vem sendo realizado para os nanotubos de ZnO (Fig. 4b) que têm mostrado propriedades ácidas distintas em relação ao óxido tradicional [5] e nanoestruturas de  $CeO_2$  (Fig. 4c) que mostraram bom desempenho no processo de redução de po-

luentes orgânicos na água [5].

Além dos microscópios, a técnica de XPS pode informar o teor dos elementos químicos presentes, bem como seu estado de oxidação a nível da superfície do sólido. Sendo a Catálise um fenômeno de superfície, este tipo de espectroscopia pode auxiliar intensamente na compreensão dos sítios catalíticos presentes no material analisado. Por exemplo, um dos artifícios utilizados na modificação e melhoria do desempenho de catalisadores está na inserção de um elemento dopante à formulação do material. Os dados fornecidos pelos espectros de XPS permitem avaliar a quantidade

deste elemento minoritário na superfície da partícula. Neste contexto, catalisadores de zircônia dopados foram analisados, mostrando que o dopante, zinco, ocupava preferencialmente a superfície do catalisador, com a formação de uma solução sólida,  $Zn_xZr_{1-x}O_{2-y}$  e aprimorando suas propriedades de oxirredução [7].

Na área de Materiais, há projetos relacionados à síntese e modificação química de nanopartículas, nanoencapsulamento de fármacos e suplementos alimentares, processamento de nanocompósitos e nanobiocompósitos poliméricos, desenvolvimento de nanoporosidade em superfícies de titânio, revestimento superficial de titânio com nanohidroxiapatita, síntese de membranas de nanofiltração e biocidas para remoção de microrganismos, entre outros.

Na DIPCM, a caracterização físico-química, em escala nano e micrométrica, de materiais metálicos e cerâmicos para aplicações em implantes dentários e ortopédicos vem explorando os recursos do CENANO. Por exemplo, tratamentos de superfície de titânio para aplicações em bioengenharia foram estudados. A modificação da superfície deste material por meio da oxidação química controlada visa induzir a formação de nanoporosidade, com o objetivo de melhorar as características de biocompatibilidade. A Figura 5 mostra a imagem (MEV-FEG) da superfície

de titânio com nanoporos da ordem 18 nm de diâmetro [8]. Tais características da superfície modificada são capazes acelerar o processo de osseointegração, uma vez que tais parâmetros levam a um aumento da adesão celular à superfície do implante.

Na área de biocerâmicas, estuda-se o desenvolvimento de produtos nanoestruturados para regeneração óssea, aplicando técnicas de processamento e caracterização de pós à base de fosfatos de cálcio (CaP). Para tal, a matéria-prima é formada por nanopartículas sintetizadas por método sonográfico, que consiste no uso de radiação ultrassônica por meio de um sonificador para ativar a

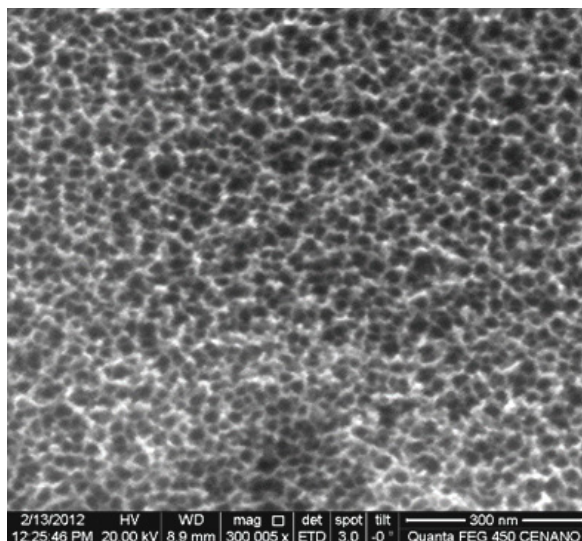


Figura 5 – Superfície de titânio modificada por oxidação química controlada

dimensões o material torna-se mais bioativo devido sua maior superfície específica, quando comparado com partículas em escala micrométrica. A Figura 6b mostra a microestrutura densa com tamanho médio de grão de 2  $\mu$ m de uma amostra após compactação e sinterização. Este tipo de microestrutura favorece um aumento na resistên-

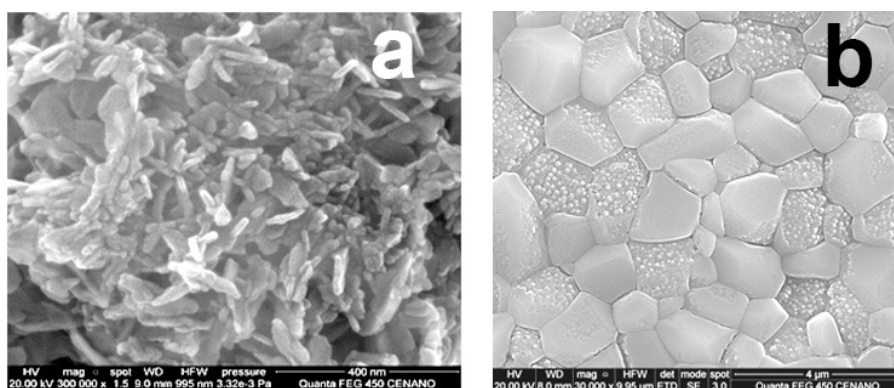


Figura 6 – Imagens de MEV-FEG: (a) nanopartículas de CaP; (b) amostra densa processada a partir das nanopartículas de CaP.

reação química. Como resultado, as nanopartículas apresentaram uma morfologia na forma de haste (rod-like) (Fig. 6a) que podem exibir atributos melhorados para aplicações em biomateriais, uma vez que nessas

cia mecânica, permitindo a aplicação do implante em regiões do corpo humano onde solicitações mecânicas de baixa intensidade são demandadas, por exemplo, preenchimento ósseo buco-maxilo-facial [9,10]. ●



## Referências

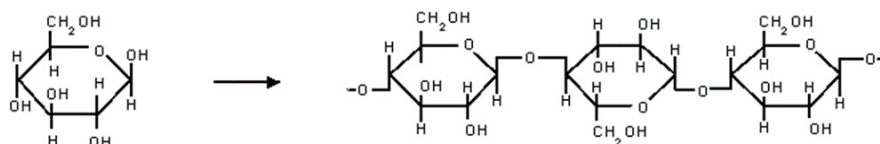
- [1] Fabiana M. T. Mendes, Espectroscopia de fotoelétrons (XPS): Perspectivas e Aplicações em Materiais e Catálise, <http://www.int.gov.br/revista-inovativa>, Revista Inovativa n° 12, jan-fev, (2016) 8-10.
- [2] Simone M. de Rezende, Carlos A. Franchini, Maria Laura Dieuzeide, Andréa M. Duarte de Farias, Norma Amadeo, Marco A. Fraga, Glycerol steam reforming over layered double hydroxide-supported Pt catalysts, *Chemical Engineering Journal* 272 (2015) 108–118.
- [3] Erika B. Silveira, Raimundo C. Rabelo Neto, Fabio B. Noronha, Steam reforming of toluene, methane and mixtures over Ni/ZrO<sub>2</sub> catalysts. *Catalysis Today* (Print), 2016.
- [4] Fabiana M. T. Mendes, Aline C. C. Marques, Deiseane L. Mendonça, Marlucy S. Oliveira, Rondinele O. Moutta & Viridiana S. Ferreira-Leitão, High Surface Area Activated Carbon from Sugar Cane Straw. *Waste Biomass Valor*, 6 (2015) 433-440.
- [5] Orlani C. Reis, Priscilla N. Paulino, Marco A. Fraga. Catalisadores nanoestruturados de ZnO e suas características superficiais. In: Anais do 39ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química (SBQ), Goiânia, 2016.
- [6] Carla A. Orge, José J.M. Órfão, Manuel F.R. Pereira, Andréa M. Duarte de Farias, Raimundo C. Rabelo Neto, Marco A. Fraga, Ozonation of model organic compounds catalysed by nanostructured cerium oxides, *Applied Catalysis B: Environmental* 103 (2011) 190–199.
- [7] Leydi R. S. Calpa, Priscila C. Zonetti, D. C. Oliveira; Roberto R. Avillez, Lucia G. Appel, Acetone from ethanol employing Zn<sub>x</sub>Zr<sub>1-x</sub>O<sub>2</sub>-y. *Catalysis Today* (Print) 272 (2016) 1-2.
- [8] Sara Verusca de Oliveira, Alexandre A. Ribeiro, Marize Varella de Oliveira. Surface treatment for inducing nanotopography on titanium. In: Anais do 21º CBECIMAT - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, p.6110-6117, Cuiabá, 2014.
- [9] Juliana do Nascimento Lunz, Karla Patricia Macedo Licon, Alexandre A. Ribeiro, José Angel Delgado, Lizette Morejón, Marize Varella de Oliveira. Effect of sonochemical technique on the morphology and crystallinity of hydroxyapatite nanoparticles. *Materials Science Forum*, vol. 820 (2015), p.87-292.
- [10] Livia F. Cota, Karla Patricia M. Licon, Juliana do Nascimento Lunz, Alexandre A. Ribeiro, Lizette Morejón, Marize Varella de Oliveira, Luiz Carlos Pereira. Hydroxyapatite nanoparticles: synthesis by sonochemical method and assessment of processing parameters via experimental design. *Materials Science Forum*, vol. 869 (2016), p.896-901.

# NanoCelulose: um produto versátil e sustentável

Lairton Leonardi – Solvo Consultoria - lairton.leonardi@solvocon.com.br

## 1. Introdução

A Celulose é um bio-polímero obtido da madeira através de processos químicos. A madeira usada como matéria prima é oriunda de florestas plantadas e



certificadas, sendo que no Brasil o Eucalipto é a espécie mais empregada.

As florestas plantadas no Brasil captam 1,7 bilhões de toneladas de CO<sub>2</sub>. Atualmente o Setor de Celulose e Papel é reconhecido como de base florestal sendo considerado altamente sustentável, sob o ponto de vista ambiental. A árvore plantada é o futuro das matérias primas renováveis, recicláveis e amigáveis ao meio ambiente, à biodiversidade e à vida humana.

Atualmente, somente o Setor de Celulose e Papel é responsável por 2,5 milhões de hectares de Florestas Plantadas e mais 2,9 milhões de hectares de Florestas preservadas.

Além disso, a produtividade das florestas plantadas de Eucalipto no Brasil, graças a um intenso programa de pesquisas, é a maior entre os maiores players mundiais

Deve-se considerar também que o Setor de Celulose também tem um papel social importante.

Além de gerar mais de 120 mil empregos diretos e 580 mil indiretos, o Setor contribui para o crescimento das diversas

comunidades onde possui atividades florestais e sociais

Porém as fibras de madeira não nos dão apenas a Celulose para produzir Papel.

Pesquisas em nível global mostram que a valorização da Floresta Plantada e do Setor de Celulose e Papel passa obrigatoriamente pela Inovação e desenvolvimento de novos produtos. Assim a Bio-refinaria, ou seja, a obtenção de produtos oriundos da recuperação da lignina extraída quando da produção de Celulose Química e a NanoCelulose estão em franco crescimento mundialmente.

## 2. O que é a NanoCelulose

A produção industrial de A NanoCelulose é obtida a partir das fibras de Celulose através de processos mecânicos e tratamento químico.

Temos três tipos de

NanoCelulose de acordo com diâmetro desde 1 nm a 500 nm e comprimento desde 5 nm até 2000 nm, com área superficial variando de 10 m<sup>2</sup>/g a 100 m<sup>2</sup>/g, sendo classificadas em três categorias

- Celulose Micro Fibrilada
- Celulose Nano Fibrilada
- Celulose Nano Cristalina

As fibras de celulose são submetidas a um tratamento mecânico fazendo que ocorra a diminuição de suas dimensões originais.

Tais processos empregam diversos modelos de equipamentos, mas os mais conhecidos são aqueles semelhantes a discos de refino, porém com elevado cisalhamento fazendo com que as partículas possam ser reduzidas a tamanhos micrométricos.

Outros processos de redução de tamanho empregam fluidizadores, onde a fibra é orientada horizontalmente de cortada no tamanho desejado.

Em todos estes processos a celulose é dispersa em água e depois submetida ao tratamento mecânico. Assim, o produto

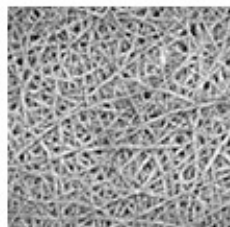
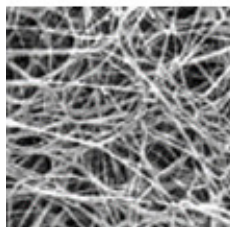
Produtividade Florestal (m <sup>3</sup> /ha/ano)			
Espécie	2009	2016	Aumento %
Eucalipto	29	48	65
Pinus	19	38	100



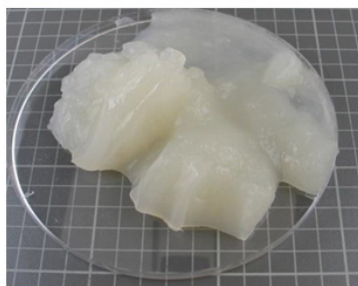
resultante é, normalmente, uma suspensão com baixos teores de material sólido (2% a 10%) com um comportamento reológico plástico com alta tixotropia

Estes processos são os mais empregados para a produção da Celulose Micro Fibrilada e NanoFibrilada

Para a obtenção da Celulose Nano Cristalina, a fibra é submetida inicialmente a uma hidrólise ácida. Tal tratamento remove as partículas microfibriladas amorfas criando pequenas partículas cristalinas chamadas também de Nanowhiskers.



Todos os tipos de NanoCelulose possuem em sua estrutura grupos hidroxílicos, fazendo com que seja possível modificar quimicamente sua estrutura, tais como carboximetilação, oxidação, cationização. Este processo altera as características superficiais da NanoCelulose, sua morfologia e sua cristalinidade, tornando o material extremamente versátil e com alto potencial de aplicação.



Carboximetilação

Além disso, a presença de hidroxilas permite a interação da NanoCelulose com outros tipos de polímeros, tornando-se um importante modificador de propriedades mecânicas.

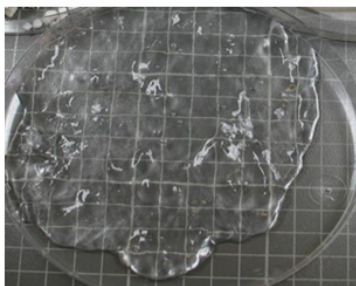
### 3. Usos da NanoCelulose

Vários são os campos de aplicação da NanoCelulose em suas diversas formas.

Por ser um bio-polímero com baixo tamanho de partícula e alta área superficial, a Nano Celulose pode ser usada para melhoria de propriedades mecânicas em diversas aplicações.

Além disso, devido sua natureza química possui alta versatilidade pois modificações em sua cadeia polimérica permitem seu uso como barreira contra umidade, gordura e outras substâncias.

Finalmente devido suas propriedades reológicas pode ser empregada como um modificador em diversas composições base aquosas.



Oxidação

### 3.1. Papel

A NanoCelulose (Micro e Fibriladas) podem ser empregadas na Indústria Papeleira como reforço para aumento das propriedades mecânicas do papel, como rasgo e estouro.

Assim, pode ser usada na aditivação de Papéis Kraft (Embalagens), pois proporciona uma elevada coesão da folha, possibilitando assim uma redução da gramatura do papel. Logo, o uso da NanoCelulose em papéis para embalagem permite a produção de papéis mais leves com alta resistência mecânica. Em outras palavras, as embalagens feitas de papelão ondulado (produzidas a partir de Papel Kraft) serão mais leves e resistentes, aumento a produtividade e diminuindo seu custo de produção.

A demanda de Cartões destinados a produtos congelados exige uma alta resistência à umidade e gordura. Filmes de NanoCelulose com reticulação em suas hidroxilas podem ser facilmente aplicados no verso do Cartão, na própria máquina de produção, em baixas gramaturas proporcionando as propriedades de barreira desejadas.

Em Papeis de Imprimir e Escrever o uso de NanoCelulose permite o aumento significativo (até 100%) das cargas usadas para melhorar as propriedades ópticas do papel (como Opacidade e Alvura). Contribui, assim, para a produção de papeis de alta qualidade com menor utilização de Fibras.

Vernizes de impressão empregados após a impressão em cores para aumentar o brilho impresso também podem ser produzidos empregando-se NanoCelulose. Neste caso, o Celulose Nano Cristalina é a mais indicada pois proporciona filmes de alta transparência.

### 3.2. Filmes Plásticos

A NanoCelulose (principalmente na forma Nano Cristalina) pode ser empregada na fabricação de filmes. Devido sua alta flexibilidade, transparência, propriedades de barreira e principalmente pela sua biodegradabilidade é um produto versátil para produção de embalagens de alimentos, produtos farmacêuticos, eletrônicos.

O grande desafio se encontra como formar o filme, uma vez que a NanoCelulose é obtida em meio aquoso. Alguns processos proporcionam a formação através de um processo aquoso (solvente-casting) onde NanoCelulose é distribuída formando um filme a úmido e depois seco com o subsequente tratamento de superfície.

Pesquisas estão em andamento quanto ao processo de produção do filme de NanoCelulose, seja através de sopro ou extrusão a fim de que seja possível sua extrapolação em escala industrial.

### 3.3. Plásticos

A NanoCelulose pode ser usada com Termoplásticos com o objetivo de aumentar suas propriedades mecânicas (Tensão de Ruptura e Alongamento). O desenvolvimento foca

principalmente a forma pela qual a NanoCelulose (Nano Fibrilada ou Cristalina) pode ser incorporada ao polímero, seja após processo de secagem ou mesmo adicionada em conjunto com plastificantes líquidos (em dosagens até 2,5% sobre o peso do polímero) na primeira zona da extrusora, facilitando assim sua secagem.

Também, vários trabalhos estão sendo desenvolvidos para emprego da NanoCelulose Cristalina em processos de copolimerização (Caprolactana, por exemplo) para obtenção de polímeros termofixos. Mais uma vez, neste caso, o emprego da NanoCelulose melhora as propriedades mecânicas do polímero.

### 3.4. Borracha

Celulose Micro ou Nano Fibriladas modificadas (também chamadas de funcionalmente modificadas, com silanos, por exemplo) podem ser empregadas em compostos de borracha (Natural, SBR, Nitrílicas) com o objetivo de melhorar propriedades mecânicas, tais como Alongamento e Tensão de Ruptura. Tais desenvolvimento visam uso daqueles elastômeros modificados em artefato de borracha e guarnições principalmente aquelas voltadas à Indústria Automobilística.

### 3.5. Cosméticos

Como mencionado anteriormente, a NanoCelulose pode ser empregada como modificador reológico, devido seu comportamento tixotrópico.

Cremes necessitam, sobremaneira, desta propriedade a qual afeta diretamente sua espalhabilidade sobre a pele.

A vantagem da NanoCelulose (Cristalina) deve-se ao fato que pode ser aplicada em pequenas quantidades em relação aos modificadores tradicionais, tem baixíssima toxicidade e se caracteriza por ser um material biodegradável.

### 3.6 Outros Usos

A NanoCelulose (Cristalina) apresenta-se também como um potencial substituto à Fibra de Carbono proporcionando um material polimérico de alta resistência mecânica com baixo peso, principalmente indicado para uso em aviões e automóveis.

Outros estudos mostram a possibilidade do uso da NanoCelulose em compósitos com metais (cobre, prata, ouro) para emprego como nano catalisadores.

De fato, a pesquisa de aplicações da NanoCelulose é vasta e continua ativa. O grande desafio é tornar tais aplicações economicamente viáveis para que possam ser exploradas industrialmente.

## 4. Considerações Finais

Várias instituições, empresas, universidades, centros de pesquisas, associações setoriais, em diversos setores no Brasil e no mundo tem desenvolvido estudos sobre a NanoCelulose.

Porém, não podemos afirmar que o uso da NanoCelulose alcançou uma larga abrangência em nível industrial.



O maior desafio é tornar este versátil bio-polímero viável economicamente. Ainda o processo de obtenção da NanoCelulose em suas diversas derivações ainda se caracteriza pelo custo elevado não alcançando uma escala industrial que permita sua produção de forma competitiva.

Este obstáculo pode ser superado através do emprego de um conceito que começa a ser debatido, ou seja, o Compartilhamento.

O Compartilhamento de Ideias e Conhecimento levará os pesquisadores a uma discussão objetiva de como tornar os processos industrialmente aplicáveis, sem que com isso possa se ferir os princípios de confidencialidade de cada instituição envolvida.

Temos que envolver a Academia, Centros de Pesquisas, Associações e Empresas no sentido de tornar a tecnologia acessível. Principalmente no caso brasileiro onde a produtividade

florestal é um fator de competitividade que nos coloca numa posição de destaque em relação a qualquer outro país.

O Compartilhamento de Recursos nos leva a pensar em novos modelos industriais onde uma determinada tecnologia pode ser aplicada de forma competitiva, disponibilizando à sociedade produtos competitivos. Neste caso, podemos pensar que as grandes unidades produtoras de Celulose, normalmente vizinhas de grandes florestas plantadas é o melhor local para instalação de unidade produtivas de NanoCelulose. Este conceito que já vem sendo debatido no Setor de Celulose deve ser expandido à produção de Papel, Embalagens e, porque não, a outros Setores que possam utilizar a NanoCelulose.

Assim, pode-se criar grandes centros produtores integrados (Clusters) que compartilham recursos (energia, água) e também Conhecimento, fazendo

com que nossa indústria se torne mais competitiva.

Não podemos nos esquecer do maior Recurso que torna possível qualquer desenvolvimento: as Pessoas. O Compartilhamento leva a formação de profissionais mais capacitados voltados a tão almejada competitividade industrial, um dos pontos fracos de nosso País

Este artigo não tem a pretensão de esgotar o assunto quanto aos processos de produção e aplicação da NanoCelulose nem mesmo de definir quais os caminhos levarão nosso país a uma posição de podermos ser competitivos em nível mundial. Mas tem o intuito de levar o leitor a pensar que nosso país tem fontes sustentáveis de matérias primas que se trabalhadas de forma adequada e compartilhada poderá conduzir a uma condição de Excelência Competitiva. A participação de todos nós é fundamental para esta jornada de excelência. ●

# Desafio da Nanotecnologia na Engenharia

Prof. Martin Schmal

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - schmal@peq.coppe.ufjf.br

## 1. Introdução

Sistemas nanoestruturados são de grande interesse, tanto do ponto de vista da ciência fundamental quanto das aplicações tecnológicas. Atualmente, em termos gerais, qualquer material que contenha grãos, clusters, lamelas ou filamentos de dimensões inferiores a 10 nm podem ser considerados como nanoestruturados, contanto que suas propriedades difiram daquelas do sólido estendido. Esses materiais têm sido extensivamente estudados nos últimos anos pois, o pequeno tamanho de suas unidades primárias de construção

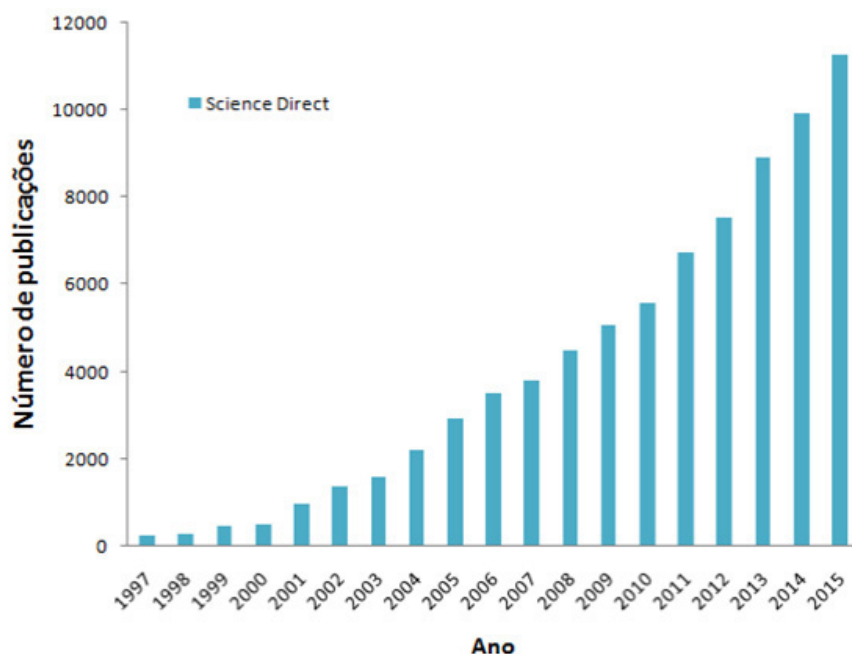
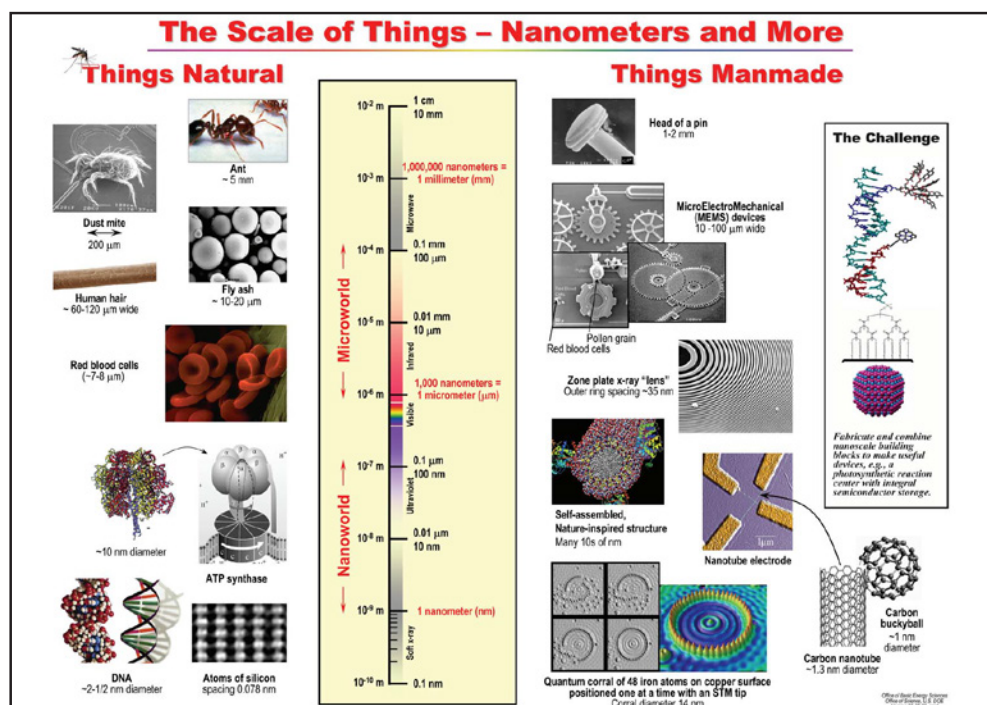


Figura 1 - Crescimento das publicações de artigos relacionados ao termo CNT realizado no portal science direct.



(sejam estas partículas, grãos ou fases) e a alta razão superfície/ volume resultam em propriedades mecânicas, ópticas, eletrônicas e magnéticas singulares (Figura 1).

Em nanopartículas de metais de transição surgem novos comportamentos oriundos dos efeitos relacionados à redução de tamanho. Alterações da sua estrutura eletrônica proporcionam o desenvolvimento de novas características de reatividade, além das

Figura 2. Fonte: [http://www.nnin.org/sites/default/files/files/scale\\_of\\_things\\_26may06.pdf](http://www.nnin.org/sites/default/files/files/scale_of_things_26may06.pdf)



outras citadas anteriormente, originais com relação àquelas apresentadas pela estrutura mássica. Esses comportamentos também estão associados a efeitos de superfície como superplasticidade, dinâmica de sinterização diferenciada.

Dentro da engenharia, devem ser ressaltadas as propriedades associadas a diferentes morfologias, onde atividades e seletividades são fortemente afetadas pela forma e tamanho de partícula e, no caso de fases metálicas cristalinas, pela orientação e exposição diferencial das faces cristalinas. As reações que sofrem influência dos fatores citados anteriormente (morfológicos) são conhecidas como reações sensíveis à estrutura do material. Como resultado da diminuição de tamanho a alta razão superfície/volume, comparada aos materiais “bulk”, proporcionando excelentes características de reatividade. Existem várias estruturas naturais e sintetizadas que tem características específicas, mas envolvem praticamente todas as aplicações na engenharia e na medicina. Uma visão geral de aplicação de sistemas nanoestruturados e suas aplicações é mostrado na figura 2 [1].

## 2. Materiais Nanoestruturados

São várias as rotas que podem ser trilhadas visando à síntese de sistemas nanoestruturados. A metodologia pode envolver a preparação de um novo composto a partir de um precursor, e neste caso o método de síntese é denominado químico. Ou, pode

envolver somente um processo de vaporização e resfriamento do próprio material em questão, sob condições controladas.

Experimentos permitem obter nanocristais numa ampla faixa de tamanhos e formas apresentando sítios ativos que permitem promover reações químicas diversas. O controle a nível molecular sobre a natureza dos centros ativos é importante. Assim, foram estudados e sintetizados diferentes sistemas, utilizando processos químicos coloidais ou dendrímeros. Dessa forma foram obtidos nanoestruturas com distribuição bastante homogênea que dependem fundamentalmente dos métodos utilizados, como por exemplo, nanotowers, nanocône, nanobottle, nanoflowers, nanoarrows,

Propriedade	SWNT	MWNT	Comparação
Módulo de Young (GPa)	1054	1200	208 (Aço)
Resistência Mecânica (GPa)	150	150	0,4 (Aço)
Condutividade Térmica (W/m <sup>2</sup> .K)	3000	3000	2000 (Diamante)
Área Específica (m <sup>2</sup> /g)	200-400	400-900	1000 (C. Ativado)

nanorod, nanowires. Filmes finos ou membranas porosas e nanotubos de óxidos condutores quimicamente estáveis, com altas áreas superficiais e funcionalizadas foram obtidas aplicadas para uso em sistemas fotovoltaicos, fotodetetores, fotoelectroquímico, fotocatalise, eletrodos químicos [2].

## 3. Nanotubos (NTC)

Trata-se de uma forma alotrópica do carbono, assim como o grafite ou o diamante,

descoberta em 1991 por Sumio Iijima. Os nanotubos de carbono consistem em uma estrutura tubular oca, formada por átomos de carbono com hibridização sp<sup>2</sup>, dispostos de forma hexagonal, como uma lâmina de grafeno enrolada, podendo ter as extremidades fechadas ou não. O diâmetro destes tubos comumente encontra-se na faixa de 2-50 nm. Podem ser formados por uma camada (SWNT) ou multicamadas (MWNT). Suas propriedades podem ser resumidas assim [3]:

- Os SWNTs podem ser condutores ou semi-condutores de eletricidade: arm-chair (condutor), chiral (semi-condutor) ou zig-zag (semi-condutor)
- Os MWNTs são condutores de eletricidade
- Possuem grande estabilidade

térmica (condutores térmicos)

A produção de nanotubos de carbono pode ser feita a partir de um precursor catalítico. A formação de NTC foi verificada em alguns precursores empregados sob determinadas condições reacionais. Apresentam ótimas propriedades mecânicas e eletrônicas, e são considerados promissores materiais produzidos em nanoescala. Os NTC podem ser empregados como suporte de partículas metálicas

para diversas reações, como catalisador na decomposição de metano, ou ainda atuar como um nano-reator com nanopartículas metálicas depositadas em seu interior.

Os NTC são materiais com alta área específica e quimicamente inertes em meio ácido ou básico e devido a estas características podem ser utilizados na catálise como catalisador ou suporte. Como catalisadores, podem ser utilizados na decomposição do metano e em algumas reações de oxidação, esterificação e hidroxilação. Porém, os NTC são mais utilizados como suporte para partículas metálicas em diversas reações como hidrogenações, polimerizações, decomposição e síntese de amônia, oxidações, Fischer-Tropsch, dentre outras. Há a necessidade de ativação ou funcionalização da superfície do NTC para criar pontos de ancoragem para as partículas metálicas, podendo assim atuar como suporte. Os NTC provaram ser atrativos e competitivos em processos catalíticos devido à combinação de sua morfologia única e propriedades eletrônicas, mecânicas, térmicas e de adsorção, especialmente para a melhora do desempenho catalítico.

#### 4. Grafenos

Grafenos são camadas atômicas bi-dimensionais planares do tipo  $sp^2$ , e tem a dimensão de 34 nm, sendo atualmente conhecidos excelentes condutores eletrônicos, apresenta alta estabilidade mecânica, especial uso em sistemas óticos, térmicos e catalíticos [4]. Ainda apresenta

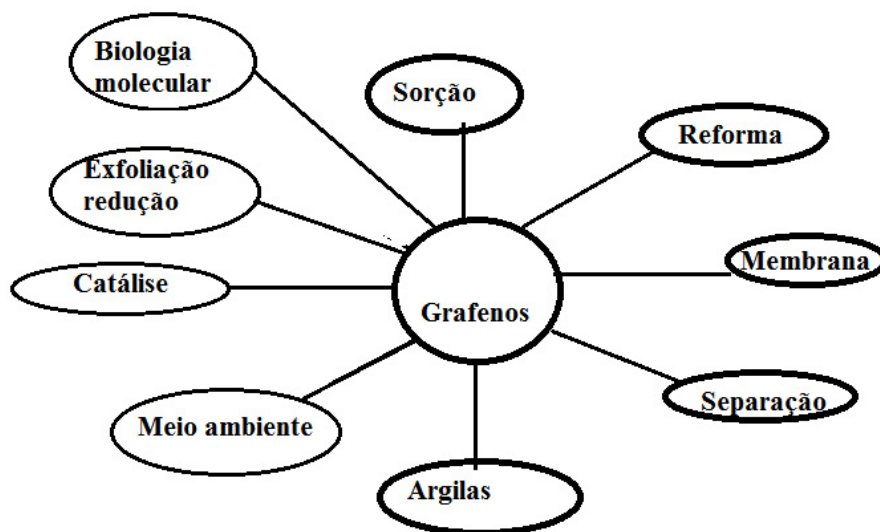


Figura 3. Adapted from S. Gadipelli, Z.X. Guo [5]

dificuldades para a produção em massa. O óxido de grafeno contém muitos grupos funcionais, hidroxidos e carbonílicos nos cantos das camadas de grafeno.

A síntese de grafeno é preparada a partir oxidação do grafite e da redução do óxido de grafite por dois métodos: químico e térmico. O procedimento para oxidação do grafite utilizado teve como base o método aprimorado de Hummers, descrito por Marhado e coautores [4].

Os grafenos e NTC são frequentemente utilizados como suportes para produzir catalisadores eficientes, com alta área superficial. Apresentam forte interação entre metal e superfície, excelentes propriedades eletrônicas, que permitem aumentar o processo de adsorção-desorção e reação química.

Suas aplicações podem ser esquematizadas na figura 3.

Uma das aplicações mais interessantes foi para a Síntese de Fischer Tropsch, visando a produção de diesel

ou hidrocarbonetos de grande cadeia carbônica, oxigenados e outros produtos. Até o momento a maioria dos catalisadores foi estudada para sistemas metálicos e bimetálicos suportados em óxidos e óxidos mistos. Esta experiência mostra a inovação para sistemas já plenamente conhecidos na indústria[6].

#### 5. Nanotecnologia em Polímeros e Fármacos

Os polímeros são um importante tipo de materiais e são os mais extensamente utilizados no mundo de hoje [7]. Assim, não é difícil encontrar as suas aplicações nas diferentes áreas do conhecimento que a nanotecnologia abrange, por exemplo, os nano reatores baseados em polímeros que podem ser utilizados em aplicações médicas, ou a preparação de estruturas poliméricas “chamado de polimerossomos” para tratamento de enfermidades (ex. câncer), ou micelas poliméricas



para aplicações terapêuticas em medicina, ou vesículas/capsulas poliméricas para aplicações em diagnóstico em medicina, ou nanopartículas poliméricas para formação de imagens na área médica, ou nanopartículas poliméricas para uso como carregadores de fármacos ou outras substâncias ativas como, vacinas, fitoterápicos, cosméticos, ou nanopartículas para uso em tintas aquosas, adesivos, recobrimentos, látex redispersáveis, adesivos sensíveis à pressão, eletrônica, optoeletrônica [8].

Para a obtenção de nanocapsulas são usados diversos processos tais como, layer by layer self-assembly, block copolymer assembly, evaporação do solvente, e polimerização em miniemulsão. A técnica de polimerização em miniemulsão é um sistema bifásico, neste caso o monômero e o co-estabilizador são dispersados em água.

As principais aplicações que envolvem polímeros são nas membranas de troca de prótons como ligante entre os eletrodos e a matriz de placas bipolares [9].

Os fármacos necessitam estar em um meio biologicamente favorável para sua absorção e ação e a dissolução do fármaco nos fluidos biológicos é uma das principais vertentes para uma biodisponibilidade adequada do mesmo [10,11].

Dentro dos desafios das ciências farmacêuticas, aumentar a solubilidade de compostos muito lipofílicos nos fluidos biológicos têm ganhado destaque nos últimos anos, com o intuito de mel-

horar as vias de administração; biodisponibilidade, metabolismo e toxicidade dos fármacos

Neste contexto, a nanotecnologia vem crescendo significativamente em Ciências Farmacêuticas, como por exemplo, os nanocristais e nanopartículas poliméricas, pois atuam em diversas áreas resolvendo problemas associados aos fármacos, como a baixa biodisponibilidade de fármacos pela alta lipofilicidade

## Nanotecnologia e medicina

A nanotecnologia e a medicina regenerativa são as grandes inovações desse século [12-16]. A associação dessas duas áreas inovadoras, através da combinação do uso de nanofibras e células podem quebrar diversos paradigmas, e vem mostrando ser o futuro da terapia regenerativa de órgãos e tecidos e, conseqüentemente, a esperança para inúmeras doenças como câncer, diabetes, lesões medulares, queimaduras e outras até então consideradas incuráveis.

Nanoestruturas biomédicas são altamente promissoras para diferentes aplicações, como por exemplo.

- A cartilagem articular é um tecido vascular contendo um relativamente longarinas e número de células de condrócitos que cobre as articulações. É um processo pelo qual os iões contaminantes energéticos são feitas para impingir em silício, o que resulta na penetração dos iões abaixo da superfície do alvo e, assim, dar origem a, distribuições dopantes

controlada e previsível.)

- Ortopedia

Poli (metacrilato de metilo) (PMMA) é amplamente utilizado como cimento ósseo, que é principalmente usado para fazer aderir a hastes de próteses totais de articulações na cavidade do osso. Uma vez que atua como uma interface entre o componente de prótese e o tecido ósseo, é necessário que este material é biologicamente compatível com osteoblastos (células formadoras de ossos) a fim de melhorar a formação da matriz e a mineralização que em última instância irá apoiar osseointegração do implante com o tecido circundante.

- Sangue

Sangue de contacto com dispositivos polímeros sintéticos são amplamente utilizados em implantes de contacto com o sangue e dispositivos. Usando próteses vasculares, por exemplo, vasos sanguíneos artificiais utilizadas clinicamente são construídos com mais frequência a partir de politetrafluoretileno expandido (ePTFE) ou poli (tereftalato de etileno) (PET). As principais preocupações associadas com os dispositivos de contacto com o sangue são a infecção, trombose, e estenose.

- Materiais específicos forma desenvolvidos que utilizam o nano-tamanho da substância quimioterapêutica. Ambos circulam mais tempo na corrente sanguínea e atingem o tecido tumoral através de poros (nanométricos) em vasos sanguíneos com fugas.

• Nanopartículas magnéticas tem recebido atenção especial. Aplicação biológica de nanopartículas de óxido de ferro (IONPs) em imagens de ressonância magnética, células marcadas, hipertermia, ensaios imunológicos, separação de células e drogas são promissores. É importante considerar a biocompatibilidade e toxicidade desses materiais. ●

## Referências:

- [1] [http://www.nnin.org/sites/default/files/files/scale\\_of\\_things\\_26may06.pdf](http://www.nnin.org/sites/default/files/files/scale_of_things_26may06.pdf)  
 [2] Wikipedia: the free encyclopedia. [https://pt.wikipedia.org/wiki/Us%C3%A1rio\(a\):Lucas\\_Sassi/S%C3%ADntese\\_de\\_Materiais\\_Nanoestruturados](https://pt.wikipedia.org/wiki/Us%C3%A1rio(a):Lucas_Sassi/S%C3%ADntese_de_Materiais_Nanoestruturados)  
 [3] M. R. Loos & S. H. Pezzin & S. C. Amico & C. P. Bergmann L. A. F. Coelho, The matrix stiffness role on tensile and thermal properties of carbon

nanotubes/epoxy composites, J Mater Sci (2008) 43:6064–6069

[4] Bruno F. Machado and Philippe Serp, Graphene-based materials for catalysis, Catal. Sci. Technol., 2012, 2, 54-75)

[5] Srinivas Gadipelli, Zheng Xiao Guo, Graphene-based materials: Synthesis and gas sorption, storage and separation, Progress in Materials Science, 69, Pages 1-6 (2015)

[6] Saba Karimi, Ahmad Tavasoli, Yadollah Mortazavi, Ali Karimi, Cobalt supported on Graphene – A promising novel Fischer–Tropsch synthesis catalyst, Applied Catalysis A: General 499 (2015) 188–196. [7]([http://labvirtual.eq.uc.pt/siteJoomla/index.php?option=com\\_content&task=view&id=116&Itemid=2](http://labvirtual.eq.uc.pt/siteJoomla/index.php?option=com_content&task=view&id=116&Itemid=2)), 2016.

[8]([http://labvirtual.eq.uc.pt/siteJoomla/index.php?option=com\\_content&task=view&id=116&Itemid=2](http://labvirtual.eq.uc.pt/siteJoomla/index.php?option=com_content&task=view&id=116&Itemid=2)), acessado em 09 de Março de 2016

[9] 3M Science Applied to Life.TM - < [http://www.3m.com/3M/en\\_US/company-us/all-3m-products/?N=5002385+8711017&Ntt=tegaderm+ag&LC=en\\_US&co=cc&gsaAction=scBR&rt=rs&type=cc](http://www.3m.com/3M/en_US/company-us/all-3m-products/?N=5002385+8711017&Ntt=tegaderm+ag&LC=en_US&co=cc&gsaAction=scBR&rt=rs&type=cc) > Acesso em 20 dez. 2016.

[10] Priscilla B. Cardoso, Pedro H. H. Araújo, Claudia Sayer, Macromol.

Symp. 2013, 324, 114–123.

[11] ALONSO, Maria J.; SANCHEZ, Alejandro; CAMPOS, Angela M. de. Chitosan Nanoparticles: a new vehicle for the improvement of the delivery of drugs to the ocular surface. Application to cyclosporin A. International Journal Of Pharmaceutics, Santiago de Compostela, v. 1, n. 224, p.159-168, jun. 2001.

[12] BIOMEDICAL NANOSTRUCTURES, Edited by Kenneth E. Gonsalves, WILEY-INTERSCIENCE A JOHN WILEY & SONS, INC., PUBLICATION

[13] Aldrin E. Sweeney, Nanomedicine concepts in the general medical curriculum: initiating a discussion, Int J Nanomedicine. 2015; 10: 7319–7331.

[14] <http://cepoif.ufsc.br/pesquisa/metamateriais-plasmonicos> > Acesso em 12 dez. 2016

[15] 3M Science Applied to Life.TM - < [http://www.3m.com/3M/en\\_US/company-us/all-3m-products/?N=5002385+8711017&Ntt=tegaderm+ag&LC=en\\_US&co=cc&gsaAction=scBR&rt=rs&type=cc](http://www.3m.com/3M/en_US/company-us/all-3m-products/?N=5002385+8711017&Ntt=tegaderm+ag&LC=en_US&co=cc&gsaAction=scBR&rt=rs&type=cc) > dez. 2016.

[16] Anti-Cancer Polymersomes (<http://pubs.rsc.org/en/content/chapter/bk9780854049561-00300/978-0-85404-956-1#divabstract>)



*As suas  
aspirações  
desenham  
nossa  
história*

EDUCAR PESSOAS PARA  
TRANSFORMAR O MUNDO



ENGENHARIA  
QUÍMICA

CENTRO UNIVERSITÁRIO  
FRANCISCANO





### Áreas Temáticas do XXI SINA FERM - XII SHEB

1. Biologia Molecular e Biologia de Sistemas Aplicados a Bioprocessos
2. Biotecnologia na Produção de Fármacos
3. Biotecnologia na Produção de Alimentos, Bebidas e Cosméticos
4. Modelagem, Instrumentação e Controle de Bioprocessos
5. Processos Microbiológicos
6. Processos Enzimáticos
7. Recuperação e Purificação de Bioprodutos
8. Biotecnologia Ambiental
9. Biorrefinaria: Biomoléculas e Biocombustíveis

**SHEB 1.** Pré-tratamento e Fracionamento de Lignocelulósicos

**SHEB 2.** Processos de Hidrólise Enzimática de Biomassa



### DATA IMPORTANTE

31  
JUL

ENVIO DA VERSÃO FINAL DO  
TRABALHO COMPLETO



ENVIE SEU TRABALHO

# Sinaferm / Sheb Esperam por vocês

### Realização



**ABEQ** Associação Brasileira  
de Engenharia Química



INSTITUTO FEDERAL  
SERGIPE

# ESPAÇO DO PROFESSOR ABEQ

O Projeto Professor ABEQ visa uma maior interação da Associação Brasileira de Engenharia Química com professores e estudantes, e tem por finalidade a indicação de um representante, dos Cursos de Engenharia Química, por cada Instituição de Ensino Superior do país. Desse modo, fica estabelecido um link da Instituição de Ensino com a ABEQ, por intermédio de um professor, para que juntos, divulguem ações e atividades à comunidade da Engenharia Química nacional.

Os Coordenadores dos Cursos de Engenharia Química de várias Instituições de Ensino Superior do Brasil foram convidados, e destes, até o momento, mais de 40 (quarenta) aceitaram participar deste plano de ação, indicando o Professor ABEQ representante de sua Escola.

O nosso Boletim Informativo Mensal (BIM) tem apresentado os Professores ABEQ, representantes das várias instituições de ensino brasileiras. Desde o BIM de novembro de 2015 foram apresentados 14 (quatorze) professores de escolas públicas e privadas, sendo: 7 (sete) da região Sudeste (5 de São Paulo e 2 de Minas Gerais); 3 (três) da região Sul (2 do Rio Grande do Sul e 1 de Santa Catarina); 2 da região Nordeste (1 da Bahia e 1 do Ceará) e 2 (dois) da região Norte (1 do Pará e 1 do Amapá).

Agora na REBEQ, no Espaço do Professor ABEQ, os professores através de entrevistas terão a oportunidade de expor as realidades do seu dia-a-dia e apresentar impressões, dificuldades e experiências vivenciadas no magistério.



*Professor Isaac dos Santos Nunes*

## PROFESSOR ABEQ ATUA JUNTO AO CAMPUS DE SANTO ÂNGELO (RS) NA UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA DO ALTO URUGUAI E DAS MISSÕES (URI)

Em entrevista concedida a REBEQ, o Professor Isaac dos Santos Nunes é o Professor ABEQ representante da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI - Campus de Santo Ângelo, RS), comenta seus desafios e suas realizações profissionais.

Graduado em Engenharia Química pela Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) e Mestre em Engenharia de Processos e Tecnologias pela Universidade de Caxias do Sul (UCS), o Professor Isaac dos Santos Nunes na região onde atua, no município de Santo Ângelo localizado a noroeste do estado do Rio Grande do Sul, destacou que os moradores locais desconhecem a função e a atuação do profissional da Engenharia Química, e daí a necessidade da inserção de conhecimentos referentes à área no cotidiano desta população.

A entrevista na íntegra com o Professor encontra-se reproduzida a seguir.

**REBEQ** - Quando se formou e qual sua escola de formação? O que destacaria do seu curso de graduação?



**Isaac dos Santos Nunes**

- Concluí a graduação na Universidade Federal do Pampa – Campus Bagé, em janeiro de 2012 (semestre 2011/2). Tivemos na universidade importantes aulas de laboratório e a metodologia de avaliação, com bancas de defesa dos relatórios referentes aos experimentos, auxiliava muito na contextualização dos conhecimentos. Por se tratar de um curso novo (ingressei na primeira turma), trabalhamos ativamente na “construção” e estabelecimento do curso.

**REBEQ** - Desde quando ministra aulas em cursos de Engenharia Química e qual(is) a(s) disciplina(s) que ministra?

**Isaac dos Santos Nunes** - Comecei minha carreira em fevereiro de 2015, atuando como docente no curso de Engenharia Química na Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI-Campus Santo Ângelo). Ministro as disciplinas de Introdução à Engenharia Química, Ciência dos Materiais, Operações Unitárias (I, II e III) e Laboratório de Engenharia Química (I e II).

**REBEQ** - Com relação à docência em Engenharia Química: quais atividades ou experiências considera gratificantes? Quais os desafios atuais?

**Isaac dos Santos Nunes** - De todas as experiências vivenciadas em sala de aula, o mais gratificante é perceber o aprendizado dos estudantes e o interesse na contextualização dos conhecimentos. Também realizamos algumas atividades

de caráter socioambiental e perceber o interesse dos alunos e a participação dos mesmos mostra o quanto podemos, enquanto profissionais da educação, colaborar para o desenvolvimento de uma sociedade mais justa e igualitária. Como desafio, não diria somente atual, mas permanente, fica a reflexão da necessidade de contextualização do curso de Engenharia Química, que geralmente fornece egressos com possibilidade de atuação generalista. Não que haja algum demérito nisso, (considero esta, uma das maiores qualidades do curso), mas na região onde atuo, a população desconhece a função e atuação do profissional, urgindo desta forma a necessidade de inserção dos conhecimentos da Engenharia Química e de seus profissionais no cotidiano da população.

**REBEQ** - Quais as conquistas de sua Instituição de Ensino, e suas, ao longo do tempo, com a oferta do curso de Engenharia Química?

**Isaac dos Santos Nunes** - Desde quando comecei a atuar na instituição percebemos um grande crescimento do curso com os diversos investimentos que foram realizados em questão à infraestrutura, laboratórios com módulos didáticos e aquisição de toda bibliografia do curso revisada. O curso também tem conquistado espaço nas indústrias da região, que tem absorvido vários estudantes como estagiários e contratações após se findar o período de estágio.

**REBEQ** - Quais os eventos de Engenharia Química promovidos pela sua Instituição de Ensino?

**Isaac dos Santos Nunes**

- Atualmente realizamos viagens de visitas técnicas e promovemos a Semana acadêmica, que é um evento anual, que ocorre no primeiro semestre, no mês de junho. No segundo semestre, no mês de setembro, em comemoração ao Dia do Engenheiro Químico, realizamos uma Gincana de Engenharia Química, onde os alunos organizam-se em equipes compostas por alunos de diferentes semestres e os docentes elaboram questões e provas para serem executadas em equipe. Esta atividade promove revisão e contextualização dos diversos conteúdos, além da interação e integração de discentes dos diversos semestres do curso. Em 2017 iremos organizar a primeira mostra científica de trabalhos de Engenharia Química, inclusive com participação de estudantes do Ensino Médio.

**REBEQ** - Qual sua expectativa em ser o Professor ABEQ e o que pretende realizar nesta indicação?

**Isaac dos Santos Nunes** - Tenho atuado e pretendo continuar atuando na divulgação dos eventos, cursos e atividades promovidas pela ABEQ, além de incentivar os alunos à associação, procurando apoiar e organizar eventos para a divulgação da Engenharia Química na universidade e em sua região de abrangência. ●



# ANALISE E OTIMIZE SEUS PROJETOS

com o COMSOL Multiphysics®

A evolução das ferramentas computacionais  
para simulação numérica de sistemas  
baseados em física atingiu um novo marco.

Supere com facilidade os desafios de projeto usando o COMSOL Multiphysics®. Trabalhe com poderosas ferramentas de modelagem matemática e sua tecnologia de solvers para entregar resultados de simulações precisos e abrangentes.

Desenvolva aplicativos personalizados usando o Application Builder e distribua-os em sua empresa e para clientes do mundo todo, através de uma instalação local do COMSOL Server™.

Se beneficie do poder da multifísica ainda hoje  
**[br.comsol.com/products](http://br.comsol.com/products)**