

Ministério da
Ciência, Tecnologia e Inovação

SisNANO

Sistema Nacional de **Laboratórios em Nanotecnologias**

2 . 0 . 1 . 5

APRESENTAÇÃO

Com o avanço e a sofisticação da instrumentação científica, em especial os equipamentos em microscopia eletrônica, de força atômica e de tunelamento, foi possível aprofundar o conhecimento da matéria na escala nanométrica (um nanômetro corresponde a um bilionésimo do metro) no campo da física, da química, da biologia, da ciência da saúde humana e animal, das engenharias, com destaque na engenharia de novos materiais, na tecnologia da informação e comunicação, na ciência da computação e nas ciências humanas e sociais, que agora possuem um objeto concreto no qual podem se basear para estudar as implicações sociais, econômicas e políticas dessa tecnologia.

As propriedades da matéria nessa escala apresentam características diferenciadas daquelas encontradas na matéria quando em seu estado aglomerado ou em macroescala, o que tem levado os cientistas a manipular, sintetizar e desenvolver materiais com novas propriedades em nível atômico e molecular e a criar aplicações capazes de impactar praticamente todos os setores voltados à geração de produtos e processos industriais, incluindo a área ambiental.

A nanotecnologia é, portanto, uma plataforma tecnológica de elevado potencial inovador para a geração de produtos competitivos globalmente e com impacto direto na qualidade de vida das pessoas e na sustentabilidade do planeta Terra.

De acordo com a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico – OCDE, o mercado anual de produtos nanotecnológicos é da ordem de US\$ 350 bilhões. Esse valor mostra o quão promissor a nanotecnologia pode ser para o crescimento econômico em nível global. Um mercado de tamanha dimensão envolve investimentos elevados, conforme é observado nos países desenvolvidos.

No Brasil, a nanociência e a nanotecnologia vêm sendo fomentadas pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação desde 2001 e de forma programática, a partir de 2004, quando passaram a fazer parte dos Planos Plurianuais do Governo. Ao longo desses

anos a nanotecnologia brasileira deu um salto em competência acadêmica e hoje é reconhecida internacionalmente.

Para impulsionar a transformação do conhecimento acumulado em inovação, o MCTI lançou o Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologias (SisNANO)¹, que reúne um conjunto de 26 laboratórios com infraestrutura adequada e recursos humanos especializados, de forma a propiciar a sinergia entre a academia e o setor produtivo, por meio da implementação de projetos conjuntos de P,D&I. Esses laboratórios foram selecionados a partir de chamada pública e recebem desde então financiamento do MCTI para: (i) melhorar a infraestrutura e mantê-los internacionalmente competitivos; (ii) permitir a incorporação, fixação e manutenção de corpo técnico-científico de alta qualificação, adequado ao desenvolvimento das missões desses laboratórios; (iii) permitir que funcionem de forma aberta, atendendo usuários e instituições dos setores público e privado.

O SisNANO tem como característica essencial o caráter multiusuário e é formado por duas categorias de laboratórios; os Laboratórios Estratégicos e os Laboratórios Associados. Os Laboratórios Estratégicos são vinculados diretamente ao Governo Federal, e os Laboratórios Associados, vinculados a Instituições Científicas e Tecnológicas (ICTs), em sua maioria, nas universidades públicas. Os Laboratórios Estratégicos têm como missão disponibilizar, no mínimo, 50% do tempo de uso dos equipamentos para usuários externos e os Associados em dispor de, pelo menos, 15% do tempo de uso dos equipamentos para usuários externos, ambos seguindo regras próprias de submissão de propostas de uso ou de requisição de serviços.

Este livreto expõe as principais características, linhas de atuação e diretrizes dos laboratórios que compõem o SisNANO.

1 Instituído pela Portaria nº 245, de 5 de abril de 2012, e Instrução Normativa nº 2, de 15 de junho de 2012.

LABORATÓRIOS **ESTRATÉGICOS**

1. Laboratório Nacional de Nanotecnologia para o Agronegócio – **LNNA** (Embrapa Instrumentação, SP)
2. Centro de Caracterização em Nanotecnologia para Materiais e Catálise – **CENANO** (INT, RJ)
3. Laboratório Nacional de Nanotecnologia – **LNNANO** (CNPEM, SP)
4. Laboratório Multiusuário de Nanotecnologia do CETENE – **LMNano** (CETENE, PE)
5. Laboratório de Química de Nanoestruturas de Carbono – **LQN** (CDTN/CNEN, MG)
6. Laboratório Estratégico de Nanometrologia do Inmetro (INMETRO, RJ)
7. Laboratório Multiusuário de Nanociências e Nanotecnologia – **LABNANO** (CBPF, RJ)
8. Laboratório Integrado de Nanotecnologia – **LIN-IPEN** (IPEN/CNEN, SP)



LABORATÓRIOS **ESTRATÉGICOS**

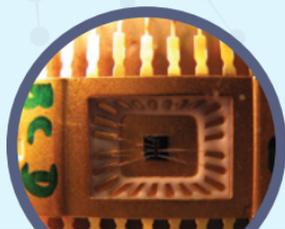
LABORATÓRIOS **ASSOCIADOS**

LABORATÓRIOS ASSOCIADOS

1. Laboratório Regional de Nanotecnologia – LRNANO (UFRGS/RS)
2. Centro de Caracterização e Desenvolvimento de Protocolos para Nanotecnologia – CCDPN (UNESP/SP)
3. Central Analítica em Técnicas de Microscopia (eletrônica e óptica) da Universidade Federal do Ceará (UFC/CE)
4. Laboratório de Síntese de Nanoestruturas e Interação com Biosistemas – NANOBIOSS (UNICAMP/SP)
5. Laboratório de Caracterização Estrutural – LCE (UFSCar/SP)
6. Laboratório Associado de Desenvolvimento e Caracterização de Nanodispositivos e Nanomateriais – LANano (UFMG/MG)
7. Laboratório de Nanobiotecnologia para Desenvolvimento, Prototipagem e Validação de Produtos para o SUS (IBMP/PR)
8. Laboratórios Associados em Rede de Nanotecnologia – LARnano (UFPE/PE)
9. Laboratório Associado SisNANO – UFV (UFV/MG)
10. Laboratório de Nanociências e Nanotecnologia da Amazônia – LABNANO-AMAZON (UFPA/PA)
11. Complexo Laboratorial Nanotecnológico – CLN (UFABC/SP)
12. Laboratório de Engenharia de Superfícies e Materiais Nanoestruturados da COPPE (UFRJ/RJ)
13. Laboratório Interdisciplinar para o Desenvolvimento de Nanoestruturas – LINDEN (UFSC/SC)
14. Laboratório de Processos Químicos e Tecnologia de Partículas – BIONANO (IPT/SP)
15. Centro de Componentes Semicondutores – CCS (UNICAMP/SP)
16. Núcleo de Apoio à Pesquisa em Nanotecnologia e Nanociências – NAP-NN (USP/SP)
17. Laboratório Central de Nanotecnologia – LCNano (UFPR/PR)
18. Laboratório de Fabricação e Caracterização de Nanodispositivos Semicondutores – LABDIS (PUC-Rio/RJ)

OBJETIVOS ESPECÍFICOS DO SisNANO

AUMENTAR A **COMPETITIVIDADE INDUSTRIAL**



Sensor de gás em nanotubos de carbono, encapsulado

- Introduzir ferramentas e técnicas de nanotecnologia na indústria visando à inovação e ao acesso a novos mercados;
- Capacitar a indústria nacional com novas plataformas tecnológicas;
- Propor marco legal e instrumentos para garantir a segurança jurídica e estimular investimentos;
- Criar ambientes/mecanismos para a troca de conhecimentos na fase pré-competitiva do desenvolvimento de produtos e processos;
- Financiar a produção de insumos estratégicos para viabilizar as cadeias produtivas; e
- Financiar plantas-piloto para escalonamento de processos.

ADEQUAÇÃO DA **INFRAESTRUTURA**



FIB/SEM

- Criar e atualizar as infraestruturas e as competências para projeto, simulação, desenvolvimento e nanofabricação de nanodispositivos, nanossistemas e para produção e caracterização de nanomateriais;
- Acreditar laboratórios para caracterização e controle de qualidade de produtos nanotecnológicos; e
- Permitir que a infraestrutura de pesquisa, desenvolvimento e inovação (P,D&I) opere de forma consistente e sustentável e em caráter multiusuário.

FORMAR RECURSOS HUMANOS QUALIFICADOS

- Criar conhecimento de ponta em áreas estratégicas para o Brasil: aeroespacial, agronegócio, defesa, energia, meio ambiente e saúde;
- Manter atualizada a infraestrutura de pesquisa básica;
- Valorizar o desenvolvimento tecnológico na formação acadêmica;
- Promover na academia habilidades necessárias à interação com o ambiente empresarial para o desenvolvimento da nanotecnologia; e
- Incentivar programas de formação de RH nas empresas.



AFM/Raman

REGULAÇÃO E MARCO LEGAL

- Propor a criação de uma estrutura de coordenação, avaliação, monitoramento dos impactos da nanotecnologia no meio ambiente e nos seres humanos; e
- Propor marco regulatório para P,D&I, produção e comercialização de nanotecnologias e produtos nanotecnológicos.

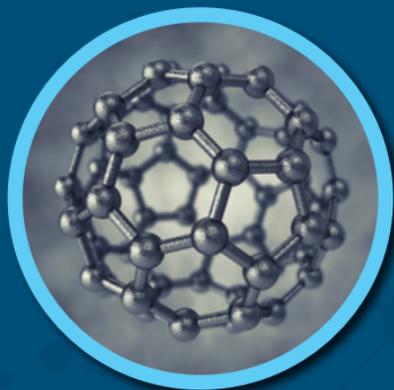


Segurança e confiabilidade



NANOTECNOLOGIA E ÁREAS ESTRATÉGICAS

NANOMATERIAIS E NANOCOMPÓSITOS



Conferir novas propriedades aos materiais, estimulando o desenvolvimento da área:

- Melhoria do desempenho das propriedades mecânicas, térmicas e tribológicas dos materiais;
- Incorporação de barreira a gases e umidade, atividade biocida, novas propriedades elétricas e eletrônicas;
- Redução da carga de aditivos na formulação de compósitos de 30% para, no máximo, 5%;
- Materiais mais leves e de altíssima resistência mecânica, flexíveis, resistentes à corrosão e à fadiga, materiais condutores e ao mesmo tempo transparentes, materiais de baixíssima condutividade térmica, materiais antichamas e com barreiras químicas;
- Materiais autorregenerativos e inteligentes com resposta autoajustável (hidrofílico/hidrofóbico, alto/baixo atrito, refletor/absorvedor, condutor/isolante térmico ou elétrico) às condições ambientais ou de uso.

Melhorar o desempenho econômico do setor de matérias-primas e substituição de importações:

- Estimativa de comercialização de produtos com nanocompósitos: US\$ 1 trilhão, em até 10 anos;
- Criação de cadeia local de fornecimento de nanomateriais e nanoinsumos: segurança econômica e equilíbrio de balança de pagamentos;
- Aumento no valor agregado do produto final e conquista de mercados externos;
- Impacto distribuído em diversos setores: bens de consumo, máquinas e equipamentos, saúde, médico/biomédico, defesa, aeroespacial e agricultura.

SAÚDE

Diagnóstico e prevenção de doenças:



- Tecnologias de “laboratórios em um chip” (LOC) são direcionadas a embarcar procedimentos complexos de análises em sistemas portáteis, de fácil operação, de baixo custo, alta sensibilidade e confiabilidade;
- Desenvolvimento de sistemas diagnósticos e monitoramento descentralizado, utilizáveis no ponto de atendimento.

Melhorar o desempenho econômico do setor de Medicamentos mais eficientes e com menos efeitos colaterais:

- Desenvolvimento de novos fármacos e novas formulações, de sistemas de liberação controlada de drogas e sistemas de vetorização que entregam medicamentos direcionados a alvos específicos, como um dado tumor ou células;
- Menor dosagem e/ou frequência de ingestão dos medicamentos, diminuindo assim os efeitos colaterais;
- Novas formas de administração de medicamentos.

Substituição de materiais de uso obsoleto e nanomedicina:

- Desenvolvimento de próteses e órteses com materiais mais resistentes, leves e biocompatíveis e regenerativos;

- Equipamentos e instrumentos médicos com melhor desempenho e novas funcionalidades;
- Interfaces homem-máquina e nanossensores (recuperação de visão/audição, controle de exoesqueletos e implantes funcionais).

Higiene pessoal, perfumaria e produtos cosméticos (HPPC):

- Cosméticos mais eficientes e com propriedades terapêuticas amplificadas;
- Produtos com nanocompostos permitem a pluralidade das aplicações de determinados cosméticos.

Nanotoxicologia e Segurança:

- Desenvolvimento de métodos e protocolos de estudo e avaliação do impacto na saúde humana, segurança e toxicidade de nanomateriais e nanocompósitos.



MEIO AMBIENTE



Desenvolvimento de bioprodutos inovadores a partir de matéria-prima proveniente dos biomas brasileiros:

- Nanomateriais derivados da biodiversidade;
- Nanomateriais e nanossistemas inspirados na biodiversidade (nanotecnologia inspirada na natureza).

Fortalecimento do monitoramento e fiscalização das queimadas, da poluição, do desmatamento e uso da terra:

- Nanossensores aplicados ao monitoramento da floresta e da biodiversidade;
- Sistemas de rastreamento terrestres, aquáticos ou via satélites; e
- Aplicação de tecnologias de “laboratórios em um chip” (LOC) incorporando nanossensores para controle quantitativo de poluentes e contaminações ambientais em tempo real, no ponto de ocorrência.

Tratamento de poluição, efluentes e mitigação de problemas ambientais. Tratamento de água:

- Filtros baseados em materiais nanoestruturados, nanomembranas para reciclagem e eliminação segura de resíduos e tratamento de efluentes urbanos e industriais (líquidos e gasosos); e
- Nanoargilas, nanocerâmicas, nanopartículas e compósitos para dessalinização e potabilidade de água sem necessidade de usinas ou centrais de tratamento: métodos portáteis de baixo custo e alta eficiência.

PETRÓLEO & GÁS

Operações de prospecção, perfuração, extração de óleo e gás. Gerenciamento de Riscos Ambientais e Resíduos:

- Nanomateriais visando à proteção de dutos e tubulações contra corrosão;
- Fluidos com nanopartículas que agregam funcionalidades específicas como a capacidade de aumentar o escoamento do petróleo e a remoção eficiente de detritos;
- Materiais que agregam leveza à resistência mecânica e resistência a ambientes agressivos;
- Materiais de alto desempenho para cimentação e contenção de poços;
- Nanopartículas para catálise em tempo real;
- Elastômeros nanoestruturados para vedações;
- Nanossensores para controle de processos; e
- Simulações moleculares para a indústria de petróleo e gás.

Transporte, Distribuição e Processamento. Oleodutos – confecção, preparos, segurança, fluxo, transformação e processamento de óleo e gás:

- Sensores para reconhecimento de fluidos e de propriedades de fluidos;
- Tubos e conexões com revestimentos: resistência química, resistência mecânica, antiatrito, antiadesão, autorregenerativos sensores;
- Tubos inteligentes (detecta e responde a condições desfavoráveis em tempo real);
- Membranas nanoestruturadas para separação e contenção;
- Sistemas de segurança e de controle de processos baseados em nanossensores precisos e específicos;
- Nanocatálise: processos catalíticos de alta performance e catalisadores autorregenerativos; e
- Nanopartículas e nanomateriais para prevenção e remediação de impactos ambientais.



ENERGIA

Geração: fontes eficientes, limpas e renováveis:



- Novos métodos e tecnologias de geração limpa e eficiente, como: energia fotovoltaica, geração de hidrogênio ou eólica;
- Nanocompósitos para hélices de usinas eólicas ou magnetos nanoestruturados e alto produto de energia para geradores e motores elétricos;
- Geração termoelétrica baseada em nanoestruturas; e
- Catalisadores nanoestruturados para produção de biocombustíveis.

Armazenamento e Distribuição:

- Nanotecnologia para baterias e supercapacitores de alto desempenho;
- Cabos com adição de nanomateriais para melhor condutividade elétrica e resistência mecânica; e
- Isoladores elétricos (sólidos e líquidos) de alta eficiência e longevidade.

Uso:

- Dispositivos de alta eficiência para iluminação (LEDs, OLEDs);
- Nanomateriais com alta capacidade de isolamento térmico: eficiência energética de edificações, máquinas refrigeradores; e
- Nanofluidos e tratamentos superficiais protetores e lubrificantes para compressores: grande eficiência energética.

AERONÁUTICA, AEROESPACIAL E DEFESA

Melhoria dos materiais e sistemas para uso militar:

- Interfaces homem/máquina;
- Sensores para captação de imagens cobrindo amplo espectro;
- Sistemas de colheita de energia;
- Materiais com invisibilidade na faixa de radar e térmica;
- Materiais com leveza e extrema resistência mecânica;
- Materiais com propriedades antichama ou alta capacidade de proteção térmica ou biológica; e
- Veículos e sistemas de defesa autônomos.

Melhorias nos sistemas de monitoramento civil:

- Nanossensores e nanossistemas para controle de fronteiras, populações isoladas, portos, aeroportos, segurança pública e patrimonial; e
- Nanossensores e nanossistemas para proteção de recursos marinhos e hídricos.

Tecnologias de uso dual/tecnologias sociais para melhoria da qualidade de vida da população:

- Sensores para monitoramento remoto de pacientes crônicos;
- Diagnóstico portátil para apoio à população em áreas longínquas;
- Sensores para controle epidemiológico;
- Sensores para monitoramento ambiental, nanopartículas para tratamento de água e de efluentes urbanos e industriais;
- Monitoramento dos produtos de proteção ao trabalhador; e
- Sistemas autônomos de transporte.



AGRONEGÓCIO E ALIMENTOS



Produção:

- Nanoestruturação/encapsulamento para elevação do valor nutricional;
- Desenvolvimento de materiais a partir da associação com fibras naturais;
- Liberação controlada de nutrientes e pesticidas em solos/plantas e de fármacos para uso veterinário; redução do uso de agrotóxicos e dos impactos ambientais;
- Controle epidemiológico baseado em nanossensores e “laboratórios em um chip” (LOC); e
- Sensores e nanossistemas para a agricultura de precisão (controle em tempo real de adubação, irrigação, pragas).

Processamento, Industrialização e Distribuição:

- Desenvolvimento de embalagens e filmes comestíveis que inibem a deterioração dos alimentos e aumentam o tempo de vida de prateleira, preservando o valor nutricional;
- Sensores e biossensores para controle de qualidade, certificação e rastreabilidade de alimentos; e
 - Embalagens com barreiras para oxigênio e umidade.



Foto da produção de filmes para revestimento de alimentos, desenvolvidos pelo LNNA-Embrapa.

INFRAESTRUTURA OFERECIDA PELOS LABORATÓRIOS DO SisNANO:

LITOGRAFIA

- Litografia por feixe de elétrons;
- Fotolitografia por contato;
- Fotolitografia por escrita direta a laser; e
- Litografia por feixe de íons focalizados.

OUTROS PROCESSAMENTOS

- Colagem de *wafers*;
- Implantação iônica;
- Tratamentos térmicos diversos;
- Deposição assistida por feixe de íons focalizados;
- Ultramicrotomia;
- Crio-ultramicrotomia;
- Microsoldagem e processos de encapsulamento;
- Nanomanipulação por microscopia de varredura por sonda;
- Métodos nucleares para modificação/nanoestruturação de materiais;
- Produção em escala laboratorial (lote experimental) de pós-nanoestruturados, sistemas articulados nanoestruturados e compósitos; e
- Micro/nanoencapsulamento.

INSPEÇÃO E CARACTERIZAÇÃO POR IMAGEM

- Microscopias eletrônicas de varredura (MEV); convencional de emissão por campo (FEG);
- Microscopias eletrônicas de transmissão (MET);
- Caracterização química acoplada à MEV e MET;
- Microscopias de varredura por sonda (AFM, STM, etc.);
- Microscopia de fluorescência;
- Microscopia confocal;
- Perfilometria óptica e de contato; e
- Microscopia por feixe de íons focalizados.

PRODUÇÃO E PROCESSAMENTO DE FILMES FINOS

- Evaporação em vácuo;
- Deposição por vapores químicos (CVD) assistida por plasma (plasma CVD);
- Sputtering;

- Oxidação;
- CVD de dióxido de silício, nitretos, silício policristalino;
- Epitaxia por feixe molecular (MBE) e Deposição por vapores químicos metalorgânicos (MOCVD);
- Crescimento e síntese de nanotubos de carbono e grafenos;
- Deposição por camadas atômicas (ALD) de óxidos e oxinitretos;
- Corrosão por feixe de íons (*ion milling*); e
- Corrosão por plasma reativo (RIE capacitivo e indutivo).

SÍNTESE DE NANOMATERIAIS, RECOBRIMENTOS NANOESTRUTURADOS

- Crescimento de nanotubos de carbono e grafeno;
- Crescimento de nanofios metálicos e semicondutores;
- Síntese, deposição, dispersão e caracterização de nanopartículas metálicas, cerâmicas, semicondutoras, magnéticas e poliméricas;
- Deposição controlada de nanomateriais por eletroforese;
- Produção de nanocompósitos e bionanocompósitos;
- Fibras de nanocompósitos por *electrospinning*;
- Produção de materiais nanoestruturados por automontagem molecular;
- Preparação de sistemas híbridos nos domínios da física, química e biologia; e
- Cultura de células e coberturas biológicas.

CARACTERIZAÇÃO

- Potencial Zeta para caracterização de suspensões de nanopartículas e nanomateriais;
- Porosidade e área superficial de materiais nanoestruturados;
- Determinação de tamanho de partículas;
- Determinação de ângulo de contato e aspectos de molhabilidade (hidrofilicidade ou hidrofobicidade);
- Determinação de tensão superficial/interfacial empregando a técnica de tensiometria (métodos do anel de Du Noüy e placa de Wilhelmy);
- Caracterização de comportamento reológico de fluidos complexos;
- Mapeamento químico/eletroquímico de interfaces moleculares;
- Caracterização elétrica de dispositivos (C-V, I-V, Impedância, DC, AC, RF);
- Propriedades ópticas (índice de refração real e complexo) de partículas, filmes e materiais;
- Medidas térmicas (TGA, DSC e DTA);
- Calorimetria;
- Difração de Raios-X convencional e de baixo ângulo, estrutura cristalina e polimorfismo;
- Técnicas espectroscópicas e de caracterização estrutural e química via Luz Síncrotron;
- Medidas de Ângulo de Contato;
- Microtomógrafo (resolução de 700 nm);
- Espectroscopia infravermelha com TF;

- Ressonância Magnética Nuclear de sólidos e líquidos;
- Espectroscopias de massa;
- Espectroscopia de fotoelétrons;
- Espectroscopia Raman, UV-Visível e Infravermelho;
- Quimissorção;
- Espectroscopia Raman com resolução espacial;
- Espectroscopia de absorção UV/Vis;
- Caracterização e imagem por espectroscopias ópticas;
- Nanomateriais de referência;
- Caracterização de materiais utilizando radiometria acoplada à esfera de integração;
- Caracterização e certificação de sensores e dosímetros fotônicos e moleculares; e
- Ensaios e estudos de nanotoxicologia, citotoxicidade e ecotoxicidade.

NANOMARCADORES

- Preparação de nanomarcadores moleculares, eletroquímicos, fotônicos e magnéticos para as áreas de saúde, controle ambiental e segurança;
- Caracterização de nanomarcadores rastreáveis por dispositivos fotônicos, magnéticos, eletroquímicos e por canais iônicos (reconhecimento molecular); e
- Ensaios para avaliação de impactos de nanomateriais em sistemas-modelo em água utilizando espécies vivas.

TEORIA E SIMULAÇÃO

- Adequação de modelos teóricos e simulação computacional para análises de problemas pontuais, com ênfase em soluções envolvendo nanotecnologias através de antecipação de propriedades com base no modelo de interação teoria-simulação-experimento.



Para mais informações sobre o SisNANO acesse:
<http://www.mcti.gov.br/nanotecnologia>

Ministério da
Ciência, Tecnologia
e Inovação

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PÁTRIA EDUCADORA