



Nanomateriais aplicados à Indústria Química

Rafaela Moreira Passos

Projeto Final de Curso

Orientador

Estevão Freire, D.Sc.

Agosto de 2010

NANOMATERIAIS APLICADOS À INDÚSTRIA QUÍMICA

Rafaela Moreira Passos

Projeto final de curso submetido ao corpo docente da Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Engenheira Química.

Aprovado por:

Maria José de O. C. Guimarães - D.Sc.

Flávia Chaves Alves - D.Sc.

Rafaela da C.Nascimento - Química Industrial

Orientado por:

Estevão Freire - D.Sc.

Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Agosto de 2010

Ficha Catalográfica

Passos, Rafaela Moreira.

Nanomateriais aplicados a indústria química / Rafaela Moreira Passos. Rio de Janeiro: UFRJ/EQ, 2010

viii, 88p. (Projeto Final) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, 2010.

Orientador: Estevão Freire.

1. Nanotecnologia. 2. Indústria Química 3. Patentes 4. Projeto Final (Graduação – UFRJ/EQ). 6. Estevão Freire I. Nanomateriais aplicados a indústria química

“Agradeço todas as dificuldades que enfrentei; não fosse por elas, eu não teria saído do lugar... As facilidades nos impedem de caminhar. Mesmo as críticas nos auxiliam muito. Emmanuel sempre me ensinou assim: - Chico, se as críticas dirigidas a você são verdadeiras, não reclame; se não são, não ligue para elas...”

Chico Xavier

"Há um momento especial que acontece na vida de toda pessoa, o momento para o qual ela nasceu. Quando aproveitada, essa oportunidade extraordinária faz com que a pessoa cumpra sua missão - uma missão para a qual somente ela tem as qualificações necessárias. Nesse momento, a pessoa encontra a grandeza. Esse é seu mais maravilhoso instante."

Winston Churchill

AGRADECIMENTOS

À minha mãe, Rosângela, pelo amor incondicional, por ter acreditado em mim e me acompanhado em todas as dificuldades.

À minha irmã gêmea, Carolina, por confiar em mim e estar sempre ao meu lado.

Ao meu namorado, Luis Henrique, pelo apoio e por ser a voz da minha consciência.

À Jussara, por ser minha maior certeza, sem ela não estaria aqui.

Ao meu orientador, Estevão Freire, pelos ensinamentos e pela grande ajuda dada.

Resumo do projeto final apresentado a Escola de Química como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Engenheira Química.

Nanomateriais aplicados à Indústria Química

Rafaela Moreira Passos

Agosto de 2010

Orientador: Estevão Freire, DSc.

RESUMO

As nanociências e nanotecnologias podem ser definidas como o estudo, a manipulação e o controle da matéria em escala nanométrica, visando o entendimento e à aplicação das características diferenciadas que a matéria apresenta nessa escala.

Os objetivos do trabalho foram realizar um estudo tecnológico e mercadológico da aplicação dos nanomateriais na indústria química e seus segmentos, bem como identificar a situação no Brasil, em relação à P&D, tecnologia e mercado.

A metodologia utilizada consistiu em investigar grupos de pesquisa atuantes no setor no Brasil e patentes já concedidas na base USPTO e aplicar aos dados um tratamento que permitiu a avaliação do desenvolvimento do setor, em termos de tecnologia, mercado e P&D para o Brasil, e regional para o Brasil e os Estados Unidos da América.

Constatou-se que a pesquisa no setor ainda está em fase inicial, uma vez que está direcionado, principalmente, para a fabricação de nanomateriais, e poucas funcionalidades estão definidas. Das poucas aplicações desenvolvidas a mais avançada é o uso de nanotubos de carbono na eletrônica. As indústrias são atualmente as maiores detentoras da nanotecnologia possuindo o maior número de patentes no setor, e suas maiores realizações são na área de fabricação de nanomateriais e nanomateriais de carbono. Entretanto, investimentos ainda serão necessários para desenvolver todo o potencial dos nanomateriais.

Uma pesquisa de produtos com nanotecnologia inseridos no mercado brasileiro é realizada, mostrando o quanto o setor é promissor, uma vez que materiais com características novas são desenvolvidos.

Por fim, algumas recomendações para trabalhos futuros são dadas, como a pesquisa de patentes em outras bases de dados, o que permitirá avaliar a real situação tecnológica do setor no mundo.

ÍNDICE

Capítulo I – Introdução	1
I.1 – Indústria Química e nanotecnologia	1
I.2 – Organização do texto	3
I.3 - Objetivo	4
Capítulo II – Revisão bibliográfica	5
II.1 – Indústria Química	5
II.2 – Nanotecnologia	7
II.2.1 – Nanoeletrônica	9
II.2.2 – Nanomateriais	10
II.2.3 - Nanotecnologia e meio ambiente	12
II.3 – A importância da inovação tecnológica na indústria química	14
Capítulo III – Nanomateriais aplicados à Indústria Química	18
III.1 – Aplicações em catálise	18
III.1.1 – Catalisadores de ouro	19
III.2 – Nanotubos de carbono	21
III.2.1 – Aplicações dos nanotubos em catálise	22
III.2.2 – Outras aplicações dos NC na indústria química	23
III.3 – Dendrímeros	25
III.3.1 – Aplicações em embalagens e membranas	25
III.4 – Nanotecnologia aplicada a metais	26
III.5 – Nanobiotecnologia	28
III.5.1 – Sistemas de liberação controlada	30
III.5.2 – Sistemas de nanoencapsulamento de fármacos	30
III.6 – Nanocosméticos	32
Capítulo IV – Metodologia	33
IV.1 – Levantamento bibliográfico	33
IV.2 – Monitoramento tecnológico de grupos de pesquisa	33

IV.3 – Análise de patentes	33
Capítulo V – Resultados e discussão	35
V.1 – Monitoramento tecnológico de grupos de pesquisa	35
V.1.1 – Produção científica – Publicações	38
V.1.2 – Grupos de pesquisa por área de aplicação	38
V.2 – Monitoramento tecnológico de patentes	39
V.2.1 – Análise macro	41
V.2.2 – Análise meso	45
V.2.3 – Análise micro	47
Capítulo VI – Nanomateriais no Brasil	49
Capítulo VII – Conclusões	52
Referencias bibliográficas	54
Anexo 1 – Grupos de pesquisa	58
Anexo 2 – Relação das instituições participantes – Censo 2008	78
Anexo 3 – Patentes	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Segmentos da Indústria Química	1
Figura 2 – Interdisciplinaridade da nanotecnologia	2
Figura 3 – Faturamento líquido da indústria química brasileira em 2008	6
Figura 4 – Participação da indústria química no PIB total brasileiro (%)	6
Figura 5 – Importações e exportações brasileiras, 1991 a 2009, de produtos químicos (em US\$ bilhões FOB)	7
Figura 6 – Escala Nanométrica	8
Figura 7 – Pentium 4: 168 milhões de transistores em 200 mm ²	9
Figura 8 – Estrutura do grafeno	10
Figura 9 – Fatores que influenciam a inovação	15
Figura 10 – Estrutura molecular dos dendrímeros	26
Figura 11 – Estruturas dos novos metais	28
Figura 12 – Crescimento de neurônios em chips	29
Figura 13 – Manipulação de DNA	29
Figura 14 – Sistemas de nanoencapsulamento de fármacos	31
Figura 15 – Nanomateriais aplicados na Indústria Cosmética	32
Figura 16 – Grupos de pesquisa por ano de formação	36
Figura 17 – Número de grupos de pesquisa por instituição	37
Figura 18 – Publicações bibliográficas dos grupos de pesquisa de 2005 a 2008	38
Figura 19 – Número de grupos de pesquisa atuantes nas áreas de aplicação	39
Figura 20 – Número de grupos de pesquisa atuantes nas áreas de aplicação	40
Figura 21 – Número de patentes depositadas por país	41
Figura 22 – Número de patentes depositadas por estado dos EUA	42
Figura 23 – Número de patentes depositadas por ano de deposição	43
Figura 24 – Número de patentes depositadas por tipo de instituição	44
Figura 25 – Número de patentes depositadas por instituição	45
Figura 26 – Número de patentes depositadas por área de aplicação	46
Figura 27 – Número de patentes depositadas por nanotecnologia	47

Capítulo I – Introdução

I.1 – Indústria Química e nanotecnologia

A Indústria Química é composta por todos os setores industriais que processam ou alteram materiais ou substâncias, gerando produtos intermediários que podem ser utilizados como insumo para outros fins, além de produtos finais. Desta forma, vários segmentos industriais são incluídos, tais como a indústria petroquímica, agroquímica, farmacêutica, de tintas, entre outras.

Fornecedora de matérias-primas e produtos para todos os setores produtivos, desde a agricultura ao aeroespacial, a indústria química desempenha relevante papel na economia. Globalmente, trata-se de um dos dois maiores setores industriais, rivalizando com o de semicondutores, equipamentos e materiais de tecnologias de informação. No Brasil, o setor químico é o segundo em importância na formação do PIB Industrial e é o segundo maior setor da indústria de transformação, perdendo apenas para o setor de alimentos. [1]

A grandeza do setor se deve a essencialidade dos produtos da indústria química nas atividades humanas, que são utilizados, por exemplo, no tratamento de água e esgotos, à produção e distribuição de alimentos, à manutenção da saúde, a construção civil, à produção metal-mecânica e às tecnologias de informação. No entanto, o percentual dirigido diretamente ao consumidor é ínfimo, grande parte dos produtos seguem para outras indústrias como produtos de base e chegam ao consumidor na forma de automóveis, imóveis, equipamentos de todos os tipos e outros bens, essenciais ou não, conforme mostra a Figura 1.



A tabela apresenta os segmentos da indústria química, organizados em duas colunas. O fundo da tabela possui uma imagem de uma paisagem com montanhas e um rio, com números 250, 200 e 150 visíveis.

Segmentos da Indústria Química	
Agricultura	Mobiliário
Borrachas e plásticos	Papel e impressão
Construção	Produtos minerais não metálicos
Consumidores	Refinarias de petróleo
Eletrônica	Veículos motores
Impressão	Saúde
Instrumentos	Serviços
Metais primários	Têxteis e vestuário
Mineração	Todas outras manufaturas

Figura 1 – Segmentos da Indústria Química.

Por ser tradicional, a indústria química é em geral baseada em *commodities* e em tecnologias bem estabelecidas. Assim, acredita-se que as novas tecnologias de processo e metodologias de controle de microestruturas são a fonte de novos produtos e materiais. Uma vez que, tanto a estrutura molecular, quanto a microestrutura de um material tem um papel determinante nas suas propriedades, o controle de estruturas nos níveis micro e nano é essencial para o surgimento de novos materiais e aplicações. [2]

Os investimentos em nanociência e nanotecnologia marcam presença em todas as áreas do conhecimento e estima-se que a nanotecnologia movimente em torno de 11 trilhões de dólares em 2010 por parte dos órgãos e agências de fomento em pesquisa e desenvolvimento em todo o mundo. [9]

A nanotecnologia é uma ciência interdisciplinar, que integra a química e a ciência dos materiais e, em alguns casos, a biologia, possibilitando o desenvolvimento de materiais com propriedades de interesse mercadológico, como produtos eletrônicos e fotônicos, biomédicos e materiais de alto desempenho. Nestes casos, os desafios de tecnologias de fabricação vão desde a formação de partículas, seu revestimento e dispersão, até sua caracterização, modelagem e simulação de suas propriedades, processos e desempenho em uso.

A Figura 2 ilustra a interdisciplinaridade da nanotecnologia.

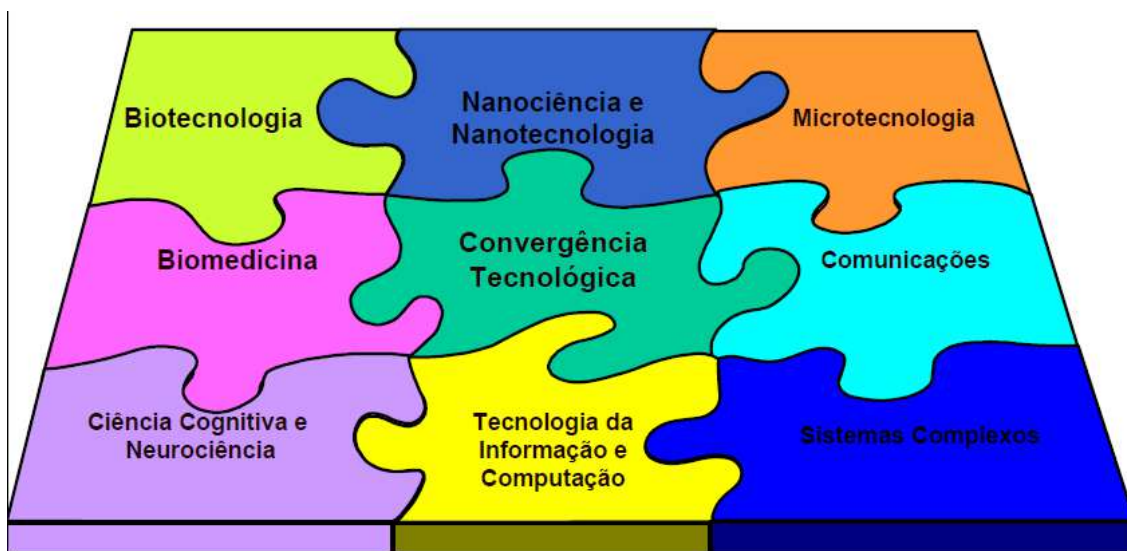


Figura 2 – Interdisciplinaridade da nanotecnologia.

Atualmente, quase todas as inovações estão focalizadas no aperfeiçoamento dos materiais existentes (inovações incrementais) e no desenvolvimento de novos materiais (inovações radicais). Como exemplo, cita-se a nanotecnologia aplicada a bolas de tênis, golfe ou boliche, de modo a reduzir o número de voltas que elas dão;

nanopartículas de zinco para a fabricação de pneus de alto rendimento; fibras para a fabricação de telas com propriedades antimanchas ou anti-rugas; nanopartículas para cosméticos, farmacêuticos e novos tratamentos terapêuticos; filtros/membranas nanoestruturados; melhora dos processos produtivos mediante a introdução de materiais mais resistentes e eficientes; ou o desenho de novos materiais para usos que vão desde a eletrônica, a aeronáutica e toda a indústria de transporte. [3]

As indústrias química e de eletrônicos são as que mais têm a se beneficiar com os avanços da nanotecnologia. No Brasil, os desenvolvimentos tecnológicos nesta área estão quase completamente confinados ao setor químico, não apenas pela força da indústria química como também pela fraqueza da indústria de semicondutores e de equipamentos para as tecnologias da informação.

I.2 – Organização do texto

Este trabalho está organizado em sete capítulos. Uma breve descrição de cada capítulo é apresentada a seguir

Capítulo I – Introdução e objetivos

Capítulo II – Revisão bibliográfica: apresenta conceitos necessários ao entendimento sobre o assunto. Aborda a indústria química, a sua situação mercadológica, a nanotecnologia e os nanomateriais.

Capítulo III – Nanomateriais aplicados a Indústria Química: trata das aplicações dos nanomateriais nos vários segmentos da indústria química, baseia-se em artigos científicos para exemplificar.

Capítulo IV – Metodologia: Apresenta a metodologia seguida para obtenção dos resultados, apresentados no capítulo 5.

Capítulo V – Resultados e discussão: Apresenta um estudo dos grupos de pesquisa atuantes na área e das patentes depositadas.

Capítulo VI – Nanomateriais no Brasil: Apresenta exemplos de nanomateriais e nanotecnologias já inseridas no mercado brasileiro.

Capítulo VII – Conclusões: Finaliza o trabalho concluindo sobre o tema e a sua situação atual. Identifica possíveis caminhos que ainda podem ser estudados sobre o assunto.

Bibliografia: Enumera todas as fontes que serviram de base para este projeto.

Anexos: Apresenta os grupos de pesquisa, bem como as suas linhas de pesquisa; a correlação entre os institutos de pesquisa e suas siglas e as informações sobre as patentes utilizadas.

I.3- Objetivo

O presente trabalho teve como objetivo realizar um estudo tecnológico e mercadológico da aplicação dos nanomateriais na indústria química e seus segmentos, por meio da análise de patentes, artigos e dos grupos de pesquisa existentes, bem como identificar a situação no Brasil, em relação à pesquisa e desenvolvimento, tecnologia e mercado, por meio de estudos de caso de empresas atuantes no setor.

Capítulo II – Revisão bibliográfica

II.1 – Indústria Química

A indústria química compreende os setores que transformam matérias primas em produtos de uso imediato ou que são utilizados por outras indústrias. A indústria química participa de quase todas as cadeias e complexos industriais, inclusive serviços e agricultura, desempenhando papel de destaque no desenvolvimento das diversas atividades econômicas do país.

Os produtos químicos provenientes dessa indústria se inserem em vários segmentos industriais, tais como formulação de medicamentos; geração de energia; produção de alimentos; purificação da água; construção de moradias; fabricação de automóveis; computadores; roupas; utensílios domésticos; artigos de higiene e vários itens que estão presentes no dia a dia.

Os produtos químicos podem ser agrupados em dois grandes blocos. Produtos químicos de uso industrial, que englobam produtos orgânicos, inorgânicos, resinas e elastômeros, produtos e preparados químicos diversos. E produtos químicos de uso final, como produtos farmacêuticos, adubos e fertilizantes, produtos de limpeza, defensivos agrícolas, tintas e outros. [4]

Em 2008, o faturamento líquido da indústria química brasileira, considerando todos os segmentos que a compõem, alcançou R\$ 222,3 bilhões, 10,6% acima do de 2007. Medido em dólares, o faturamento líquido chegou ao recorde de US\$ 122,0 bilhões, 17,9% acima do valor do ano anterior.

As exportações da indústria química brasileira também tiveram crescimento expressivo em 2008, +11,3%, atingindo US\$ 11,89 bilhões. Todavia, as importações também cresceram de forma bastante acentuada, +46,6%, alcançando US\$ 35,09 bilhões. Com isso, o déficit da balança comercial de produtos químicos agravou-se, passando de US\$ 13,25 bilhões em 2007 para US\$ 23,20 bilhões em 2008. O PIB brasileiro fechou 2008 com crescimento de 5,1%.

A Figura 3 apresenta o faturamento da indústria química em 2008, total de US\$ 122,0 bilhões, por setor de aplicação.

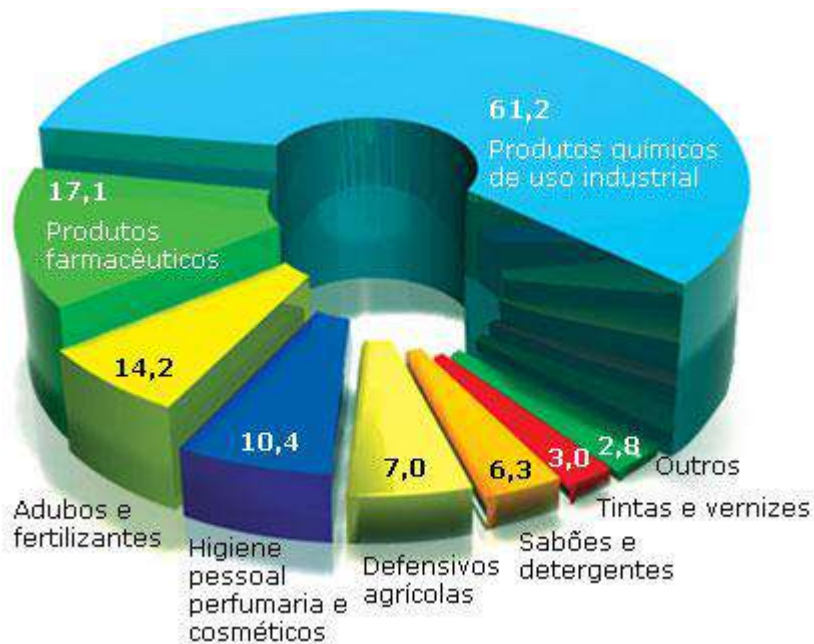


Figura 3 – Faturamento líquido da indústria química brasileira em 2008, em US\$ bilhões. [4]

De acordo com os dados do IBGE, a participação da indústria química no PIB total foi de 3,1% em 2008. Levando-se em consideração toda a matriz industrial brasileira, segundo o IBGE, o setor químico ocupou, em 2008, a terceira posição, respondendo por cerca de 10,82% do PIB da indústria de transformação, conforme mostra a Figura 4.

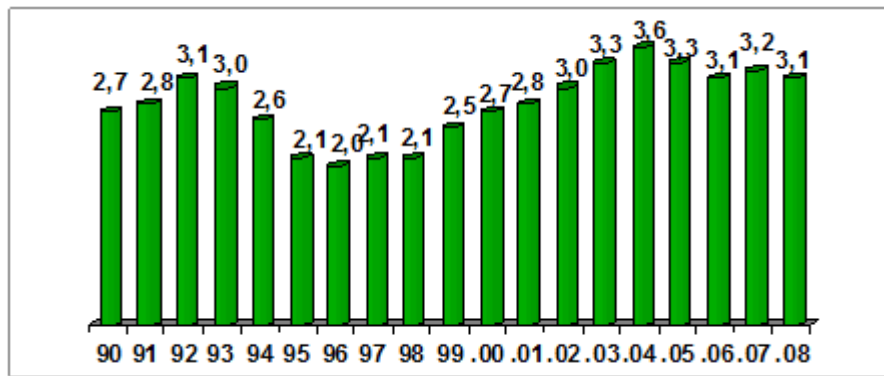


Figura 4 – Participação da indústria química no PIB total brasileiro (%). [4]

Os produtos químicos de uso industrial, com vendas totais de R\$ 112,3 bilhões, equivalentes a US\$ 61,2 bilhões, responderam por 50% do total do faturamento líquido da indústria em 2008. O segmento de produtos farmacêuticos, com faturamento de R\$ 31 bilhões (ou US\$ 17,1 bilhões), foi responsável por 14%. Os demais segmentos somados responderam por 36% do total.

A Figura 5 apresenta a evolução da balança comercial da indústria química nos últimos anos.

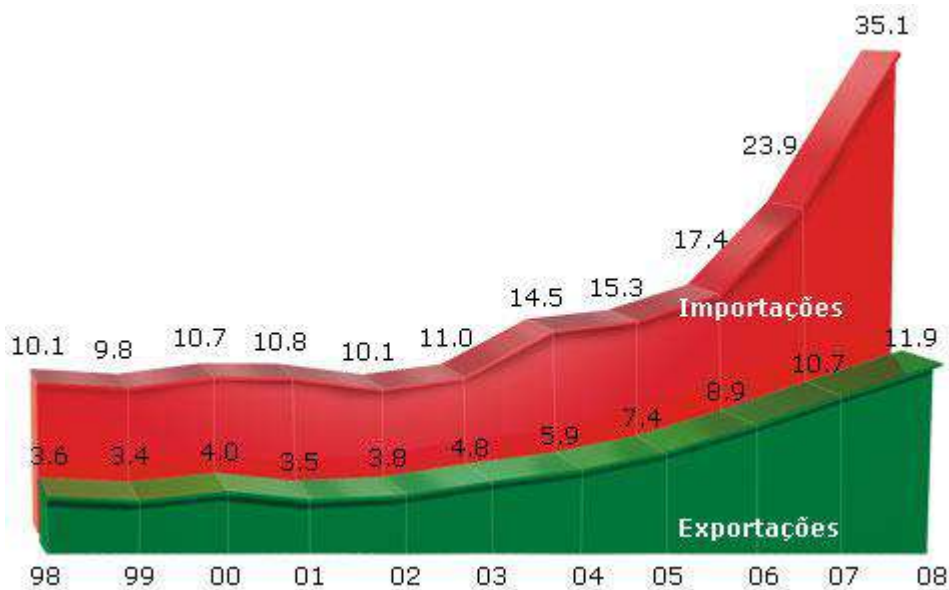


Figura 5 – Importações e exportações brasileiras, 1991 a 2009, de produtos químicos (em US\$ bilhões FOB). [4]

II. 2 – Nanotecnologia

A ciência e tecnologia em nanoescala têm recebido considerável atenção e investimentos nos últimos anos, pela expectativa do impacto que os materiais nanoestruturados podem causar na melhoria da qualidade de vida e na preservação do meio ambiente. Os investimentos em nanociência e nanotecnologia marcam presença em todas as áreas do conhecimento e estima-se que a nanotecnologia movimente em torno de 40 bilhões de reais anualmente por parte dos órgãos e agências de fomento em pesquisa e desenvolvimento em todo o mundo. [2]

Nanotecnologia é uma ciência que consiste em estudar e manipular estruturas em nível atômico, molecular e macromolecular a fim de criar materiais, dispositivos e sistemas com propriedades e aplicações fundamentalmente novas. Os blocos de construção são os átomos e moléculas, ou um conjunto deles tais como nanopartículas, nanocamadas, nanofios ou nanotubos. Dessa forma, a nanotecnologia permite ao homem alcançar escalas além da sua limitação natural de tamanho e trabalhar diretamente na construção dos blocos de matéria.

A ciência e tecnologia em nanoescala têm atraído atenção considerável nos últimos anos, pela expectativa do impacto que os materiais nanoestruturados podem causar na melhoria da qualidade de vida e na preservação do meio ambiente. Atualmente, a nanotecnologia é um dos segmentos mais promissores e de

crescimento mais acelerado. Por isso, deve ser desenvolvida de uma forma segura e responsável; os princípios éticos devem ser respeitados e os riscos potenciais para a saúde, a segurança ou o ambiente devem ser estudados cientificamente.

A Figura 6 a seguir mostra comparativamente o que significa a escala nanométrica. [30]

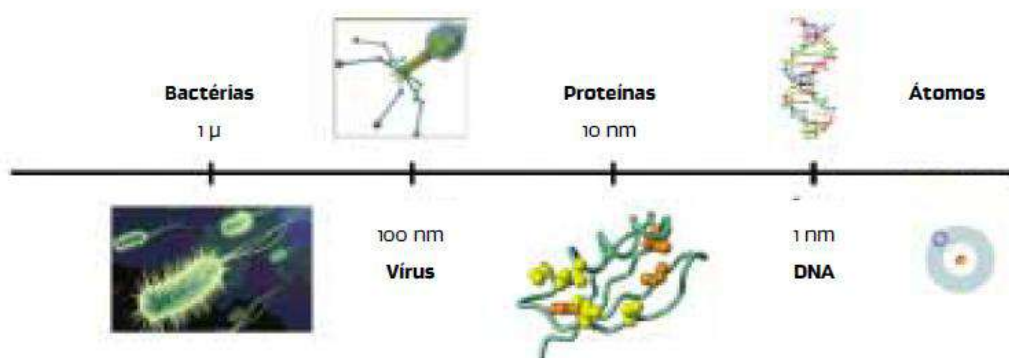


Figura 6 – Escala Nanométrica

Há, atualmente, duas abordagens de trabalho na nanotecnologia: uma baseia-se na fabricação molecular, que envolve a manipulação de átomos individuais e a outra abordagem é a ultraminiaturização, que consiste em dispositivos cada vez menores. As propriedades dessas partículas são peculiares a cada material que as compõem e do modo de preparo, mas algumas propriedades são comuns, como grandes áreas superficiais, e freqüentemente, exibem propriedades mecânicas, ópticas, magnéticas ou químicas distintas de partículas e superfícies macroscópicas. O estudo e o uso dessas propriedades em aplicações tecnológicas formam a base da nanotecnologia. [3]

A nanotecnologia é uma ciência multidisciplinar, e a P&D é feita por físicos, médicos, biólogos, engenheiros de materiais, mecânicos, eletrônicos e químicos. A união da comunidade científica deve-se a necessidade de partilhar o conhecimento sobre ferramentas e técnicas, interações atômicas e moleculares. Assim, novos conceitos e capacidades estão surgindo de diversas áreas, tais como a representação por imagens e a manipulação em escala atômica, a automontagem e as relações biológicas estrutura-função, através do auxílio de ferramentas informáticas cada vez mais poderosas.

Por ser multidisciplinar a nanotecnologia engloba várias áreas, que se encontram interrelacionadas com a indústria química, nanoeletrônica e nanomateriais são apresentados a seguir.

II.2.1 - Nanoeletrônica

Nanoeletrônica refere-se ao desenvolvimento da microeletrônica de alta compactação e miniaturização, direcionado principalmente as tecnologias de informação e computação. O objetivo principal é manipular grandes quantidades de informação com alta velocidade de processamento.

Os atuais processadores de microcomputador, como na Figura 7, são um exemplo da aplicação da nanoeletrônica.



Figura 7 – Pentium 4: 168 milhões de transistores em 200 mm²

A principal descoberta na área da nanoeletrônica foram as propriedades do grafeno que veio para substituir a tecnologia do silício, a qual está se esgotando em termos da capacidade de miniaturização. O grafeno é a estrutura unitária hexagonal que empilhada em vários planos atômicos forma o grafite, forma mais comum do carbono. O que diferencia o grafeno de todos os materiais descobertos até o momento é que ele pode ser considerado o semicondutor mais promissor do mercado. Além dessa propriedade única, no grafeno os elétrons movimentam-se com velocidades extraordinariamente altas e podem executar movimentos balísticos, ou seja, que não apresenta desvios, ao longo de uma distância muito grande, comparada com os materiais semicondutores usuais, como o silício. São essas propriedades que fazem do grafeno um candidato tão promissor para o desenvolvimento de dispositivos nanoeletrônicos. [9]

A Figura 8 a seguir apresenta a estrutura do grafeno.

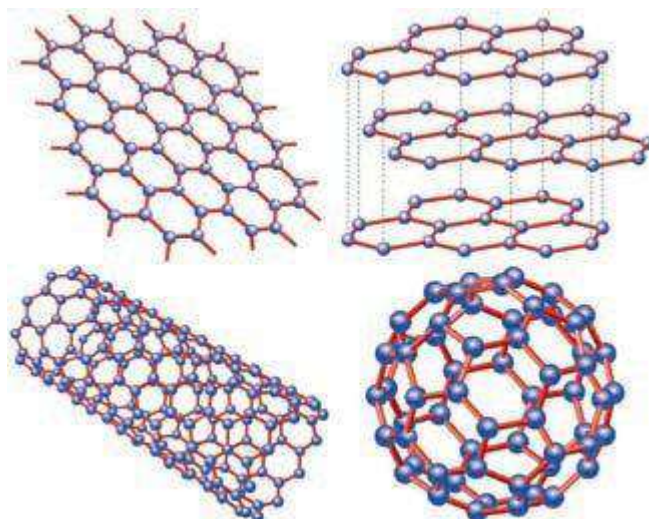


Figura 8 – Estrutura do grafeno

II.2.2. – Nanomateriais

Partículas nanoscópicas que servem para a constituição dos novos materiais, os nanomateriais, ganharam importância significativa no final do século XX, permitindo o crescimento de uma nova área de conhecimento a Nanociência.

O grande interesse nos nanomateriais decorre das propriedades dos materiais, altamente dependentes do tamanho de suas partículas, ou seja, todas as propriedades, óticas, elétricas, magnéticas, de transporte, catalíticas e outras, manifestam-se a partir de um determinado tamanho crítico. Abaixo desse tamanho crítico as propriedades do material são diferentes, para cada propriedade há um tamanho crítico e para uma mesma propriedade em materiais diferentes os tamanhos críticos são diferentes. Além disso, quando abaixo do tamanho crítico, as propriedades do material dependem também da forma das partículas.

Portanto, os novos materiais, com novas propriedades e possibilidades de utilização, podem ser preparados através do controle do tamanho e da forma das partículas de materiais já conhecidos. Este efeito de tamanho é característico da matéria e se manifesta devido a vários motivos. A alta razão superfície/volume e o fato de que os portadores de carga, em nanomateriais, ficam confinados nas dimensões reduzidas das partículas, são alguns dos fatores que contribuem para esta realidade. Desta forma, todas as classes de materiais (metais, semicondutores, cerâmicas, polímeros, compósitos) podem ter suas propriedades moduladas sem que se altere sua composição química e/ou estrutura tridimensional, mas única e tão somente pelo controle do tamanho e formato de suas partículas.

A Nanociência e Nanotecnologia definiram um novo paradigma na ciência dos materiais: para se obter a propriedade desejada deve-se buscar não só a adequação da composição química e a estrutura do material, como também o tamanho e o formato de suas partículas. [8]

Assim, os nanomateriais podem ser definidos como materiais que possuem pelo menos uma dimensão na faixa nanométrica capaz de alterar alguma de suas propriedades. Algumas fontes citam o tamanho de até 100 nanômetros para os nanomateriais, um procedimento que dada à definição de nanomaterial acima é insuficiente. Só existe um nanomaterial se existir uma propriedade que se manifesta exclusivamente devido ao tamanho reduzido, e esta propriedade é diferente do material massivo, não basta um material ter dimensões nanométricas para ser considerado um nanomaterial.

Nanopartículas são termodinamicamente instáveis e têm a tendência natural de se agregarem e crescerem. Desta forma, um dos desafios da ciência nesta área consiste em preparar nanomateriais estáveis (ou seja, que permaneçam nesta escala de tamanho sem sofrer decomposição e sem agregação e crescimento) e monodispersos, tanto com relação ao tamanho quanto com relação à forma de suas partículas, que possam ser manipulados, dispersos, depositados sobre substratos, sem perder suas características.

O controle rigoroso sobre os processos de síntese de nanomateriais, levando à produção reprodutível de amostras com alto grau de homogeneidade, corresponde a um dos grandes fatores responsáveis pelo crescimento vertiginoso da Nanociência e Nanotecnologia. Sólidos com tamanhos de partículas nanométricas são considerados como espécies intermediárias entre moléculas individuais e o sólido massivo, apresentando fenômenos e propriedades diferenciadas. A compreensão destes fenômenos, assim como a utilização das diversas propriedades decorrentes dos mesmos, só é possível se o material puder ser obtido de forma homogênea, controlada e reprodutível, exatamente da forma pela qual o Químico de Materiais vem trabalhando.

Outro fator responsável pelo crescimento desta área é o grande desenvolvimento das técnicas de caracterização, principalmente as técnicas de microscopia. O surgimento de microscópios com resolução atômica, cada vez mais sensíveis e potentes, acoplados aos mais criativos e surpreendentes acessórios, assim como a utilização das outras técnicas de caracterização no limite das suas potencialidades, permitiu o acesso ao mundo nanoscópico num grau de detalhamento inimaginável há 30 ou 40 anos atrás. [8]

Alguns produtos em nanoescala já estão sendo comercializados, tais como dióxido de titânio, ouro, prata e cobre que, adicionados aos plásticos, tintas e outros materiais, melhoraram o seu desempenho. Outros produtos estão próximos da comercialização, como veículos de transportes de drogas no corpo humano e nanotubos de carbono. Para permitir a ampla comercialização dos produtos baseados na nanotecnologia, deve-se procurar atender às seguintes demandas: nanossíntese: construção de blocos em nanoescala incluindo nanopartículas, nanotubos e materiais nanoestruturados; nanofabricação e nanoprocessamento: manipulação e processamento em nanoescala dos blocos construídos para uma dada finalidade; nanoincorporação: incorporação em nanoescala dos blocos até obter a forma do produto final, incluindo compósitos, materiais eletrônicos e dispositivos biomédicos e nanocaracterização - medida e caracterização das propriedades básicas dos blocos em nanoescala ou das formas dos produtos finais, assim como de processos de manufatura. [2]

O mercado mundial para produtos à base de nanotecnologia, estimado para o ano de 2010, é de 11 trilhões de dólares americanos, sendo que 340 bilhões correspondem somente a nanomateriais (catalisadores para automóveis, materiais para gravação magnética e componentes para protetores solares são os itens mais produzidos atualmente). O investimento governamental em pesquisa e desenvolvimento para nanotecnologia (sendo que nanomateriais envolve a maior fração dos recursos), somente no ano de 2005, foi de US\$ 1,08 bilhões pelos Estados Unidos, US\$ 1,05 bilhões pela comunidade européia, US\$ 950 milhões pelo Japão, e cerca de US\$ 1 bilhão pelos outros países do mundo. A indústria química (incluindo a petroquímica), as indústrias relacionadas a bens de consumo (incluindo indústria cosmética), a de materiais (incluindo metalúrgica), a de semicondutores, a de comunicações, a de transportes (incluindo aeronáutica e aeroespacial) e a indústria biomédica / farmacêutica correspondem à grande maioria destes investimentos. [9]

II.2.3. - Nanotecnologia e meio ambiente

Não há dúvida de que a nanotecnologia oferece a perspectiva de grandes avanços que permitam melhorar a qualidade de vida e ajudar a preservar o meio ambiente. Entretanto, como qualquer área da tecnologia que faz uso intensivo de novos materiais e substâncias químicas, ela traz consigo alguns riscos ao meio ambiente e à saúde humana.

As três principais áreas nas quais se podem esperar grandes benefícios provenientes da nanotecnologia são:

a) Prevenção de poluição ou dos danos indiretos ao meio ambiente:

Por exemplo, o uso de nanomateriais catalíticos que aumentam a eficiência e a seletividade de processos industriais resultaria num aproveitamento mais eficiente de matérias primas, com consumo menor de energia e produção de quantidades menores de resíduos indesejáveis. A nanotecnologia vem contribuindo também para o desenvolvimento de sistemas de iluminação de baixo consumo energético. Na área da informática, o uso de nanoestruturas de origem biológica pode oferecer uma estratégia alternativa para a fabricação de dispositivos microeletrônicos. A nanotecnologia tem permitido o aprimoramento e o desenvolvimento de *displays* (como, por exemplo, monitores de computador ou displays dobráveis de plástico que podem ser lidos como uma folha de papel) que, além de serem mais leves e possuírem melhor definição, apresentam as vantagens da ausência de metais tóxicos na sua fabricação e de terem um consumo menor de energia.

b) Tratamento ou remediação de poluição.

A grande área superficial das nanopartículas confere, em muitos casos, excelentes propriedades de adsorção de metais e substâncias orgânicas. A etapa subsequente de coleta das partículas e remoção de poluentes pode ser facilitada pelo uso, por exemplo, de nanopartículas magnéticas. As propriedades *redox* e / ou semicondutora de nanopartículas podem ser aproveitadas em processos de tratamento de efluentes industriais e de águas e solos contaminados baseados na degradação química ou fotoquímica de poluentes orgânicos. Num cenário futurístico, um exército de *nanobots* poderia ser utilizado para descontaminar microscopicamente sítios de derrame de produtos químicos.

c) detecção e monitoramento de poluição:

A nanotecnologia vem permitindo a fabricação de sensores cada vez menores, mais seletivos e mais sensíveis para a detecção e monitoramento de poluentes orgânicos e inorgânicos no meio ambiente. Avanços em sensores para a detecção de poluentes implicam diretamente num melhor controle de processos industriais; na detecção mais precoce e precisa da existência de problemas de contaminação; no acompanhamento, em tempo real, do progresso dos procedimentos de tratamento e remediação de poluentes; num monitoramento mais efetivo dos níveis de poluentes

em alimentos e outros produtos de consumo humano; na capacidade técnica de implementar normas ambientais mais rígidas, etc. [7]

Embora as perspectivas dos benefícios da nanotecnologia para a melhoria do meio ambiente sejam animadoras, não se deve subestimar seu potencial para danos. As mesmas características que tornam as nanopartículas interessantes do ponto de vista de aplicação tecnológica podem ser indesejáveis quando essas são liberadas ao meio ambiente. O pequeno tamanho das nanopartículas facilita sua difusão e transporte na atmosfera, em águas e em solos, ao passo que dificulta sua remoção por técnicas usuais de filtração. Pode facilitar também a entrada e o acúmulo de nanopartículas em células vivas. De modo geral, sabe-se muito pouco ou nada sobre a biodisponibilidade, biodegradabilidade e toxicidade de novos nanomateriais.

A contaminação do meio ambiente por nanomateriais com grande área superficial, boa resistência mecânica e atividade catalítica pode resultar na concentração de compostos tóxicos na superfície das nanopartículas, com posterior transporte no meio ambiente ou acúmulo ao longo da cadeia alimentar; na adsorção de biomoléculas, com conseqüente interferência em processos biológicos *in vivo*; numa maior resistência à degradação (portanto, maior persistência no meio ambiente) e em catálise de reações químicas indesejáveis no meio ambiente. [7]

Diversas pesquisas têm sido realizadas na área nanotecnológica, e que devem gerar benefícios à sociedade por meio de inovações tecnológicas, assunto mostrado a seguir.

II.3 – A importância da inovação tecnológica na indústria química

A inovação é a principal ferramenta no setor químico para manutenção de sua competitividade e para seu crescimento, seja através da melhoria da qualidade de seus produtos, de seus processos e serviços, da redução de seus custos de produção e, fundamentalmente, do lançamento de novos produtos ou produtos customizados atendendo a requisitos definidos.

O sucesso da inovação tecnológica nas empresas depende de fatores que assegurem um ambiente propício ao investimento em pesquisa e desenvolvimento. A Figura 9 apresenta os principais fatores.



Figura 9 – Fatores que influenciam a inovação [17]

- Mercado competitivo

A abertura do mercado interno para a importação força os produtores locais a serem mais inovadores para manter padrões globais de preço, qualidade e desempenho de seus produtos. As empresas exportadoras, pela acirrada concorrência, necessitam primordialmente serem inovadoras para poder ter sucesso.

- Inovação como fator de competitividade

As empresas, almejando a liderança do mercado, utilizam a inovação para aperfeiçoar seus processos e solucionar problemas com maior rapidez.

- Orientação nacional

Necessitam-se políticas governamentais que privilegiem o desenvolvimento de tecnologia e estimulem parcerias entre os setores público e privado, promovendo a inovação nos países. Os mecanismos para que a indústria se desenvolva, como por exemplo, o fornecimento de recursos financeiros, devem também ser de longo prazo para dar continuidade ao processo de inovação e fomentar o espírito empreendedor.

- Infra-estrutura sócio-econômica

Devem existir no país instituições sociais e econômicas que suportem e mantenham os recursos físicos, humanos, organizacionais e econômicos essenciais para a existência de empresas baseadas em tecnologia, tais como mercados de capital dinâmicos, tendência ascendente na formação de capitais, investimento de capital externo e investimento em educação.

- Infra-estrutura tecnológica

As instituições sociais e econômicas do país devem contribuir diretamente para o desenvolvimento, a produção e a comercialização de novas tecnologias. A inovação

é facilitada pela existência de um sistema de proteção de direitos de propriedade intelectual, projetos de pesquisa e desenvolvimento voltados à industrialização, competência em produção de alta tecnologia e capacidade de formar e absorver cientistas e engenheiros qualificados.

- Capacidade produtiva

As empresas devem ter o domínio de suas tecnologias de operação e processos, com instalações industriais adequadas a essas tecnologias, recursos humanos capacitados a compreendê-las e melhorá-las, além de serem suportadas por práticas modernas de gerenciamento. Esse domínio é o alicerce das atividades inovadoras

A inovação tecnológica tem como característica a incerteza, que é a obtenção de resultados que podem tanto ser de sucesso quanto de fracasso, e a demanda de tempo e recursos financeiros. O sucesso da empresa nessa atividade depende principalmente da crença de sua alta administração na importância da inovação como fator de competitividade, na disponibilidade de recursos e na existência de um sistema de gestão eficiente. A inovação deve ter papel chave na estratégia de longo prazo na empresa, com valorização do conhecimento.

Uma gestão eficiente da inovação na empresa requer uma estruturação interna de seus recursos, com metodologias e ferramentas para não apenas coordenar suas atividades internas, mas também as de todos os participantes externos à empresa.

Junto à inovação tecnológica vem a necessidade da proteção dessa mesma inovação, por meio do sistema de patentes. A propriedade industrial é declarada nas patentes, que tem a função de proteger a exploração de uma inovação pelo seu criador.

Uma patente, na sua formulação clássica, é uma concessão pública, conferida pelo Estado, que garante ao seu titular a exclusividade ao explorar comercialmente a sua criação. Em contrapartida, é disponibilizado acesso ao público sobre o conhecimento dos pontos essenciais e as reivindicações que caracterizam a novidade no invento.

No desenvolvimento das concepções sobre patentes ao longo dos últimos séculos, uma das justificativas para o sistema é a que considera a concessão da propriedade das invenções a seus autores como um dos direitos humanos. No entanto, hoje em dia, a necessidade de patentes se justifica mais pelo incentivo a inovação e aos inventores, essa lógica aumenta a busca por inovações, que são financeiramente recompensadas pelo sistema de patentes.

A invenção proporciona um benefício à sociedade, sendo justo que o inventor lucre com o seu trabalho. O privilégio da exclusividade é o modo mais apropriado de retribuição ao inventor. O grau de utilização de uma patente varia na razão direta do interesse público. Quanto maior a clientela da patente, mais lucros tem seu titular.

A propriedade intelectual pode ser conceituada como o direito de uma pessoa sobre um bem imaterial. Propriedade dos bens imateriais é regida por regras específicas que constituem o direito da propriedade intelectual.

A propriedade industrial é um setor da propriedade intelectual que trata dos bens imateriais aplicáveis nas indústrias.

São assuntos referentes às invenções:

- Modelos de utilidade
- Desenhos industriais
- Marcas de produto ou serviço, de certificação ou coletivas.
- Repressão às falsas indicações geográficas e demais indicações.
- Repressão à concorrência desleal

A propriedade industrial abrange os campos do Direito, da Técnica e da Economia. Por causa do desenvolvimento mundial das técnicas industriais e da globalização do mercado internacional, a propriedade industrial vem passando por várias alterações em sua estrutura. **[17]**

Capítulo III – Nanomateriais aplicados a Indústria Química

III.1 – Aplicações em catálise

O conhecimento da importância da escala nanométrica na catalise heterogênea é antigo, ou seja, o tamanho do cristal de um metal nobre bem disperso, ou da cavidade ou canal de uma zeólita ou, ainda, o tamanho do ligante de um composto de coordenação ou o centro ativo de uma enzima. A catálise heterogênea é provavelmente a área mais antiga da nanotecnologia. Os catalisadores metálicos, desde há muito tempo, são usualmente preparados como nanopartículas, dispersas em superfícies de materiais de áreas superficiais específicas elevadas e estáveis, tais como alumina, sílica ou carvão ativado. Os catalisadores modernos de elevado desempenho são atualmente projetados para considerar a contribuição do suporte e cuidadosamente sustentar partículas metálicas de dimensões nanométricas. É também conhecido que a atividade catalítica de partículas metálicas suportadas é fortemente dependente do seu tamanho e forma e, portanto, os catalisadores nanoestruturados são altamente ativos, uma vez que a maioria da superfície da partícula pode estar disponível para a reação. Espera-se que esses sistemas possam ser otimizados com os princípios da nanociência e os recursos da nanotecnologia, através do controle dos arranjos superficiais atômicos, assim como da otimização de estruturas e densidade dos sítios ativos. Isto incluiria a habilidade de manipular o depósito de átomos em locais específicos, para promover uma velocidade específica de reações sensíveis à estrutura.

Entretanto, espera-se que a maior contribuição da nanociência e da nanotecnologia para a catálise deva advir da melhoria da seletividade dos catalisadores. A seletividade, isto é, a formação de um entre outros produtos termodinamicamente possíveis, é menos entendida que a atividade. Isto se deve a diversos fatores, que têm sido documentados ao longo do tempo, entre eles a estrutura do catalisador em escala atômica. Por exemplo, a nanoarquitetura das zeólitas pode aumentar a seletividade pelo controle da velocidade de difusão dos reagentes e produtos de acordo com a forma das moléculas.

O termo nanocatalisador não se aplica ao fenômeno da catálise, que intrinsecamente ocorre em nanoescala. Ele se refere às propriedades dos catalisadores, que podem variar em função do tamanho em nanoescala; tipicamente, os nanocatalisadores possuem pelo menos uma dimensão em nanoescala, externa ou internamente e sua atuação na reação depende criticamente do tamanho da partícula.

As propriedades relacionadas ao tamanho nanométrico de partículas metálicas suportadas, por exemplo, afetam diretamente a atividade catalítica e se manifestam em uma escala de tamanho de algumas centenas de átomos, não podendo ser extrapoladas a partir das propriedades do sólido mássico. [12]

As nanopartículas suportadas, que constituem a maioria dos catalisadores heterogêneos, possuem propriedades físicas que diferem daquelas do material não nanométrico. O exemplo mais marcante é apresentado pelo ouro, que é o metal mais nobre e, portanto, o menos reativo. Em tamanho nanométrico, entretanto, os átomos de ouro se transformam em catalisadores ativos em muitas reações. [12]

Entre as nanoestruturas, as nanopartículas de ouro e os nanotubos de carbono são considerados como uma das mais promissoras aplicações da nanotecnologia em catálise. E serão mais bem exemplificados a seguir.

III.1.1 – Catalisadores de ouro

Os catalisadores de ouro constituem os exemplos mais marcantes e representativos do efeito do tamanho da partícula sobre o desempenho catalítico. O ouro era considerado um material cataliticamente inerte até 1980, quando Haruta e col. mostraram que partículas desse metal com tamanho inferior a 10 nm eram ativas em reações de oxidação do monóxido de carbono, em temperaturas tão baixas como 0° C. [2]

A partir do momento que as técnicas de coprecipitação e deposição-precipitação foram estabelecidas, foi possível depositar o ouro na forma de nanopartículas sobre óxidos metálicos. Desde então, um grande número de trabalhos foi desenvolvido, com o objetivo de obter nanopartículas de ouro e diversos artigos de revisão foram publicados. Esses estudos mostraram que o ouro é cataliticamente ativo em muitas outras reações tais como a epoxidação do propileno, a síntese do peróxido de hidrogênio e do cloreto de vinila, a oxidação seletiva de álcoois, as reações de acoplamento de ligações carbono-carbono e outras. Paralelamente, em comparação à platina e ao paládio, o baixo preço do ouro no mercado internacional e sua cotação mais baixa na bolsa de valores, aliado à sua maior disponibilidade comercial, contribuíram para o emprego de catalisadores contendo ouro em vários processos catalíticos. [13]

As descobertas nesse campo são contínuas e avançam com velocidade surpreendente, mas existem comparativamente poucas publicações referentes ao estudo de catalisadores de ouro suportado em seu estado ativo, no meio reacional. A maioria dos estudos focaliza a oxidação do monóxido de carbono, devido ao seu

potencial de aplicação prática, por exemplo, na purificação de hidrogênio para células a combustível em automóveis e porque o monóxido de carbono é adequado como um sistema modelo para o entendimento fundamental das estruturas superficiais dos catalisadores. [14]

A literatura reflete um consenso de que o método de preparação e a escolha do suporte influenciam, de modo significativo, na atividade das partículas de ouro suportadas na oxidação do monóxido de carbono e que essa atividade é afetada pela presença de traços de água e de outros componentes, tais como os haletos. [2]

Atualmente, as nanopartículas de ouro são empregadas em várias reações catalíticas entre as quais merecem destaque a oxidação preferencial do monóxido de carbono, a oxidação de hidrocarbonetos, a redução de óxidos de nitrogênio com hidrocarbonetos, monóxido de carbono ou hidrogênio, a epoxidação do estireno, a oxidação do etanol, a hidrogenação de hidrocarbonetos, a oxidação e decomposição de aminas e compostos orgânicos halogenados e a reação de deslocamento de monóxido de carbono com vapor d'água. [15]

O elevado potencial do ouro como catalisador em reações de oxidação do etanol foi investigado por diversos pesquisadores [16], as possibilidades de emprego dos nanocatalisadores de ouro na redução de óxidos de nitrogênio também foram avaliadas por vários pesquisadores. O emprego de catalisadores contendo nanopartículas de ouro sobre suportes mesoporosos constitui outra importante aplicação desses sistemas em catálise, por exemplo, Yin e colaboradores utilizaram alumina mesoporosa como suporte de nanopartículas de ouro para obter catalisadores eficientes para a epoxidação do estireno. [2]

III.2 – Nanotubos de carbono

Nanotubos de carbono (NC) são nanoestruturas únicas com propriedades mecânicas e eletrônicas notáveis. Essas novas moléculas dependendo da estrutura podem ser as mais rígidas ou as mais flexíveis e resistentes a tensões que já foram produzidas. Além disso, podem ser simultaneamente os melhores possíveis condutores, tanto de calor como de eletricidade.

Os NC são formados por camadas de átomos de carbono, em um arranjo hexagonal, originando pequenos cilindros com diâmetro de aproximadamente 1 nm, que se enrolam para formar tubos longos, com comprimento de vários centímetros, unidos por átomos de carbono em arranjo pentagonal. As propriedades mecânicas e eletrônicas, exibidas por esses materiais, são determinadas pelo seu diâmetro e pela forma como os hexágonos de átomos de carbono se orientam em relação ao eixo do tubo. As diferentes formas de confinamento quântico conferem aos NC propriedades de condutores ou semicondutores. Devido às suas estruturas quase-unidimensionais, a condução de corrente ocorre ao longo de toda a extensão do nanotubo sem necessidade de aquecimento. [2]

Do ponto de vista estrutural, há dois tipos de NC que podem apresentar alta perfeição: os nanotubos de carbono de parede simples (NCPS), que podem ser considerados como uma única folha de grafite enrolada sobre si mesma para formar um tubo cilíndrico, e os nanotubos de carbono de parede múltipla (NCPM) que compreendem um conjunto de nanotubos concêntricos, como se fosse uma folha simples por cima da outra. [19]

O que torna os NC tão atraentes são suas propriedades como alta resistência mecânica e capilaridade, além de apresentar estrutura eletrônica única, apontando para diversas aplicações no futuro.

A diversidade das aplicações, reais ou potenciais, dos nanotubos de carbono (NC), assim como a necessidade de controlar as morfologias apropriadas para sua utilização, faz da pesquisa nesta área do conhecimento um trabalho de característica eminentemente multidisciplinar, envolvendo fatores que definem o sucesso de suas aplicações, tais como rota de síntese, processamento em formas variadas e qualidade dos NC. [19]

Muitas aplicações potenciais para os NC foram propostas, incluindo a obtenção de compósitos condutores ou de alta resistência mecânica, dispositivos para armazenamento e conversão de energia, sensores, dispositivos semicondutores em escala nanométrica, entre outras. De um ponto de vista de aplicações diretas, os NC poderiam ser ainda usados como peneira molecular, material para armazenamento de

hidrogênio, aditivos para materiais poliméricos e suporte em processos catalíticos, por exemplo.

Atualmente, o alto custo, a falta de controle sobre o processo (tipo, comprimento e diâmetro do nanotubo formado) e limitações ao processo de purificação constituem sérios obstáculos para a maioria das aplicações dos NC. [19]

As propriedades excepcionais dos nanotubos têm motivado muitas pesquisas acerca das propriedades mecânicas de compósitos à base de nanotubos. Nesse sentido, a dispersão uniforme ao longo da matriz polimérica e a otimização tanto da solubilidade nanotubo/matriz como da adesão são parâmetros críticos. Em especial, a dispersão é um ponto crítico para o reforço de materiais poliméricos, uma vez que os NC encontram-se comumente agrupados em feixes. Todavia, existem relatos de que a adição de pequenas porcentagens de NC a matrizes poliméricas como PVA ou PS levam a um aumento de cerca de 40% na tensão elástica e a um acréscimo de aproximadamente 25% na resistência à tração. ⁽²⁰⁾ Em outras palavras, o desempenho dos materiais compósitos de nanotubos de carbono é cerca de 10 vezes melhor que o observado para compósitos das fibras de carbono convencionais, para uma mesma carga.

Um aspecto que chama a atenção é o desenvolvimento de técnicas que possibilitem um “ancoramento” efetivo dos nanotubos à matriz polimérica. Nesse sentido, as modificações químicas dos nanotubos representam uma alternativa promissora.

III.2.1. Aplicações dos nanotubos em catalise

As nanofibras de grafite ou nanofilamentos e nanotubos de carbono, também têm sido consideradas como nanomateriais promissores para emprego como suportes ou como catalisadores.

O grande potencial do emprego de nanotubos e nanofibras de carbono, como suportes e como catalisadores, se deve às suas propriedades eletrônicas, adsorptivas, mecânicas e térmicas. Numerosos estudos foram conduzidos abordando as propriedades eletrônicas dos nanotubos de carbono, enquanto as nanofibras são freqüentemente consideradas como substratos condutores, que podem exercer perturbações eletrônicas similares àquelas da grafite.

Quando usados nos processos catalíticos, esses suportes condutores apresentam grandes diferenças em relação ao carvão ativado; a principal delas é a

interação com os metais de transição, uma vez que os sítios de ligação dependem da estrutura do suporte.

No que se refere às propriedades adsorptivas, deve-se considerar a superfície interior e exterior dos nanotubos. Além disso, a curvatura das camadas de grafenos pode resultar em um calor de adsorção mais baixo, em relação àquele de uma camada plana. [2]

Muitos estudos destacam a natureza porosa desses materiais. Os poros de um nanotubo de paredes múltiplas podem ser divididos em cavidades internas de pequenos diâmetros (na faixa de 3 a 6 nm, em uma distribuição estreita de tamanhos) e em agregados de poros (na faixa de 20 a 40 nm, em uma distribuição larga de tamanhos), formados pela interação de nanotubos de paredes múltiplas; este último desempenha um papel mais relevante na adsorção.

Os nanotubos e nanofibras de carbono têm sido extensivamente estudados como suportes catalíticos em diversas reações, tais como a hidrogenação do buteno, a decomposição do óxido de nitrogênio, a hidroformilação do etileno, a desidrogenação do ciclo-hexanol, a reação do n-hexano, a oxidação do metanol, a decomposição do metano e na desidrogenação oxidativa do etilbenzeno para produzir estireno. [2]

Em particular, os nanotubos de paredes múltiplas e as nanofibras, quando utilizados para catalisar reações em fase líquida, apresentam a vantagem de diminuir significativamente as limitações de transferência de massa, em relação aos carvões ativados, devido à sua elevada área superficial específica e mesoporosidade. Entretanto, foram publicados poucos trabalhos abordando catalisadores baseados em nanotubos de paredes múltiplas, devido à sua microporosidade e à dificuldade de obter grandes quantidades do material puro, de modo a permitir estudos de catálise.

III.2.2 – Outras aplicações dos NC na indústria química

O desenvolvimento de sistemas para a remoção dos óxidos de nitrogênio (NO_x) das emissões originadas pela queima de combustíveis fósseis é um tema bastante estudado atualmente. O principal objetivo desse tipo de pesquisa é encontrar adsorventes adequados, isto é, que possam liberar NO, seja pelo aumento da temperatura ou pela diminuição da pressão, para a conversão em N_2 .

Nesse sentido, atualmente os materiais mais promissores são os carvões ativados e funcionalizados com grupos FeO(OH). No entanto, pesquisas descobriram que NC possuem propriedades superiores na adsorção de NO_x , especialmente em

condições de baixas pressões parciais, onde os materiais convencionais apresentam desempenho pouco satisfatório.

Na área da biotecnologia, o objetivo desses estudos é a imobilização de proteínas e enzimas, etapa fundamental para o desenvolvimento de tecnologias de biosensores e bioreatores. Em vários casos obteve-se sucesso, como, por exemplo, a imobilização de metalotioneína (Zn_2Cd_5) extraída de fígado de coelho, citocromo C (extraído de coração de cavalo) e β -lactamase, extraído de *Bacillus cereus*.

A imobilização das proteínas ocorre no interior dos NC, na forma de monômeros, dímeros e oligômeros. É interessante notar que uma parcela dos nanotubos apresenta condutividade metálica, característica que em combinação com a seletividade por tamanho e com a forte interação proteína/suporte aponta para biosensores potenciais. [19]

Os NC também têm sido aplicados na área ambiental, pois apresentam capacidade excepcional e alta eficiência de adsorção na remoção de chumbo de meio aquoso. A adsorção é influenciada pelo pH da solução e também pela presença ou não de grupos funcionais na superfície dos NC, que pode ser controlada por tratamentos químicos e térmicos. Resultados já mostram sua eficácia na adsorção de Pb^{2+} .

Estudos na área atestam a grande aplicabilidade dos NC na área de remediação. [22]

No setor de armazenamento de hidrogênio, o objetivo principal é o desenvolvimento de um material de baixo custo para armazenamento de hidrogênio, com capacidade maior que 5% em peso, segundo normas do Departamento de Energia do Governo dos Estados Unidos. Além disso, esse material deve ser estável ao longo da ciclagem de hidrogênio e possuir características termodinâmicas e cinéticas adequadas tanto para o transporte como para o desenvolvimento de dispositivos portáteis, os quais poderiam ser aplicados para mover veículos com células a combustível, por exemplo.

Os nanotubos de carbono podem ser modificados para armazenar grandes quantidades de hidrogênio à temperatura ambiente. É interessante notar que o meio mais promissor para o armazenamento de hidrogênio são os NCPS, nanotubos de carbono de parede simples, difíceis de serem obtidos em grandes quantidades, mas cujas modificações químicas são bastante promissoras. Naturalmente isso não exclui os estudos voltados para a avaliação das propriedades de armazenamento dos NCPM, nanotubos de carbono de parede múltipla. [19]

III.3 - Dendrímeros

Dendrímeros são moléculas construídas através de crescimento radial, às camadas, de forma repetitiva, a partir de um núcleo polifuncionalizado, sendo o número de unidades de monômeros incorporado a cada camada sucessivamente dobrado ou triplicado em relação ao do ciclo anterior. A estrutura dendrítica resultante é altamente ramificada e com um grande número de grupamentos funcionais na superfície.

Geralmente são formados por moléculas poliméricas, tal estrutura permite a incorporação de moléculas, podendo ser utilizados, por exemplo, em sistemas de liberação de fármacos. Além disso, podem aprisionar metais, tendo aplicações no tratamento de água, onde são posteriormente removidos por processos de ultra-filtração.

Os dendrímeros também têm um potencial grande em eletrônica, além de aplicações envolvendo fotocatalisadores e sensores. A aplicação potencial em tantos campos diferentes faz dos dendrímeros um dos mais atrativos tipos de nanomateriais.

[3]

A Figura 10 a seguir apresenta algumas estruturas moleculares dos dendrímeros.

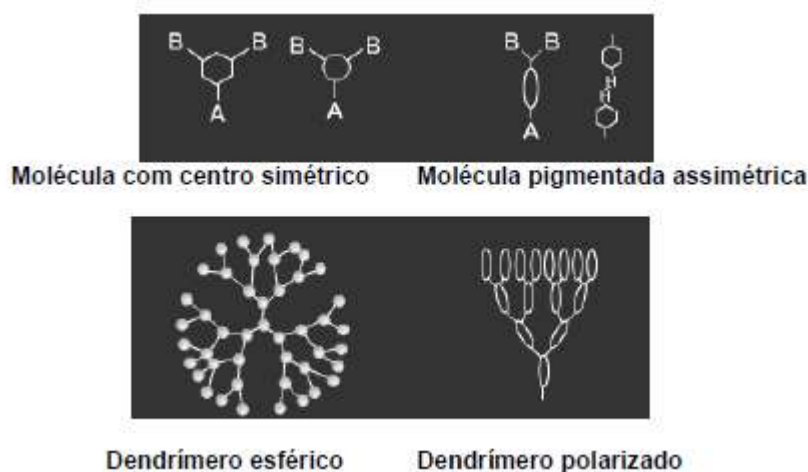


Figura 10 – Estrutura molecular dos dendrímeros. [3]

III.3.1 - Aplicações em embalagens e membranas

Dendrímeros têm sido usados para desenvolver embalagens ativas e inteligentes. As embalagens modernas de alimentos, mais do que formar uma mera barreira para protegê-los do ambiente externo, vão interagir com os próprios produtos para conservar suas qualidades nutricionais, sensoriais e microbiológicas.

Atualmente, já é possível contar com embalagens ativas que contém aditivos adsorvedores de oxigênio, aumentando o tempo de conservação do alimento. O aditivo é incorporado ao polímero numa camada intermediária e absorve o oxigênio residual na embalagem ou que nela consiga permear durante a estocagem.

Também já é possível incorporara agentes antimicrobianos destinados a alguns produtos específicos como os carnes. O aditivo interage diretamente com o produto e inibe o crescimento microbiano. Como a liberação se dá aos poucos, durante o tempo de validade, quanto antes se der o consumo, menor a dosagem de aditivo.

As embalagens inteligentes permitem obter informações sobre o que está ocorrendo com o produto, como por exemplo, incorporando ao filme ativo um indicador de presença de oxigênio. [31]

A membrana é uma barreira seletiva, uma espécie de filtro em nível molecular, que pode ser também de material cerâmico, metálico ou mesmo de vidro.

Na indústria alimentícia, as membranas têm aplicações na concentração de leite, de soro de queijo e na clarificação de sucos. Na indústria química e farmacêutica, para a separação de gases, recuperação de lignosulfonatos, desidratação de etanol, purificação de enzimas e proteínas e produção de água ultrapura. Na medicina, para hemodiálise (rim artificial) e oxigenação do sangue em cirurgias (pulmão artificial).

Na indústria têxtil, para recuperação de insumos como gomas e corantes, que têm impacto ambiental. Servem para o próprio tratamento de água e de efluentes.

Os processos com membranas ocorrem à temperatura ambiente e, muitas vezes, em pressões baixas, como na microfiltração. Além de serem menos intensivos energeticamente, protegem as espécies sensíveis da degradação térmica, tais como vitaminas, enzimas e microorganismos. [31]

III.4 - Nanotecnologia aplicada a metais

Os metais apresentam propriedades que podem ser mudadas dependendo de sua pureza ou mistura com outros metais a nível molecular para criar as ligas metálicas.

Pesquisas com metais têm sido feitas nas seguintes áreas:

- purificação de metais para criar metais com propriedades condutoras, térmicas, magnéticas dentre outras, que são impossíveis de obter com os metais convencionais;

- redução e homogeneização do tamanho de cristais (ou grãos) para melhorias exponenciais na força, flexibilidade, resistência à corrosão e outras propriedades;
- dopagem com nanopartículas para controle das propriedades de metais.

A nanotecnologia em metais aparece como uma área em expansão e abre uma ampla faixa de possibilidades para o uso de metais. Veja abaixo exemplos da variedade de estruturas que podem ser empregadas para a produção desses novos produtos. [3]

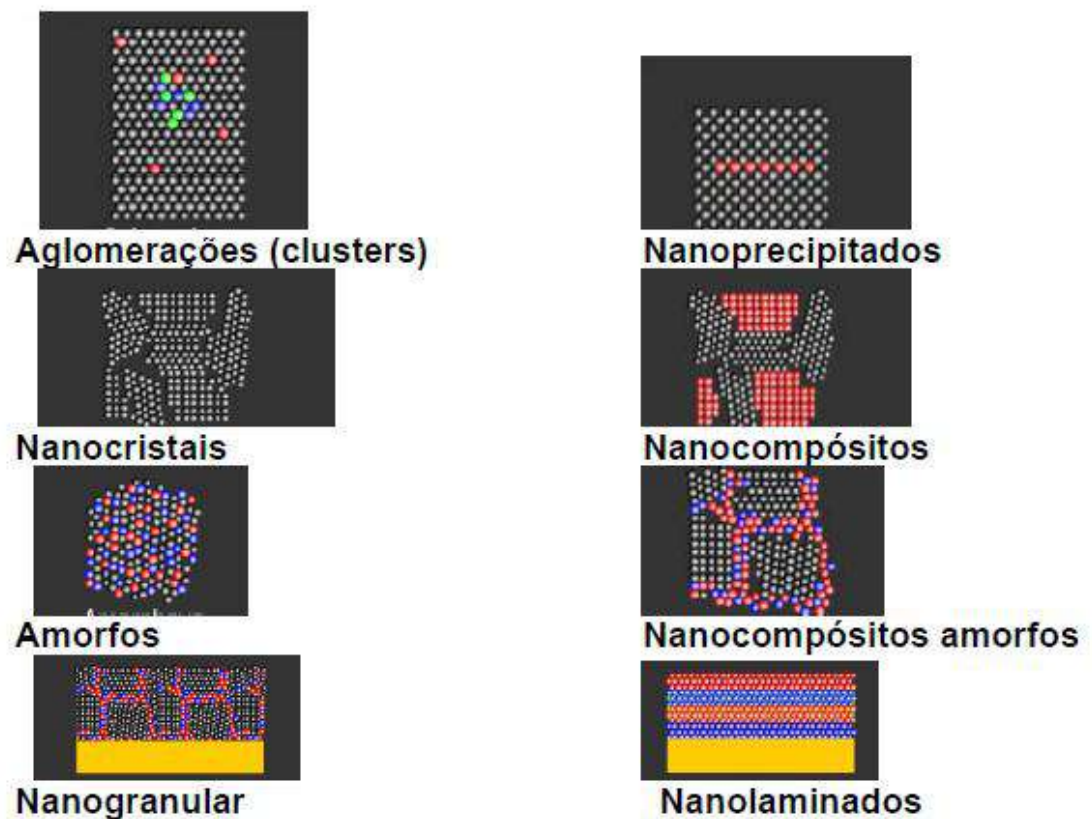


Figura 11 – Estruturas dos novos metais. [3]

III.5 - Nanobiotecnologia

A nanobiotecnologia refere-se à interação da biotecnologia e da nanotecnologia, ambas as linhas de pesquisa recentes, apresentando enormes inovações e potencialidades. A nanobiotecnologia pode ser definida como o estudo, processamento, fabricação e desenho de dispositivos orgânicos, nanomateriais para atuação biológica, nos quais pelo menos um componente funcional possui tamanho nanométrico.

As ciências físicas têm contribuído neste contexto, uma vez que oferecem ferramentas para síntese e fabricação de equipamentos para medir as características de células e de componentes subcelulares, além de fornecerem materiais úteis em biologia celular e molecular. A biologia representa as mais sofisticadas estruturas existentes, tais como movimento: flagelos; informação: DNA; catálise: enzimas; isolantes elétricos: mielina; reconhecimento molecular: anticorpos, etc.

Através da nanobiotecnologia será possível obter diagnósticos prematuros conquistando melhores resultados finais. A nanobiotecnologia também se mostra promissora em aumentar a eficiência do processo de desenvolvimento de fármacos, o que a inclui no grande setor da indústria química.

Algumas áreas da nanobiotecnologia são de grande importância, tais como a nanomedicina, biologia molecular e genética; a física-médica (diagnóstico); o desenvolvimento de nanofármacos, fármacos encapsulados; nanocosmofarmacêutica, cosméticos com efeitos farmacológicos consideráveis. ⁽³⁾

Alguns exemplos de materiais nanobiotecnológicos são apresentados nas Figuras 12 e 13 a seguir.

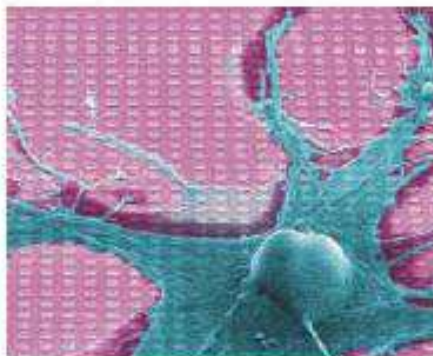


Figura 12 – Crescimento de neurônios em chips. [3]

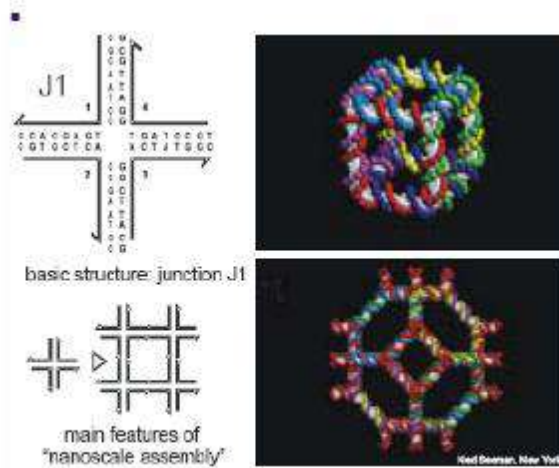


Figura 13 – Manipulação de DNA. [3]

Há, também, uma área ainda incipiente da nanotecnologia, denominada nanotecnologia molecular ou nanofabricação (“nanomanufacturing”), que almeja o desenvolvimento de sistemas nanométricos auto-replicantes (nano-robôs ou “nanobots”) capazes de fabricar, sob medida, materiais ou objetos através da manipulação da matéria a nível molecular. [7]

III.5.1 – Sistemas de liberação controlada

A tecnologia de liberação controlada caracteriza o sistema capaz de prover algum controle terapêutico, seja de natureza temporal, espacial ou ambos. Quando o veículo empregado promove apenas uma liberação em tempo prolongado podemos denominar como “liberação sustentada”. Tal tecnologia envolve diferentes aspectos multidisciplinares e pode contribuir muito para o avanço da saúde humana. Os sistemas de liberação oferecem inúmeras vantagens quando comparados a outros de dosagem convencionais, tais como:

- Maior eficácia terapêutica, com liberação progressiva e controlada do fármaco.
- Diminuição significativa da toxicidade e maior tempo de permanência na circulação.
- Natureza e composição dos veículos, além de proteção contra mecanismos de instabilidade e decomposição do fármaco (inativação prematura).
- Administração segura, sem reações inflamatórias locais.
- Diminuição do número de doses devido à liberação progressiva,
- Possibilidade de direcionamento a alvos específicos.

Essa abordagem da nanotecnologia para a veiculação inclui aplicações importantes da ciência de colóides nas suas mais variadas formas, como emulsões múltiplas e inversas, micro e nanogéis, lipossomas, micro e nanopartículas poliméricas biodegradáveis, nanopartículas lipídicas sólidas etc.

A utilização destes sistemas em liberação controlada de fármacos envolve um amplo campo de estudos e tem reunido muitos esforços, atualmente, na área de nanopartículas. Estes esforços estão representados pelas novas estratégias para a veiculação de ingredientes ativos, os quais incluem aplicações importantes das ciências de polímeros, de surfactantes e de colóides.

III.5.2 – Sistemas de nanoencapsulamento de fármacos

As aplicações das nanopartículas no encapsulamento de fármacos têm se destacado nas últimas décadas devido à possibilidade da redução da toxicidade de drogas, liberação sustentada, além de aumento da eficácia do medicamento, diminuindo as quantidades terapêuticas necessárias. Além disso, esses sistemas nanoestruturados mostram propriedades interessantes devido à possibilidade de passagem de barreiras celulares por endocitose ou fagocitose em leucócitos, monócitos, macrófagos e outras células do organismo endotelial.

A nanotecnologia farmacêutica teve início em meados da década de 1970 com os lipossomas como carregadores de fármacos hidro ou lipofílicos. Em 1980 surgiram as nanopartículas poliméricas carreadoras de fármacos lipofílicos, principalmente empregando polímeros biodegradáveis. Na década de 1990 surgiram as nanopartículas lipídicas sólidas. Cada um desses sistemas apresenta peculiaridades que devem ser consideradas na escolha do sistema de liberação. Alguns desses sistemas estão representados na Figura 14 a seguir.

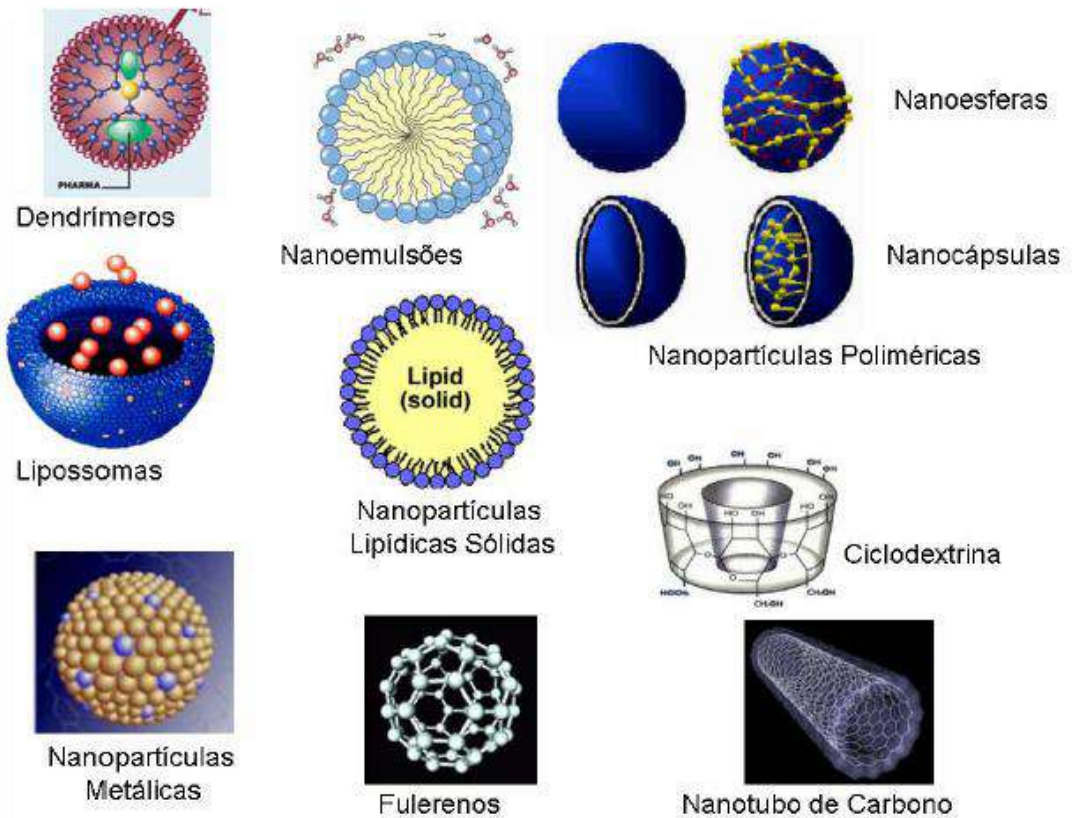


Figura 14 – Sistemas de nanoencapsulamento de fármacos. [3]

Esses novos sistemas carreadores têm levado ao desenvolvimento de vários fármacos para tratamento de câncer, e outras doenças atualmente sem cura. A preparação de nanopartículas no encapsulamento de fármacos pode incluir algumas moléculas que possuem receptores específicos em células no fígado, cérebro, ou mesmo em células cancerígenas, proporcionando uma liberação do medicamento em um alvo pré-definido.

III.6 – Nanocosméticos

A área de cosméticos vem empregando nanotecnologia em diversos produtos, como: partículas metálicas para aumento de brilho em maquiagens; nanoemulsões para cabelos, que são hidratantes mais promissores; proteção de ativos contra a degradação, por exemplo, no encapsulamento da vitamina C; liberação em camadas mais profundas da pele de ativos anti-rugas; melhoria da textura do creme e formação de um filme mais eficiente de protetores solar, como exemplo, o emprego de nanopartículas de dióxido de zinco.

No entanto, esses novos produtos devem ser cuidadosamente investigados antes da introdução no mercado, uma vez que, embora tais sistemas nanoparticulados possam apresentar benefícios, podem ter algum efeito danoso. As nanopartículas de dióxido de zinco em proteção solar, por exemplo, não devem penetrar até camadas mais profundas da pele, uma vez que poderia ocasionar reações inclusive de danos ao DNA. [3]

A Figura 15 a seguir ilustra algumas aplicações dos nanomateriais na área de nanocosméticos.



Figura 15 – Nanomateriais aplicados na Indústria Cosmética. [7]

Capítulo IV - Metodologia

IV.1 – Levantamento bibliográfico

O levantamento do estado da arte da área de nanotecnologia foi realizado por meio de busca em bancos de teses, projetos, publicações técnicas, periódicos, artigos científicos, meios de comunicação para leigos (jornais e revistas eletrônicos) e patentes relacionadas às palavras-chave escolhidas previamente.

A revisão bibliográfica foi realizada por meio de diversos bancos de dados, tais como *Science Direct*, portal Capes, Scielo, e em base de dados de patentes, tais como o USPTO – *United States Patent and Trademark Office* (escritório de marcas e patentes do governo americano). Outras informações importantes foram obtidas nos *sites* das empresas envolvidas no setor e nas publicações da Associação Brasileira da Indústria Química (ABIQUIM).

Os capítulos a seguir apresentam todos os resultados obtidos desse estudo, que se concentrou em analisar o histórico e a atual situação tecnológica e de mercado. Por fim, é apresentado o estudo de caso: “Nanomateriais no Brasil”, onde foi apresentado, apenas a título de ilustração, algumas conquistas de empresas brasileiras em nanomateriais.

IV.2 – Monitoramento tecnológico de grupos de pesquisa

Foi feito um estudo dos grupos de pesquisa existentes no Brasil, cadastrados na base de dados do CNPq. A pesquisa foi feita com base no censo de 2008, por ser o mais atual, e de acordo com as linhas de pesquisa, para que o maior número possível de grupos atuantes na área fosse encontrado.

Os critérios de pesquisa foram: nome do grupo; palavra chave da linha de pesquisa; nome da linha de pesquisa; objetivos da linha, que foram escolhidos de forma a tornar a pesquisa o mais abrangente possível.

IV.3 – Análise de patentes

A análise das patentes é baseada no modelo desenvolvido pelo IAD (Instituto Alemão de Desenvolvimento), aplicado a análises econômicas, entende-se a competitividade de forma sistêmica, considerando que a economia tem como base um suporte pluridimensional e multinível. O modelo considera quatro níveis de fatores que afetam a competitividade, descritos como: Nível meta; nível macro; nível meso e nível micro.

Nesse trabalho serão utilizadas apenas as análises macro, meso e micro, e algumas adaptações serão feitas para que essas análises sejam aplicadas as patentes.

O nível macro normalmente aplica-se a análise do sistema macroeconômico, no caso da análise das patentes será feita uma avaliação do setor através do avanço no tempo, distribuição por região, e principais instituições depositantes.

No nível meso são estudadas as políticas seletivas das empresas, envolvendo desde políticas sobre infra-estrutura até sobre pesquisa e tecnologia. Neste trabalho, o nível meso serviu para analisar a área de aplicação das patentes, assim, as patentes foram divididas em áreas como biotecnologia e catálise, permitindo analisar qual o nível de evolução de cada área.

Já ao nível micro são enfatizadas as melhores práticas organizacionais, ou seja, uma análise minuciosa das organizações é realizada a esse nível. E no caso das patentes foram analisadas as nanotecnologias utilizadas, a principal função de cada patente. Para isso, cada patente foi analisada e o seu foco determinado, por exemplo, algumas patentes tratavam do preparo de nanomateriais outras de eletrônica. [32]

Capítulo V – Resultados e discussão

A prospecção tecnológica e o monitoramento informacional são etapas fundamentais do processo de inteligência competitiva, sendo eles os principais meios para determinação das tendências de mercado.

A prospecção informacional possibilita o estabelecimento de um mapa inicial de fontes de informação e conhecimento essenciais a uma maior competitividade de um determinado setor. O mapeamento de dados, informação e conhecimento, são a bases dos sistemas de informação existentes, estabelecendo uma dinâmica na entrada dos dados, informação e conhecimento.

É importante notar que a etapa de monitoramento deve selecionar somente as informações de real relevância, assim como deve ser capaz de identificar novas oportunidades e sinais de mudança no ambiente.

V.1 – Monitoramento tecnológico de grupos de pesquisa

Pesquisando por “nanomateriais” encontrou-se um total de 60 linhas de pesquisa, que correspondem a 31 grupos de pesquisa, retiradas as repetições. E pesquisando por “nanotecnologia” encontram-se 128 linhas de pesquisa, que descartando as repetições correspondem a 58 grupos de pesquisa. Somando esses resultados, excluindo repetições, tem-se um total de 88 grupos de pesquisa atuantes no setor de nanomateriais e nanotecnologia, dentre os quais 10 não possuem aplicação direta na Indústria Química, os quais estão destacados em azul no anexo 1, mas por contribuir indiretamente serão considerados nas análises a seguir.

O gráfico a seguir, Figura 16, apresenta o número total de grupos de pesquisa criados em cada ano. Pode ser observado que houve um aumento da criação de grupos de pesquisa a partir de 2004, demonstrando maior interesse na pesquisa em áreas relacionadas à nanomateriais, que pode ser devido ao fato de que nessa época a área já era sabidamente de grande importância, o que reflete em maiores recursos para pesquisas.

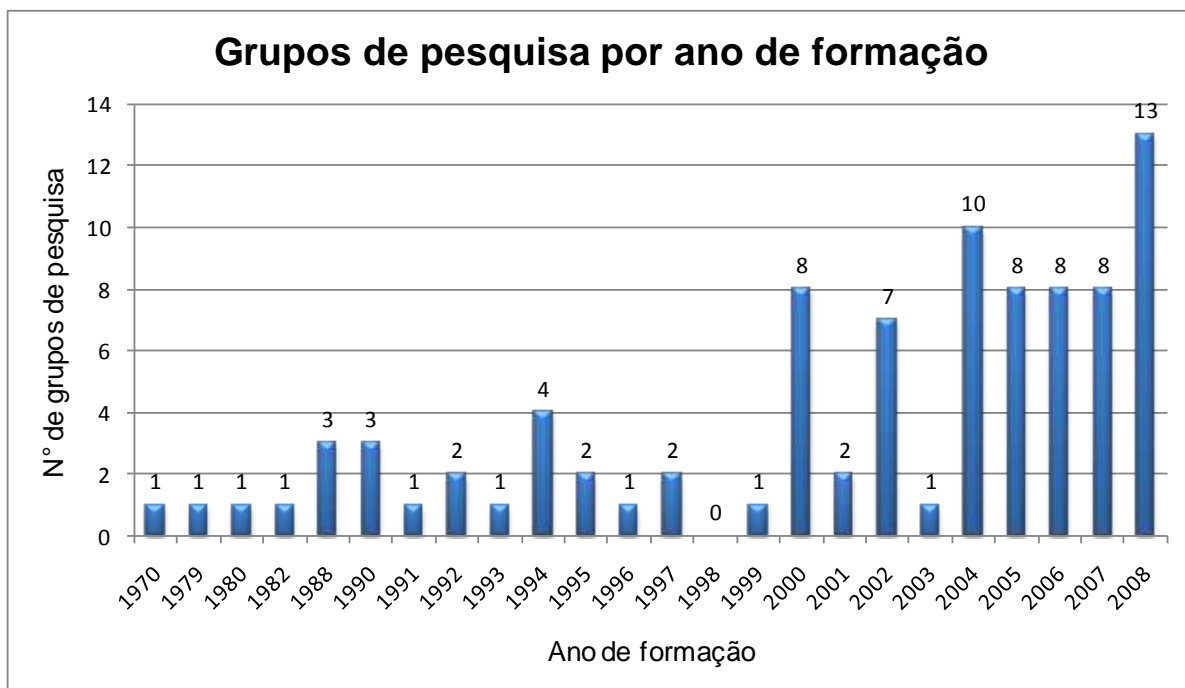


Figura 16 – Grupos de pesquisa por ano de formação

O gráfico a seguir, Figura 17, mostra as instituições que possuem mais grupos de pesquisa no setor.

As instituições que possuem apenas um grupo de pesquisa não foram consideradas no gráfico. São elas: UNIPAMPA; UNIFRAN; UEPB; UFRR; CTEX; UFSCAR; UNIFRA; UNIVASF; UEPG; UFG; UCP; UNIMEP; UEFS; CBFP; PUC/RJ; IEAv; UFPA; UEPA; UFBA; SOCIESC; UNIVAP; IFRJ; UFAM; UERJ; FURG; ITA; UFRGS; UNITAL; UFPEL.



Figura 17 – Número de grupos de pesquisa por instituição

Pelo gráfico nota-se que as instituições que mais se destacam são a USP e UFS, cada uma possuindo 8 grupos de pesquisa, seguida pela UFMG que possui 5 grupos de pesquisa.

Através desse resultado é possível avaliar os investimentos em pesquisa por região do país.

A região que mais detém grupos de pesquisa é a sudeste, o que já era esperado, pois é a região geoeconomicamente mais importante do Brasil.

Dados do IBGE atestam que o Sudeste é a região mais populosa e rica do Brasil, mesmo ocupando apenas 10,85% do território brasileiro. Altamente urbanizada (90,5%) a região abriga as três metrópoles mais importantes do país, as cidades de São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte, além de ser o maior colégio eleitoral do Brasil. [33]

Esses dados do IBGE corroboram o resultado obtido, quanto mais rica e industrializada é a região maior é o investimento em pesquisa e desenvolvimento. Isso mostra que a análise de grupos de pesquisa por região pode ser utilizada como uma ferramenta para auxiliar na avaliação do desenvolvimento de regiões.

V.1.1 – Produção científica - Publicações

Com o intuito de avaliar a produção científica por ano a Figura 18 apresenta a quantidade de publicações dos grupos de pesquisa para os anos de 2005 a 2008.

Para os grupos de pesquisa que foram criados depois de 2005, o censo CNPq considera as publicações bibliográficas em nome dos integrantes, que estejam dentro das linhas de pesquisa do grupo.



Figura 18 – Publicações científicas dos grupos de pesquisa de 2005 a 2008.

Nota-se que em 2006 o número de publicações foi maior. Mesmo assim, em todos os anos considerados a quantidade de publicações foi significativamente grande, o que confere com o resultado anterior que mostra uma maior movimentação do setor a partir de 2004 com a criação de novos grupos de pesquisa.

V.1.2 – Grupos de pesquisa por área de aplicação

Os grupos de pesquisa foram agrupados segundo a área de aplicação de suas linhas de pesquisa. Como um mesmo grupo pode trabalhar com diferentes linhas de pesquisa, em muitos casos um grupo se enquadrou em mais de uma área.

Nessa distribuição só foram considerados os grupos que efetivamente tinham linhas de pesquisa relacionadas à Indústria Química, ou seja, todos os grupos

contabilizados trabalham na área da Indústria Química, que para uma melhor avaliação, foi dividida em dez sub áreas.



Figura 19 – Número de grupos de pesquisa atuantes nas áreas de aplicação

A maioria dos grupos de pesquisa atua no desenvolvimento de nanomateriais, diretamente ligados a Indústria Química, a segunda aplicação de destaque, é a biotecnologia, que engloba biosensores, biopolímeros, entre outros. Esse resultado mostra que este ainda não é um setor “maduro”, pois a maioria das pesquisas está concentrada ainda no fabrico de nanomateriais, e não na preocupação de encontrar funcionalidade nesses novos materiais

V.2 – Monitoramento tecnológico de patentes

O monitoramento tecnológico foi realizado através do uso do banco de patentes da USPTO (*United States Patent and Trademark Office*), selecionando a opção das palavras - chave que constassem tanto do resumo como do título das patentes.

A Tabela 1 apresenta um resumo dos resultados obtidos.

Tabela 1: Monitoramento tecnológico das patentes na base USPTO.

Palavra chave	Campo	n° de patentes	Relevantes*
Nano	Titulo	703	
Nano	Resumo	1519	
Nano	titulo, resumo	483	
Nanomaterials	Titulo	25	24
Nanomaterials	Resumo	81	40
Nanomaterials	titulo, resumo	10	9
Nanotechnology	Titulo	42	22
Nanotechnology	Resumo	66	40
Nanotechnology	titulo, resumo	16	10

*Onde a relevância foi determinada de acordo com a aplicação na Indústria Química.

Devido o grande número de patentes não foi avaliada a relevância das patentes com palavra chave nano.

O gráfico a seguir apresenta o número de patentes encontrado por área de pesquisa, com as patentes que servirão de base para as análises a seguir. É importante ressaltar que toda a pesquisa foi feita com patentes já concedidas.

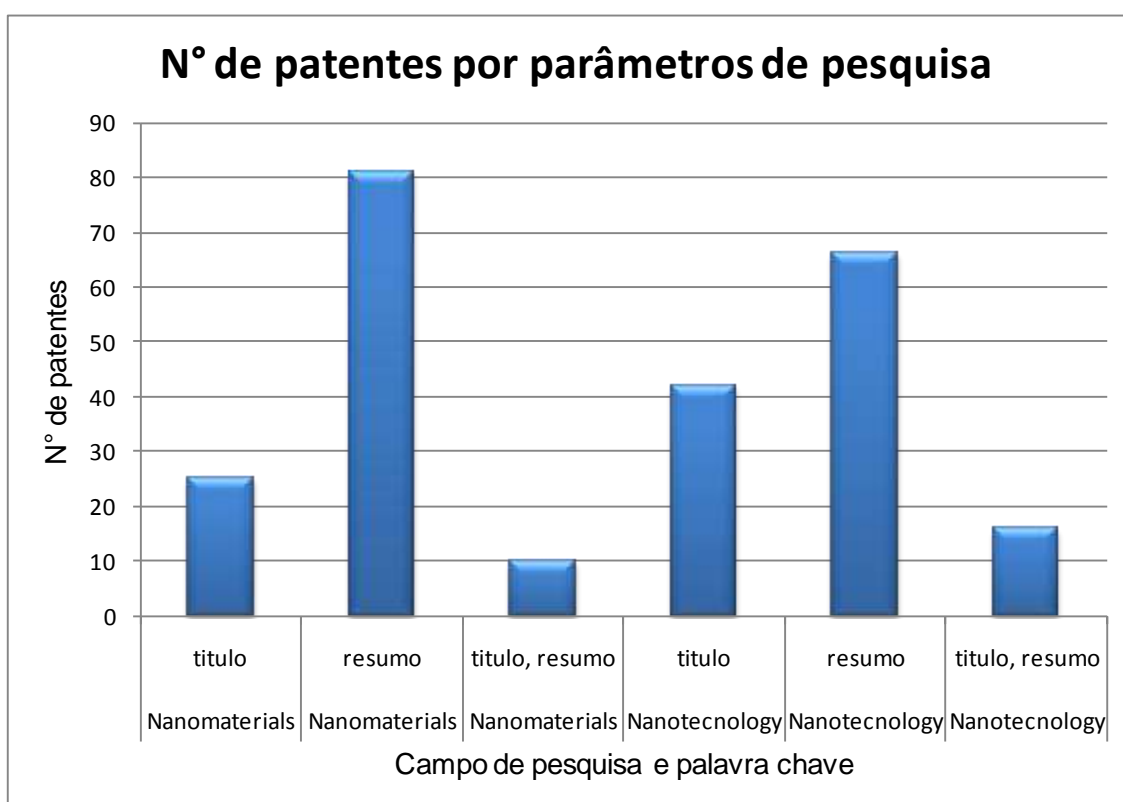


Figura 20 – Número de grupos de pesquisa atuantes nas áreas de aplicação

Ao total, retiradas as repetições foram encontradas 108 patentes. As análises a seguir são referentes a essas patentes, que são apresentadas no Anexo 3, que contem o nome, a numeração, ano de deposição, país e instituição depositante, e a classificação das áreas de aplicação e das nanotecnologias usadas.

V.2.1 - Análise macro

Com a análise macro é possível analisar o cenário geral dos nanomateriais aplicados à indústria Química, através de parâmetros como ano de deposição e instituições depositantes.

A Figura 21 apresenta o número de patentes concedidas por país depositante, que aponta os Estados Unidos da América como o principal país depositante. Como o estudo foi feito na base de dados americana, isso pode ter influenciado o resultado, ou seja, outros países podem ter mais patentes depositadas em outras bases. Países europeus, por exemplo, podem ter um número maior de patentes na base de patentes europeia, o European Office Patent, na base utilizada apenas a França representa o território europeu, com uma patente, o que indica que deve haver outras patentes de países europeus em outras bases, uma vez que a Europa, no geral, tem bom desenvolvimento, e investe em pesquisa e desenvolvimento.

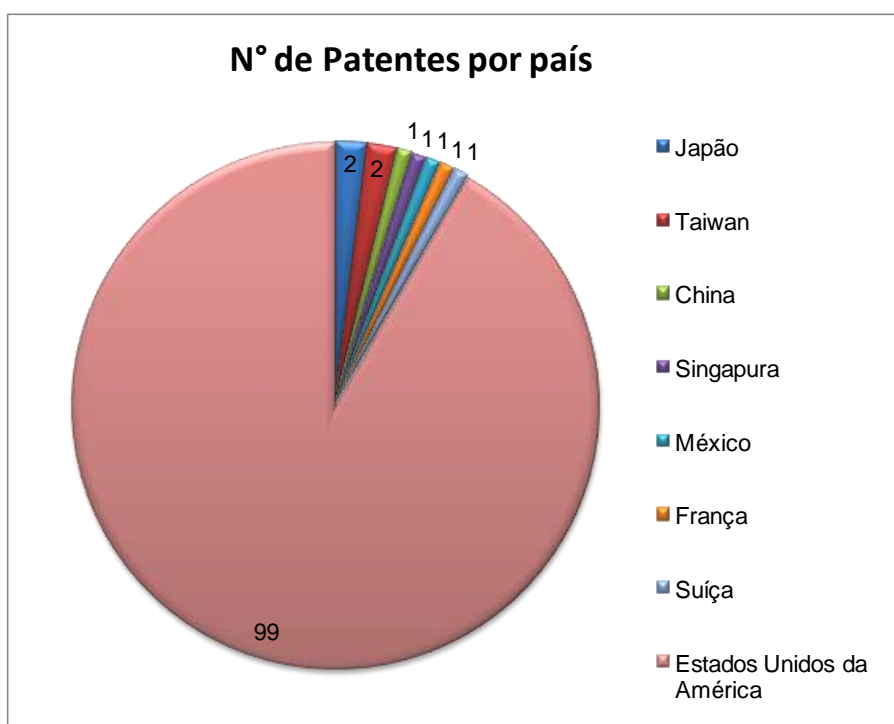


Figura 21 – Número de patentes depositadas por país

Devido ao grande número de patentes depositadas pelos Estados Unidos, uma análise do número de patentes depositadas por estado foi feita, permitindo uma ideia das áreas de maior desenvolvimento do país. É uma análise interessante para avaliar as áreas que devem receber mais investimentos para que não haja um crescimento desigual no país. Assim, seria interessante, fazer o levantamento na base de dados nacional, INPI, para que a mesma análise fosse feita.

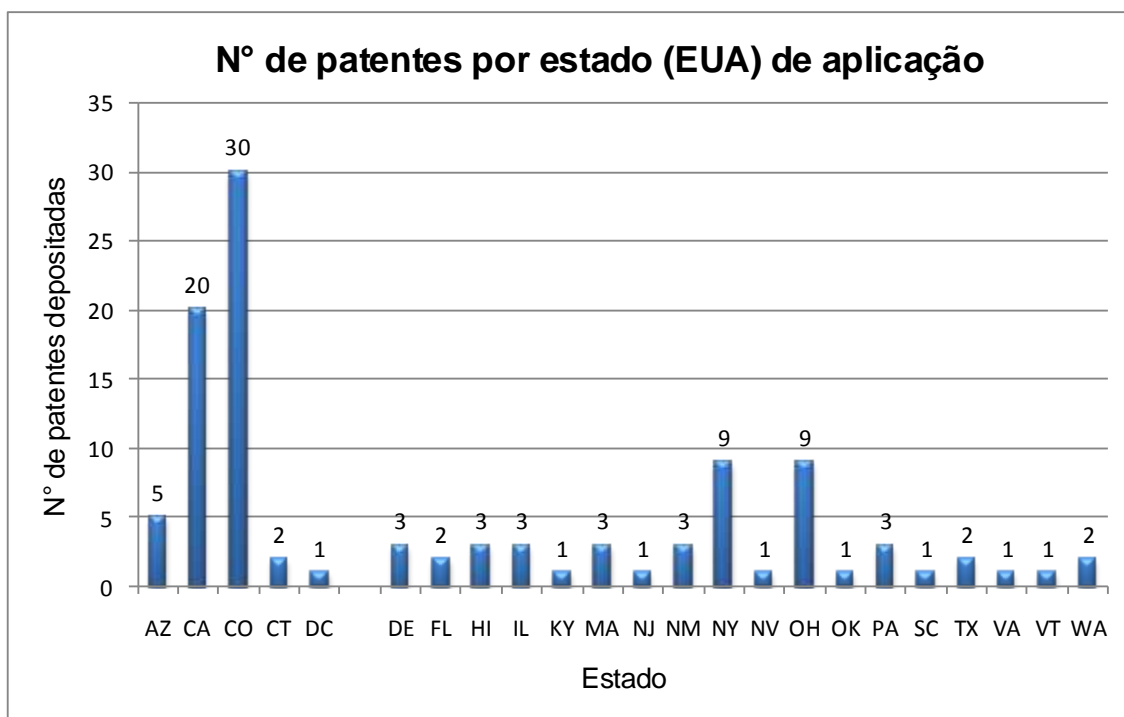


Figura 22 – Número de patentes depositadas por estado dos EUA

Pelo gráfico nota-se que os dois estados mais expressivos são Colorado e Califórnia, resultado compatível com a situação financeira desses estados, superior a dos outros.

A análise por ano de deposição fornece uma ideia de como está se desenvolvendo o setor no tempo. O gráfico a seguir apresenta o total de patentes depositadas ao longo dos anos.

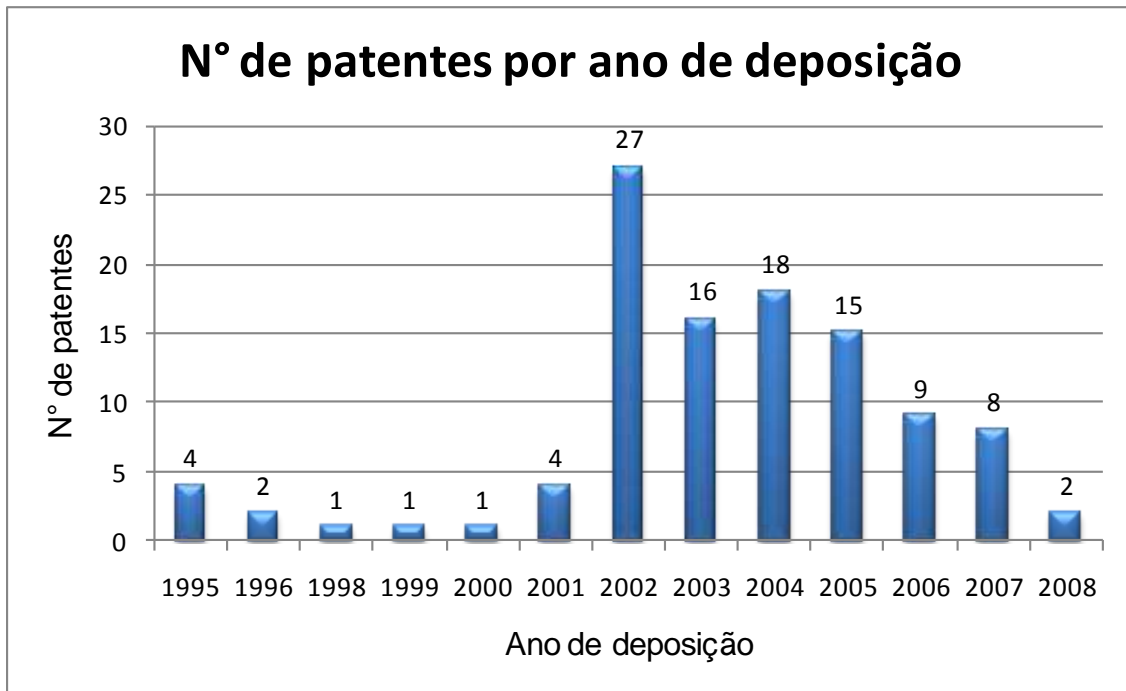


Figura 23 – Número de patentes depositadas por ano de deposição.

O setor teve um crescimento acelerado em 2002, manteve um nível mais comportado entre 2003 e 2005, e teve uma queda significativa em 2008, fruto da crise que atingiu o país, Estados Unidos da América, o maior depositante de patentes na base USPTO, como visto anteriormente. Com a crise os investimentos em pesquisa e desenvolvimento sofreram uma grande queda, que pode ser sentida no número de patentes concedidas.

Foi realizada também uma análise do número de patentes por tipo de instituição depositante: universidade, empresa, pessoa física ou instituição de pesquisa. Com o gráfico a seguir é possível observar que as empresas são as maiores depositantes, seguida das instituições de pesquisa e universidades. Esse resultado aponta a necessidade em aumentar a integração entre as empresas e as universidades e instituições de pesquisa, pois sendo essas as maiores detentoras do conhecimento a união seria proveitosa e permitiria um crescimento das tecnologias na área.

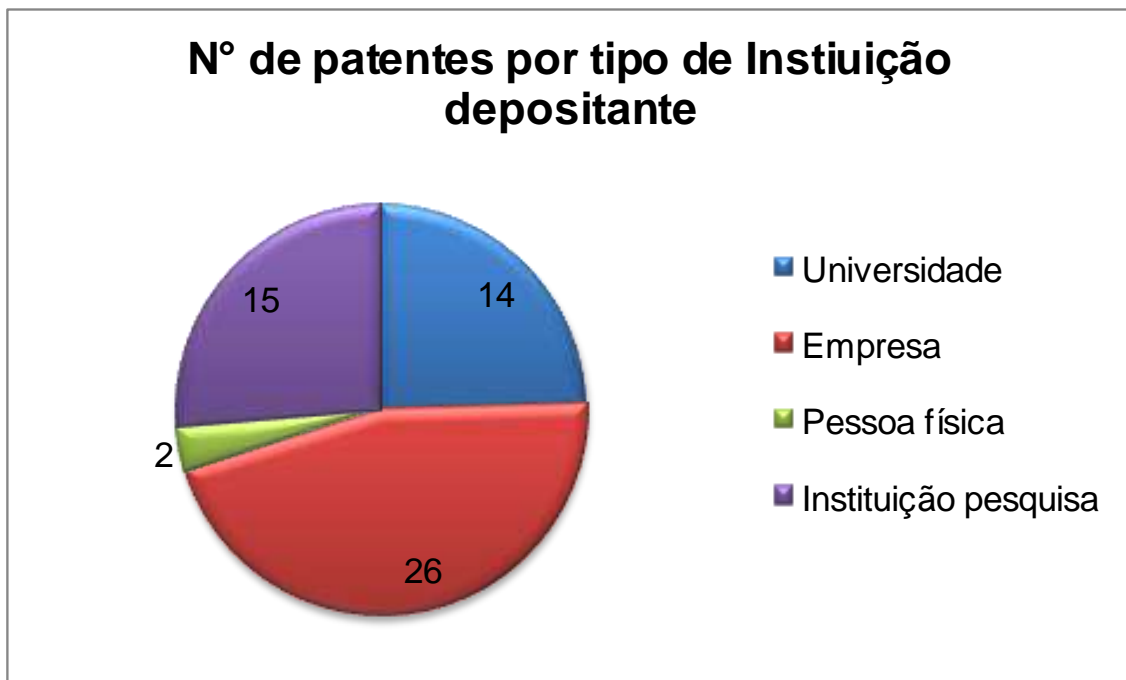


Figura 24 – Número de patentes depositadas por tipo de instituição.

Uma análise dos principais depositantes de patentes também foi realizada, no gráfico a seguir apresenta-se o número de patentes depositadas por instituição depositante. As instituições com apenas uma patente não foram consideradas nessa análise.

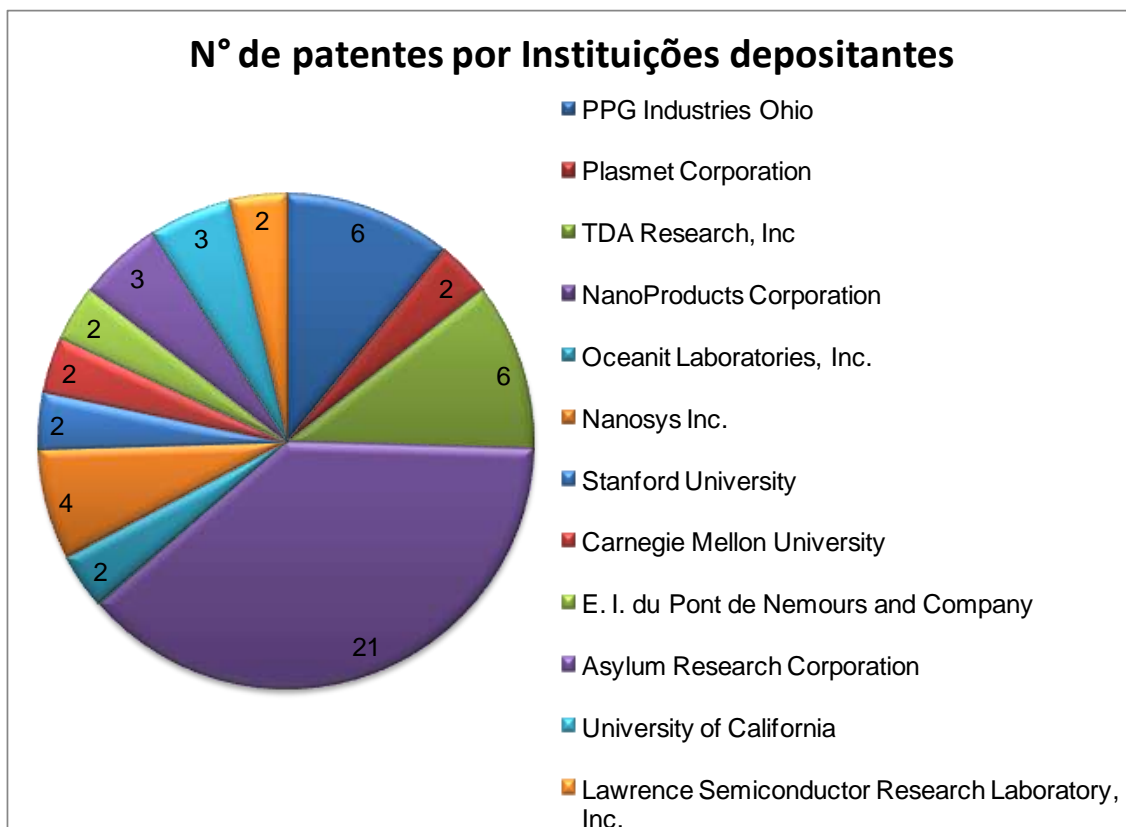


Figura 25 – Número de patentes depositadas por instituição.

Através desse gráfico, Figura 25, nota-se que a NanoProducts Corporation é a gigante da área. No início de 2008 a PPG Industries adquiriu os ativos e a propriedade intelectual da NanoProducts Corporation, que desenvolvia nanoproductos e nanotecnologias.

A NanoProducts Corporation detém uma extensa propriedade em termos de patente e opera instalações em escala piloto para o desenvolvimento e fabricação de nanopartículas dos melhores existentes. Com essa aquisição a PPG Industries passou a ter uma força muito significativa na área, sendo atualmente a líder mundial em materiais nanoengenhierados. [23]

V.2.2 – Análise meso

Na análise meso é possível ter uma melhor idéia dos nanomateriais aplicados a Indústria Química, Nessa análise a Indústria química é dividida em setores, o que permite avaliar quais setores estão sendo mais desenvolvidos no momento, e quais precisam de maiores incentivos, o que será analisado pelo número de patentes por área de aplicação, onde as áreas de aplicação são os setores em que foi dividida a

Indústria Química, são eles: argilas; biotecnologia; catálise; cerâmicas; compósitos; farmácia; meio ambiente; nanomateriais; nanomateriais de carbono e polímeros.

No setor de nanomateriais foram agrupados todos os nanomateriais que não se aplicavam a argilas, cerâmicas, compósitos e polímeros. E o setor de nanomateriais de carbono engloba todos os nanomateriais baseados em carbono, como nanotubos de carbono, nanofios de carbono e fullerenos.

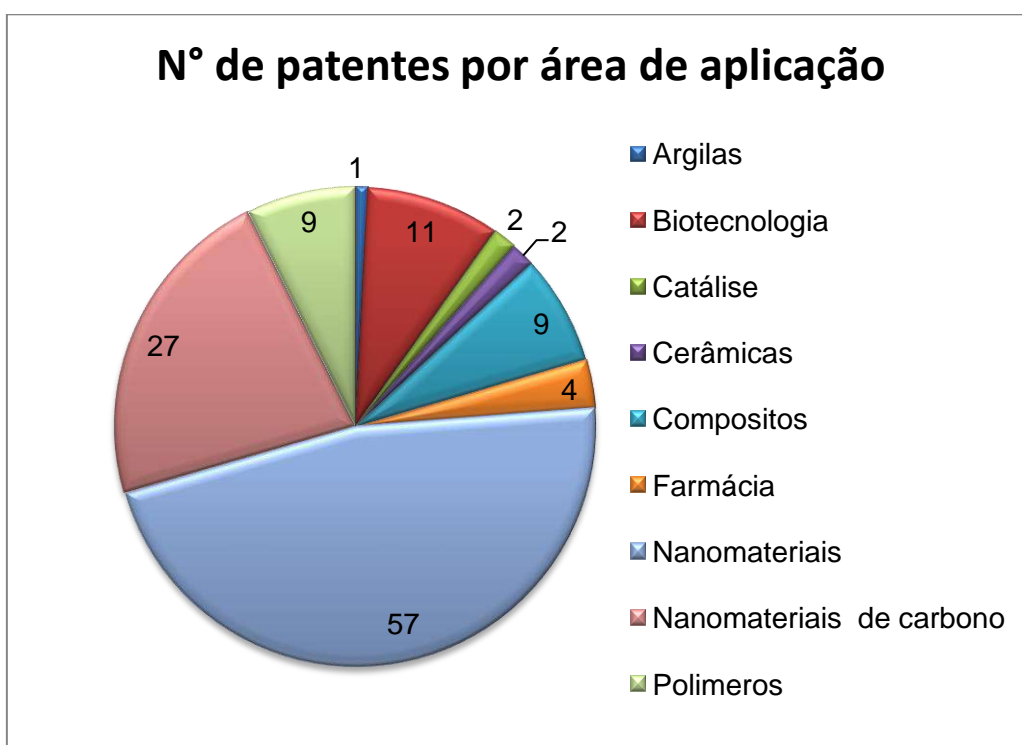


Figura 26 – Número de patentes depositadas por área de aplicação.

A partir do gráfico verifica-se que o maior número de patentes se encontra na área de nanomateriais, seguida por nanomateriais de carbono, nota-se também que com os parâmetros de pesquisa na base de dados utilizada não se encontrou nenhuma patente na área de meio ambiente.

Com esse resultado fica claro que a pesquisa no setor é mais dedicada a fabricação de nanomateriais de um modo geral, ou seja, ainda não há uma diversificação suficiente na área, as pesquisas ainda estão em fase inicial e tempo e investimentos ainda serão necessários para desenvolver as outras áreas.

V.2.3 – Análise micro

A análise micro permite determinar, através da análise de cada patente encontrada, quais nanotecnologias estão sendo produzidas na área, ou seja, o que no momento está sendo mais pesquisado, por exemplo, encapsulamento de nanomateriais, nanomateriais para eletrônica ou para energia. Assim, é possível avaliar o cenário atual e prever as tendências tecnológicas.

O gráfico a seguir apresenta o número de patentes por nanotecnologia.

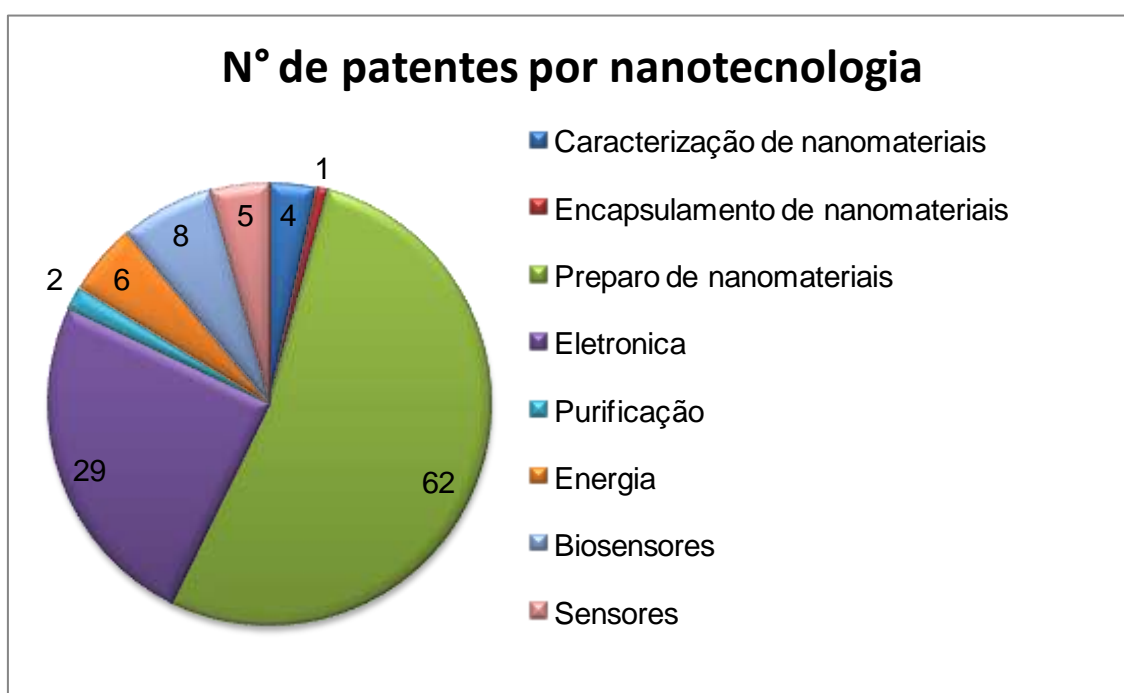


Figura 27 – Número de patentes depositadas por nanotecnologia.

É importante ressaltar que algumas patentes foram enquadradas em mais de uma nanotecnologia, por exemplo, em algumas patentes apresentou-se uma forma de preparo de nanotubos de carbono e descreveu-se uma aplicação específica em eletrônica, assim essa patente, segundo a metodologia usada, entraria na contagem das categorias: preparo de nanomateriais; nanomateriais de carbono e eletrônica.

Analisando o gráfico conclui-se que atualmente as patentes estão direcionadas para o preparo de nanomateriais, alguns sem aplicação específica ainda. E depois de preparo de nanomateriais a principal aplicação é na eletrônica. O fato do setor apresentar muitas patentes com nanomateriais sem aplicação definida corrobora os resultados obtidos anteriormente, e leva a mesma conclusão de que o setor ainda está iniciando.

Algumas dessas tecnologias podem ser correlacionadas com a área de aplicação, análise meso, como no caso das patentes relacionadas a eletrônica, que estão associadas, principalmente, a área de nanomateriais de carbono, pois como foi apresentado anteriormente, uma das principais aplicações dos nanotubos de carbono é a eletrônica. Assim como o encapsulamento de nanomateriais pode ser relacionados à área farmacêutica, pois um grande interesse do encapsulamento dos nanomateriais é a produção de novos remédios. Outra correlação que pode ser feita é a de biosensores que são enquadrados na área biotecnológica.

Capítulo VI – Nanomateriais no Brasil

Um dos objetivos desse projeto era realizar estudos de caso com empresas. Analisando dados importantes tais como investimentos em P&D, setores principais da P&D, resultados como materiais desenvolvidos, patentes depositadas, artigos publicados, aceitação desses produtos no mercado, avaliando volume de venda por produção e por região de consumo, lucros, etc.

As informações a seguir apresentam novos materiais, nanomateriais ou materiais obtidos através de nanotecnologia, que já estão inseridos no mercado brasileiro ou serão lançados em breve.

Antes de citar alguns exemplos cabe lembrar que nem todo produto que contém o prefixo nano no rótulo é, de fato, nanotecnológico. Por outro lado, um produto pode conter nanopartículas e não informar isso em seu rótulo. Como ainda não existe um amplo conhecimento do que seja nanotecnologia por parte de consumidores, as empresas usam ou não o prefixo nano de acordo com seus interesses. Assim, elas podem omitir o termo se acharem que ele não vai agradar gerando desconfiança do consumidor quanto a possíveis riscos e utilizá-lo quando julgarem que ele aumenta o valor do produto percebido pelo consumidor.

Seguem, então, alguns exemplos de iniciativas brasileiras de inovação na área.

- O cosmético Vitactive Nanoserum Anti-sinais, do Boticário, tem “nanotecnologia avançada”, o que confere ao produto “uma distribuição mais homogênea e eficaz dos ingredientes ativos nas camadas da pele.” **[34]**
- A Tavex, antiga Santista, lançou a etiqueta NanoComfort, que identifica tecidos com nanotecnologia. Estes apresentam características como absorção e secagem mais rápida do suor, resistência a manchas e propriedades antimicrobianas. **[35]**
- A Suzano Petroquímica, atual Braskem, lançou um polipropileno nanoestruturado com prata, o que lhe confere propriedade antimicrobiana. Também está em desenvolvimento pela empresa uma tecnologia de nanopartículas de cerâmica agregadas ao polipropileno, o que aumenta a rigidez do material e sua capacidade de bloquear a passagem de gases. Além disso, a Suzano tem um projeto que visa a um material antichama. **[25]**

- A empresa mineira Suggar colocou no mercado brasileiro em 2007 a primeira máquina de lavar com nanotecnologia, que promete deixar as roupas mais limpas, livres de bactérias. Isso porque a máquina é fabricada com o polipropileno nanoestruturado com prata fornecido pela Suzano. **[36]**
- A Incrementha – fruto da parceria dos laboratórios farmacêuticos Biolab e Eurofarma para promover o desenvolvimento e a inovação tecnológica de medicamentos – produziu um anestésico de uso tópico com nanotecnologia, chegou ao mercado no início de 2009. Os benefícios esperados do anestésico, que dispensa as agulhas, incluem diminuição da dose, maior rapidez de ação e prolongamento dos efeitos terapêuticos. O novo analgésico foi desenvolvido na UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul), resultado de uma parceria Universidade - Empresa. **[38]**
- A Taiff tem um secador de cabelos com nanotecnologia Nanox Clean. De acordo com a empresa, o aparelho Taiff Titanium contém nanopartículas de titânio que combatem bactérias e fungos e proporcionam um jato de ar mais puro, uma secagem mais higiênica e cabelos mais limpos. **[37]**
- Este ano, 2010, a Contech Produtos Biodegradáveis, de Valinhos, no interior paulista, lançou no mercado duas tecnologias de descontaminação ambiental, uma para tratamento de efluentes e outra para eliminação de compostos tóxicos em solos, desenvolvidas por pesquisadores da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). O primeiro, uma espécie de argila, que funciona do mesmo modo que uma "esponja" retém resíduos da indústria de papel e celulose e corantes têxteis. O outro acelera a degradação de material contaminado, por exemplo, no terreno de postos de gasolina onde houve vazamento de combustível no solo. Os dois produtos tiraram proveito da composição de materiais nanoparticulados, capazes de absorver resíduos e materiais tóxicos e poluidores. **[35]**
- Este ano, 2010, a Biolab Farmacêutica lançou no mercado o Photoprot - segundo o seu diretor o primeiro de uma geração de produtos à base de nanotecnologia. Trata-se de um fotoprotetor contendo nanocápsulas, fruto de uma parceria entre a empresa e a Universidade Federal do Rio Grande do Sul. O produto foi desenvolvido pelo grupo da professora Sílvia Guterres, coordenadora da Rede Nanocosméticos, talvez a mais bem-sucedida das redes criadas com

financiamento do CNPq e Ministério da Ciência e Tecnologia, para congregar pesquisadores e empresas nas aplicações da nanotecnologia. "Daqui a um ano, teremos mais novidades", promete Silvia. Ela não cita quais são alegando estarem em processo de licenciamento. **[35]**

Com projetos na área de nanocompósitos, a Braskem é uma das 40 empresas que investem em inovação destacadas pela publicação Brasil Inovador. Com um faturamento em 2005 de R\$ 15,2 bilhões e 3.500 funcionários, a Braskem investe cerca de R\$ 50 milhões anuais em pesquisa e desenvolvimento e emprega nestas atividades acerca de 200 pessoas em tempo integral. Um projeto na área de nanotecnologia, que resultou em patente depositada, é o melhor exemplo da cristalização dessa estratégia. Ele é desenvolvido em parceria com a Universidade Federal do Rio Grande do Sul e trata-se da adição de uma argila especial com dimensões nanométricas a tipos diferentes de polímeros, o que lhes confere novas propriedades e abre inúmeras possibilidades. **[39]**

A partir desses plásticos pode-se conseguir, por exemplo, estufas para agricultura que retêm mais calor, embalagens que aumentam o tempo de vida útil dos alimentos, tanques de combustível para veículos mais baratos e que impedem a evaporação, entre muitas outras aplicações possíveis.

A nanotecnologia, contudo, não é alvo somente de empresas bilionárias como a Braskem. O Prêmio Finep de Inovação Tecnológica, na categoria nacional para Pequena Empresa, foi concedido em 2007 à Nanox, empresa incubada no ParqTec de São Carlos (SP) que desenvolve e fornece a outras empresas soluções na área de nanotecnologia, o que envolve sínteses de óxidos, metais e compósitos nanoestruturados e tratamentos de superfícies, para a obtenção de propriedades especiais. A nanotecnologia incorporada ao secador de cabelos Taiff Titanium, por exemplo, foi desenvolvida pela Nanox, que nasceu como uma spin-off do Laboratório Interdisciplinar de Eletroquímica e Cerâmica (Liec) da Universidade Estadual Paulista (Unesp) de Araraquara e da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). **[40]**

A Nanox foi fundada em 2004 por três jovens químicos com pouco mais de R\$ 2 milhões da Fapesp e do CNPq. Em 2006, o fundo de capital de risco Novarum entrou no negócio (o Novarum é um fundo de capital semente do qual a Finep é cotista). Com 15 funcionários e um faturamento de R\$ 500 mil em 2006, a Nanox faz parcerias para agregar nanotecnologia aos produtos de grandes empresas e tem como metas aumentar a escala de produção e fornecer insumos para produtos populares. **[25]**

Capítulo VII – Conclusões

O estudo dos grupos de pesquisa presentes no Brasil mostrou-se importante para determinar o atual nível de desenvolvimento tecnológico do país no setor de nanomateriais aplicados a indústria química. O resultado permitiu concluir que muitas instituições de pesquisas estão inseridas no setor e mais investimentos na área permitirão que o Brasil se insira nesse novo mercado, desenvolvendo uma tecnologia nova cada vez mais inserida na sociedade atual, a tecnologia dos nanomateriais.

Com a análise dos grupos de pesquisa resultados animadores foram obtidos, os grupos de pesquisa aumentaram ao longo dos anos e desde 2005 possuem juntos um número expressivo de publicações bibliográficas no setor. Entretanto, não foram encontradas patentes desenvolvidas por esses grupos, uma hipótese é que conhecimentos que poderiam ser lançados como patentes são publicados em artigos para que os grupos mantenham suas metas de produtividade, necessárias para que mantenham o auxílio CNPq.

A análise das patentes encontradas na base USPTO permitiu uma avaliação geral do setor. No entanto, a grande maioria de patentes encontradas é dos EUA, uma vez que a base de dados utilizada é a do país, sendo assim, os resultados obtidos podem não ser representativos da situação global, mas como os EUA é um país grande com grandes bom investimento em pesquisa e desenvolvimento, a análise pode ser considerada como base para futuros estudos. A escolha das palavras chaves também pode ter influenciado o resultado e conseqüentemente ter reduzido o número de patentes encontrado, as palavras utilizadas foram muito abrangentes, se o estudo tivesse sido mais direcionado mais patentes teriam sido encontradas.

As indústrias são atualmente as maiores detentoras da nanotecnologia possuindo o maior número de patentes no setor, e suas maiores realizações são na área de nanomateriais e nanomateriais de carbono. Considerando as patentes utilizadas, o principal objetivo das patentes é o preparo dos nanomateriais e muitas delas não descrevem aplicações possíveis, o que indica que o setor está ainda em fase inicial e terá ainda muitas descobertas, capazes de impactar a vida da sociedade atual.

O setor de nanomateriais engloba todas as patentes relacionadas a nanomateriais aplicados à indústria química, que não fossem de carbono. Foi o setor com um maior número de aplicações, no entanto também foi o setor com mais patentes relacionadas ao preparo de nanomateriais, o que corrobora a afirmativa de que a nanotecnologia está ainda “engatinhando”. Muitas patentes também tratavam

dos nanomateriais a base de carbono, que são atualmente muito pesquisados, devido à grande possibilidade de aplicações.

Com esses resultados foi possível concluir que o estudo tecnológico de patentes pode ser utilizado para medir grau de desenvolvimento tecnológico no setor, da região, ao longo do tempo, entre outras possibilidades, uma das mais importantes é permitir determinar as diretrizes da tecnologia estudada, ou seja, saber em que estão concentradas as pesquisas e prever para um futuro próximo as tendências do setor.

Não foi possível encontrar patentes, na base do Instituto Nacional da Propriedade Industrial – INPI, dos produtos apresentados no capítulo VI. Fato que associado ao pequeno número de patentes encontrado na base USPTO permite concluir também que nessa área muitas descobertas e produtos não estão protegidos por patentes. Um bom exemplo é o setor de cosméticos, os grandes laboratórios internacionais já possuem produtos feitos com nanotecnologia e que possuem nanomateriais inseridos no mercado, cujas patentes não foram encontradas.

Assim, embora prospecção tecnológica por meio de patentes seja importante, para avaliar o setor não é a melhor ferramenta, uma vez que muitos nanomateriais não estão protegidos por patentes e sim por sigilo das empresas.

Baseando-se nesse trabalho alguns pontos podem ser sugeridos para trabalhos futuros, como:

- Análise mais detalhada dos grupos de pesquisa, por contato com cada um deles, para determinar dados como investimentos, recursos disponíveis e principais descobertas na área.
- Análise de um maior número de patentes procurando em bases de dados mais amplas.
- Análise mais detalhada das patentes utilizando software de análise como o Matheo Analyser (<http://www.matheo-software.com>); VantagePoint (<http://thevantagepoint.com>). Esse maior detalhamento junto com a análise de artigos científicos fornecerá um estudo da prospecção tecnológica da área mais profundo.

Referências bibliográficas

1. Ferreira, H. F. **Nanotecnologia: aspectos gerais e potencial de aplicação em catálise**. Química Nova, vol. 32 n°7. 2009
2. Raniero, L.; Fortunato, E. **As metas da nanotecnologia: aplicações e implicações**. Universidade de nova Lisboa – FCT. 2005
3. Duran, N.; Marcato, P.D.; Teixeira, Z. **Nanotecnologia e nanobiotecnologia: conceitos básicos**. Universidade de Mogi das Cruzes. 2007
4. Associação Brasileira da Indústria Química - **ABIQUIM**. Disponível em: <http://www.abiquim.org.br/>
5. Gianneti, Biagio F.; Almeida, Cecilia M. V. B. **A Indústria Química no conceito da ecologia industrial**. Universidade Paulista, LaFTA – Laboratório de Físico-Química Teórica e Aplicada
6. Quina, F. **Nanotecnologia e meio ambiente: perspectivas e riscos**. Quim. Nova, Vol. 27, No. 6, 1028-1029, 2004
7. Zarbin, A. J. G. **Química de nanomateriais**. Quim. Nova, Vol. 30, No. 6, 1469-1479, 2007
8. **National Nanotechnology Initiative Report, 2005**, disponível em http://www.nano.gov/FINAL_PCAST_NANO_REPORT.pdf, acessada em abril de 2010
9. Toma, H. E.; **O Mundo Nanométrico: a dimensão do novo século**, Ed. Oficina de Textos: São Paulo, 2004
10. Roco, M. C.; **J. Nanoparticle Res.** 2001, 3, 5.
11. Henry, C. R. ; Heiz, U.; Landman, U., **Nanocatalysis ; Springer-Verlag: Berlim, 2007, p. 245.**

12. Corti, C. W.; Holliday, R. J.; Thompson, D. T.; *Appl. Catal. A: Gen.* 2005, 291, 253.
13. Gates, B. C.; G.-Fierro, J. C.; *Catal. Today* 2007, 122, 201.
14. Campo, B.; Volpe, M.; Ivanova, S.; Touroude, R.; *J. Catal.* 2006, 242, 162.
15. Ferreira, M. L.O.; Ferreira, H. S.; Frota, M.; Teixeira, V. L.; Rangel, M. C.; *Livro de Anais do XV Congresso Argentino de Catálisis e 4to Congresso de Catálisis del Mercosur, La Plata, Argentina, 2007.*
16. Persson, K.; Ersson, A.; Colussi, S.; Trovarelli, A.; Järas, S. G.; *Appl. Catal. B* 2006, 66, 175.
17. Miron, M. V. G.; Cavalcanti, F. C. B.; Wongtschowski, P. **Inovação Tecnológica e Produção no setor químico.** *Quim. Nova*, Vol. 28, No. 6, S86 – S90, 2005
18. Herbst, M. H.; Macêdo, M. I. F.; Rocco, A. M.. **Tecnologia dos nanotubos de carbono: tendências e perspectivas de uma área multidisciplinar.**
19. Thostenson, E. T.; Ren, Z.; Chou, T. -W.; *Composites Sci. Technol.* 2001, 61, 1899.
20. Long, R. Q.; Yang, R. T.; *Ind. Eng. Chem. Res.* 2001, 40, 4288.
21. Li, Y. -H.; Wang, S.; Wei, J.; Zhang, X.; Xu, C.; Luan, Z.; Wu, D.; Wei, B.; *Chem. Phys. Lett.* 2002, 357, 263.
22. Borschiver, S.; Almeida, L.F.M.; Roitman, T. **Monitoramento Tecnológico e Mercadológico de Biopolímeros.** *Escola de Química, UFRJ*
23. High Beam Research. *Newspaper archives and journal articles.* Disponível em: <http://www.highbeam.com/doc/1G1-174618969.html>
24. USPTO. Disponível em: <http://patft.uspto.gov/>

25. *Fernandes, M. F. M. Um panorama da tecnologia no Brasil e seus macros desafios.* UFRJ, 2007.
26. Galembek et al. Industria Química: **Evolução recente, problemas e oportunidades.** Química Nova, vol. 30 n°6. 2007
27. Portal CAPES, Coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior. Disponível em:
<http://www.periodicos.capes.gov.br/portugues/index.jsp>
28. Conselho Nacional de desenvolvimento científico e tecnológico - CNPq grupos de pesquisa. Disponível em: <http://dgp.cnpq.br/buscagrupos/>
29. Canon Global. Disponível em:
http://www.canon.com/technology/s_lab/nano/003/01.html
30. National Institute for Nanotechnology, Canada. Disponível em:
<http://www.nrc-cnrc.gc.ca/eng/ibp/nint.html>
31. *Sugimoto, L. Embalagens inteligentes interagem com o produto.* Jornal da UNICAMP, 2008.
32. *Brand, F.C.; Gerhardt, M.P.; Kliemann, F.J.K.N. Análise competitiva da cadeia moveleira de Bento Gonçalves.* XI SIMPEP. Brasil, 2004.
33. Região sudeste do Brasil. Disponível em:
http://pt.wikipedia.org/wiki/Região_Sudeste_do_Brasil
34. Cosmética News. Disponível em:
<http://www.cosmeticanews.com.br/leitura.php?id=143>
35. Biolab Farmaceutica. Disponível em:
http://www.biolabfarma.com.br/sobre/eventos_conteudo.aspx?id=78
36. WNews UOL. Disponível em:

http://wnews.uol.com.br/site/noticias/materia.php?id_secao=4&id_conteudo=8877

37. Taiff. Disponível em: <http://www.taiff.com.br/?q=node/2>

38. Incrementa Pesquisa Desenvolvimento e Inovação. Disponível em:
<http://www.eurofarma.com.br/versao/pt/inovacao/incrementa.asp>

39. Braskem. Disponível em:
http://www.braskem.com.br/site/portal_braskem/pt/conheca_braskem/inovacao_tecnologia/inovacaotecnologia.aspx

40. Nanox Intelligent Materials. Disponível em: <http://www.nanox.com.br/>

Anexo 1 – Grupos de pesquisa

	Grupo de Pesquisa	Linhas de pesquisa	Instituição	Ano de fundação	Publicações Bibliográficas			
					2005	2006	2007	2008
1	Óptica de Nanomateriais	Física de Polímeros	UFMG	1995	122	169	139	94
		Nanomateriais						
		Nanotubos de Carbono						
		Propriedades Ópticas da Matéria Condensada						
2	Laboratório de Nanomateriais	Biomateriais	UFMG	2004	81	96	105	81
		Crescimento epitaxial de grafenos						
		Desenvolvimento e Estudo de Compósitos Nanotubos de Carbono e Zircônia						
		Desenvolvimento e estudo de Filmes condutores transparentes baseados em nanotubos de carbono						
		Nanomateriais a base de carbono						
		Nanomateriais a base de sistemas óxidos metálicos						
		Nanomateriais Aplicados à Medicina						
		Sensores de gás e Dispositivos Eletroquímicos baseados em Nanoestruturas de Carbono e de Óxidos						
3	Laboratório de Nanomateriais Multifuncionais	Desenvolvimento de nanomateriais luminescentes para aplicação em imagem e terapia	USP	2006	22	34	50	42
		Desenvolvimento de suportes nanométricos magnéticos para aplicações em recuperação de metais e catálise						
		Nanopartículas Magnéticas						
		Preparação de catalisadores magneticamente recuperáveis						
4	Síntese, Processamento e Produção de Materiais	Desenvolvimento e Processamento de Materiais em Microondas	UFCG	2008	212	396	278	277
		Fluidos de Perfuração						
		Nanomateriais						
		Processamento de Materiais Cerâmicos						
5	Desenvolvimento e Caracterização de Novos Materiais	Reciclagem de Resíduos	USP	1992	129	199	138	137
		Caracterização de biodiesel						
		Compósitos a base de fibras vegetais						
		Estabilidade Térmica de Biocatalisadores						
		Materiais para a indústria agroquímica						
		nanomateriais						
		Recuperação de Resíduos						
		sensores eletroquímicos						
		Síntese de novos materiais poliméricos						
Trocadores Iônicos								
6	Laboratório de Estudos Físico-Químicos e Produtos Naturais	Estudo de biocombustíveis e derivados	UNIPAMP A	2008	81	44	29	16
		Estudo de plantas medicinais e fitoterápicos						

	(LEFQPN)	Nanomateriais						
		Polímeros e biopolímeros						
7	Sol-Gel	Análise Térmica	UNIFRAN	2000	235	476	371	136
		argilas						
		biomateriais						
		Catalisadores						
		Ensino em química e ciência						
		nanomateriais						
		Polímeros						
		Porfirinas						
		Química Ambiental						
		Sol-gel						
		Terras Raras						
8	Química de Colóides, Superfícies e Interfaces	Desenvolvimento de Novas Práticas para o Ensino de Química	UNB	2004	72	179	100	98
		Nanomateriais						
		Química Verde						
		Termodinâmica Química						
9	Química de Materiais	Argilas Organofílicas	UEPB	2007	22	54	44	38
		Determinação do Teor de Reticulação em Polímeros						
		Educação Ambiental						
		Gestão ambiental						
		Materiais compósitos						
		Nanomateriais						
		Obtenção de Biomateriais						
		Reaproveitamento e Reciclagem de Resíduos Sólidos						
		Uso de Bentonitas organofilizadas no tratamento de efluentes industriais						
10	DLIG - Desenvolvimento de Ligas Metálicas	Caracterização dos materiais	CEFET/ES	2006	22	31	24	39
		Desenvolvimento de novas ligas						
		Fabricação de aço e ferro ligas						
		Nanomateriais						
		Nitretação a plasma						
11	Argilas e Materiais Cerâmicos	Argilas esmectíticas para fluidos de perfuração	UFCG	2002	287	469	282	287
		Cais aéreas hidráulicas e pozolânicas						
		Estudos de sais solúveis em materiais de construção						
		Membranas cerâmicas						
		Nanomateriais						
		Reciclagem de resíduo sólido						
		Tecnologia de Argilas						
		Varistores						
12	Grupo de Magnetismo	Cálculos baseados em Teoria de Funcional de Densidade	UFS	2004	222	259	162	125

		Cristalografia						
		Estruturas eletrônicas dos materiais						
		Fermions Pesados e intermetalicos						
		Filmes Finos						
		Física dos semicondutores						
		Física estatística de materiais magnéticos						
		Interações hiperfinas em materiais						
		Magnetismo de Terras Raras						
		Nanomateriais magnéticos						
		Sistemas geometricamente frustrados						
13	Interações biológicas e nanomateriais	Magnetohipertermia e/ou Terapia fotodinâmica para tratamento do câncer	UNB	2007	366	322	255	216
		Migração transepitelial induzida por nanoestruturas						
		Nanomaterias magnéticos biocompatíveis						
		Sistemas de entrega de drogas para doenças pulmonares						
		Terapia Fotodinâmica para tratamento do câncer da pele: uma nova proposta terapêutica no DF						
14	Grupo de Nanomateriais	Aplicações Analíticas de Superfícies Quimicamente Modificadas	UFRR	2000	120	173	63	70
		Catálise heterogênea para a preparação de biodiesel						
		Compostos de Intercalação						
		Dispositivos moleculares conversores de luz						
		Híbridos Inorgânico-Orgânico						
		Metal-Organic Frameworks's						
		Química de Coordenação						
		Síntese de Pós-Cerâmicos via Processo Sol-Gel						
15	Laboratório de Materiais Eletroativos	Baterias de lítio de alta energia	USP	1996	85	71	104	78
		Caracterização espectroeletroquímica de materias						
		Dispositivos eletrocromicos baseados em nanomateriais						
		Eletroquímica de nanomateriais						
		Fenômenos de transporte em líquidos iônicos						
		Preparação de novos polímeros condutores e copolímeros						
		Proteção à corrosão utilizando blendas poliméricas						
		Sensores Químicos e Biossensores						
		Síntese de polímeros condutores a partir de monômeros bifuncionais						
		Sistemas para liberação controlada de drogas						
16	Materiais derivados de metais representativos	Complexos de metais representativos com potencial atividade biológica	UFMG	2001	121	119	93	83
		Nanomateriais de estanho						

17	GMAv - Grupo de Pesquisa em Materiais e Métodos Avançados	Físico-Química de Materiais Avançados	UFABC	2008	134	125	165	98
		Nanomateriais e Biotecnologia						
18	Grupo Carbono	Desenvolvimento de metodologias de análise	CTEX	1982	15	9	9	12
		Fiação de Piches						
		Fibras de carbono						
		Grafites especiais						
		Nanomateriais de carbono						
		Produção de piches de petróleo						
Tratamento Térmico de Fibras de Carbono								
19	Compostos Inorgânicos e Organometálicos das Terras Raras	Compostos Inorgânicos e Organometálicos das Terras Raras	UFSCAR	2008	33	80	24	30
		Compostos Luminescentes das Terras Raras						
		Nanomateriais, Catalise e Análise Térmica						
20	Materiais	Biomateriais	UFMG	1994	80	110	47	45
		Celulas a combustível tipo SOFC						
		Eletroquímica e energética						
		Materiais poliméricos aplicados a corrosão						
		Propriedades elétricas de nanomateriais cerâmicos e compósitos						
		Síntese e caracterização de materiais cerâmicos e compósitos						
21	Laboratório de Eletroquímica e Materiais Nanoestruturados	Bioinorgânica	UFABC	2006	123	204	110	115
		Biomateriais Nanoestruturados						
		Biomateriais para Sensores e Biocélulas a Combustível						
		Eletroquímica						
		Eletroquímica do Biodiesel						
		Materiais Nanoestruturados						
		Polímeros						
		Química Supramolecular e Preparação de Nanomateriais Funcionais						
		Sensores Químicos e Biossensores						
22	Síntese e Avaliação de Moléculas Bioativas	Desenvolvimento e caracterização de sistemas bioativos e nanoestruturados	UNIFRA	2002	164	250	308	399
		Modelagem e simulação de biosistemas e nanomateriais						
		Síntese e Avaliação de novos Catalisadores e Auxiliares Quirais em Reações Estereosseletivas						
23	Propriedades físicas de materiais micro e nanoestruturados	Síntese e a caracterização de nanomateriais	UNIVASF	2004	26	24	11	7
24	GAMN-Grupo de Química Analítica/Ambiental e Materiais Nanoestruturados	Catalisadores nanoestruturados para aplicações em catálise heterogênea	UNESP	2008	43	91	36	47
		Dendrímeros						
		Estudo de materiais e organismos a base de silício para aplicações médicas, analíticas e eletroanalíticas						

		Filmes finos de materiais nanoestruturados						
		Nanocompósitos/Polímeros Híbridos						
		Novos materiais e nanomateriais para aplicações Analíticas e Ambientais						
		Preparação, Caracterização e Aplicações Analíticas e Eletroanalíticas de Materiais Meso e Nanoestruturados						
		Propriedades e aplicações eletroquímicas de complexos mono e binucleares						
		Química Ambiental						
25	Grupo de Materiais Coloidais	Nanotecnologia - Nanomateriais Magnéticos Funcionalizados para aplicação biomédica e biotecnológica	USP	2008	136	131	116	119
		Nanotecnologia de gravação - Nanomateriais Magnéticos auto-organizados e nanoestruturados para aplicação em sistemas de gravação magnética de ultra-alta densidade (Tbits/inch square)						
		Química de Colóides e Interfaces Preparação e caracterização de nanomateriais híbridos						
		Química de Materiais - Nanomateriais: síntese, caracterização e aplicações de materiais em escala nanométrica						
		Química de Materiais estudos estruturais em nanopartículas metálicas e recobertas com óxidos em estruturas do tipo casca-carço (core-shell)						
26	Nanobiotecnologia aplicada a saúde	Parasitologia, Farmacologia, Fisiologia e Biologia Celular e Molecular estudando principalmente como o cálcio intracelular é capaz de regular diversas funções celulares	UNB	2008	65	58	37	19
		Cálculos de Estrutura Eletrônica Aplicados à Sistemas Biológicos						
		Elaboração e funcionalização de nanomateriais aplicados à área de saúde						
		Fotossensibilizadores acoplados a sistemas de liberação de drogas						
		Síntese de agentes terapêuticos e aplicações em sistemas biológicos						
27	Química Verde coloidal e macromolecular	Caracterização estrutural de sistemas micelares	UFV	2007	72	97	82	109
		Desenvolvimento de métodos e sensores eletroquímicos a base de nanomateriais						
		Processos de extração aplicando sistemas ambientalmente seguros						
		Química coloidal						
		Termodinâmica no equilíbrio						
28	NanoITA	Adição de nanopartículas em materiais poliméricos para estudo da degradação, processamento, misturas e reciclagem.	UEPG	2005	639	725	456	366
		Aplicação de Mecânica Quântica em Complexos Inorgânicos, Materiais e Química do Estado Sólido.						

		Aspectos legais na relação entre ICT e setor produtivo						
		Avaliação da dinâmica e efeitos de contaminantes no meio ambiente						
		Caracterização Estrutural de Materiais Inorgânicos						
		Desenvolvimento de uma geração de sensores e biossensores eletroquímicos utilizando-se diferentes matrizes inorgânicas						
		Estudo das propriedades mecânicas dos materiais metálicos com aplicação de carregamento monotônico e dinâmico e caracterização microestrutural.						
		Gestão da transferência de tecnologia						
		Incorporação de nanomateriais em polímeros por processo moagem de alta energia						
		Investigação de materiais poliméricos dopados com nanomateriais cerâmicos						
		Processamento e Caracterização de Cerâmicas Estruturais e Funcionais						
		Síntese, processamento e caracterização de pós nanométricos						
29	Grupo de Arquitetura de Nanodispositivos Fotônicos	Arquitetura, Preparação e Síntese de Nanomateriais para Dispositivos	UFPE	1997	182	258	101	100
		Caracterização de Materiais para Diapositivos						
		Compostos de Coordenação com Lantanídeos						
		Desenvolvimento de Nanodispositivos Fotônicos e Optoeletrônicos						
		Materiais Poliméricos, Blendas, Géis, Vidros Sol-gel, Compósitos e Nanocompósitos						
		Nanotecnologia molecular						
		Processos para Desenvolvimento de Novos Materiais para Dispositivos						
		Simulação Computacional de Materiais por Dinâmica Molecular e Determinação de Propriedades						
		Vidros e Vitrocerâmicas Especiais e materiais híbridos nanoestruturados						
30	Grupo de Materiais Nanoestruturados Funcionais	ALTERAÇÕES ESTRUTURAIS EM MATERIAIS SEMICONDUTORES NANOESTRUTURADOS PARA APLICAÇÕES EM REAÇÕES FOTOASSISTIDAS.	CNEN	2005	716	948	537	541
		Desenvolvimento de novos eletrodos com materiais trocadores iônicos nanoparticulados suportados em carbono para aplicação em separação de materiais e tratamento de rejeitos.						
		DESENVOLVIMENTO DE SUPERMOLÉCULAS E NANOMATERIAIS LUMINESCENTES PARA BIODIAGNÓSTICO E DIAGNÓSTICO AMBIENTAL.						

		<p>Materiais manoeustrurados a base de zeolitas</p> <p>NANOPARTÍCULAS MAGNÉTICAS FUNCIONAIS</p> <p>PREPARAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS A BASE DE PLATINA SUPORTADAS EM CARBONO PARA APLICAÇÃO EM CÉLULAS A COMBUSTÍVEL DO TIPO PEMFC.</p> <p>Revestimentos Nanoestruturados</p> <p>Síntese de biocerâmicas nanométricas.</p> <p>SÍNTESE DE NOVOS POLÍMEROS PARA A OBTENÇÃO DE NANOPARTÍCULAS POLIMÉRICAS PARA APLICAÇÕES EM MEDICINA.</p>						
31	Físico-Química de materiais	<p>Físico-Química dos Processos Cerâmicos e Transformações de Fases em Sistemas Coloidais.</p> <p>Matrizes Híbridas Siloxano-Polieter para Dispositivos Multifuncionais de Liberação Controlada de Fármacos</p> <p>Preparação e Caracterização de Nanomateriais e Filmes Finos com Aplicações em Optica, Eletrônica e em Membranas de Ultrafiltração</p> <p>Processo Sol-Gel</p>	UNESP	1990	280	326	160	108
32	Nanotecnologia Supramolecular	Química Supramolecular e Nanotecnologia	USP	1970	130	162	56	94
33	Química Supramolecular e Nanotecnologia	<p>Nanotecnologia Supramolecular e Dispositivos</p> <p>Química Supramolecular e Nanotecnologia</p>	USP	1994	149	210	80	135
34	Interlab - Laboratório de Investigação de Estrutura Química e Nanotecnologia	<p>Aspectos Estruturais e Mecanísticos em Reações Orgânicas</p> <p>Formação e Destruição de Hidratos de Metano por Pequenas Moléculas Orgânicas</p> <p>Intermediários Reativos: Aspectos Estruturais e Dinâmicos</p> <p>Nanociência e Nanotecnologia</p> <p>Novas Fontes Energéticas</p>	UFRJ	2002	28	33	21	22
35	Nanociência e Nanotecnologia no Agronegócio	<p>Aplicação de processamento de imagem na nanotecnologia.</p> <p>Caracterização de materiais de interesse do agronegócio na nanoescala utilizando a microscopia por varredura de sonda</p> <p>Fenômenos de Interface em substratos sólidos, na nanoescala, utilizando espectroscopia de força</p> <p>Nanobiotecnologia</p> <p>Sensores a base de materiais nanoestruturados e técnica super-critica aplicado ao agronegócio</p>	Embrapa	2004	399	626	441	406

36	Nanotecnologia Aplicada ao Agronegócio	Aplicação de coberturas e avaliação da qualidade em frutos e hortaliças como superfícies protetoras para aumento de vida útil.	Embrapa	1995	1600	2081	1751	1264
		Caracterização e manipulação de biopolímeros para a produção de revestimentos, compósitos, filmes comestíveis e embalagens biodegradáveis.						
		Desenvolvimento e uso de sensores eletroquímicos e biossensores para avaliação de solos e águas.						
		Desenvolvimento de nanopartículas (NP) para sistema de liberação controlada de insumos agrícolas e veterinários.						
		Desenvolvimento e caracterização de nanocompósitos produzidos a partir de fibras vegetais e animais.						
		Desenvolvimento e uso de sensores gustativos e olfativos para avaliar qualidade de alimentos e da saúde.						
		Incorporação de agentes antimicrobianos em embalagens para produtos perecíveis.						
		Materiais nanoestruturados para o desenvolvimento de sensores e biossensores						
		Membranas de separação, filmes e embalagens com nanoestrutura controlada para aplicações na agroindústria.						
		Novos Usos de produtos agropecuários utilizando a nanotecnologia.						
		Preparação e caracterização de filmes comestíveis e ativos para revestimento de frutos e para a produção de embalagens.						
		Sensores com materiais nanoestruturados para avaliação da qualidade de óleos vegetais usados na produção de biodiesel.						
Síntese e caracterização de membranas para indústria alimentícia.								
37	Tecnologia e Nanotecnologia Farmacêutica	Desenvolvimento farmacotécnico e analítico de medicamentos Sistemas de liberação de fármacos e nanotecnologia farmacêutica	UFG	2000	143	97	108	75
38	GNano - Grupo Multidisciplinar em Nanotecnologia e Informática Jurídica	Nanotecnologia no Brasil: Avaliação de impactos sociais e aspectos jurídicos	UCP	2006	58	109	38	26
39	Óptica Biomédica	Estudo de fluidos complexos Estudo de fluidos de interesse biológico Fluorimetria Óptica Nanotecnologia	UNIFESP	2008	80	78	43	13
40	Microscopia Eletrônica - Biológicas e Materiais - CETENE	Biologia Celular de Aterogênese Biologia Celular de Reprodução Biologia Celular e Ultraestruturada Entomologia Médica	INT	2007	89	91	42	37

		<p> Materiais Magnéticos e Propriedades Magnéticas</p> <p> Mecanismos de ação de fármacos</p> <p> Nanotecnologia</p> <p> Química de Materiais</p>						
41	CERMAT - Núcleo de Materiais Cerâmicos e Vidros	<p> Biocerâmicas</p> <p> Cerâmica tradicional</p> <p> Cerâmicas celulares</p> <p> Isoladores Elétricos</p> <p> Laminados cerâmicos</p> <p> Moldagem por injeção</p> <p> Nanotecnologia</p> <p> Pigmentos inorgânicos</p> <p> Reaproveitamento de resíduos sólidos industriais</p> <p> Vitrocerâmicas</p>	UFSC	2005	206	297	133	143
42	Pesquisa e Desenvolvimento de Fármacos e Medicamentos	<p> Biodisponibilidade e Equivalência de Fármacos</p> <p> Desenvolvimento, Produção, Avaliação e Controle de Fármacos e Medicamentos</p> <p> Doenças Negligenciadas</p> <p> Nanotecnologia</p> <p> Tabagismo</p>	UNIMEP	2000	175	102	53	53
43	Grupo de Estrutura Eletrônica de Novos Materiais	<p> Calculo de Primeiros Principios</p> <p> Dinâmica Molecular</p> <p> Física e Ciência dos Materiais</p> <p> Materiais Hetero- e Nano- Estruturados</p> <p> Nanotecnologia</p>	UEFS	2002	52	98	29	52
44	Moléculas e Superfícies	<p> Otimização de geometrias, cátions, hiperconjugação, estruturas de transição, estados excitados, dopagem e condutividade em moléculas orgânicas, álcool e fulerenos</p> <p> ADSORÇÃO, CORROSÃO, OXIDAÇÃO, DISSOCIAÇÃO DE MOLÉCULAS EM SUPERFÍCIES DE METAIS E LIGAS</p> <p> biotecnologia</p> <p> CATALISADORES, CERÂMICAS, CATÁLISE HETEROGÊNEA, APLICAÇÕES A TECNOLOGIAS QUÍMICAS E DE PETRÓLEO</p> <p> Conformações, ligação de hidrogênio, transferência de carga, atividade biológica e interação com receptores em moléculas biológicas (HISTAMINAS, AIDS, CÂNCER)</p> <p> CRESCIMENTO, ESTRUTURA, DISTRIBUIÇÃO DE CARGAS, ESTABILIDADE E CONDUTIVIDADE EM POLÍMEROS</p> <p> Interação de água, gases e outros complexos com superfícies de óxidos de metal</p> <p> nano-biotecnologia, nano estruturas, superfícies, interfaces</p>		1980	146	157	146	104

		Nanotecnologia						
		Técnicas de simulação computacional						
45	Termoquímica e química de adsorção em superfície	CATALISE	UFPI	1992	41	86	95	54
		Compostos de coordenação e organometálicos						
		FILMES FINOS						
		MATERIAIS LUMINESCENTES						
		METATESE						
		NANOTECNOLOGIA						
		Propriedade Intelectual e Inovação						
		QUÍMICA ADSORÇÃO EM SUPERFÍCIE						
		QUÍMICA DE ADSORVENTES NATURAIS						
		QUÍMICA DE MATERIAIS CERÂMICOS						
		TERMODINÂMICA DE COMPLEXOS EM SOLUÇÃO						
		TERMOQUÍMICA DE ADSORÇÃO EM SUPERFÍCIE						
46	Inteligência Computacional Aplicada	Agentes e Robótica Inteligente	PUC/RJ	1993	182	164	239	86
		Aplicações no Setor Elétrico						
		Aplicações no Setor Petroquímico						
		Computação Evolucionária						
		Eletrônica Evolutiva						
		Ferramentas de Desenvolvimento de Sistemas Inteligentes						
		Lógica Fuzzy						
		Mineração de Dados						
		Nanotecnologia						
		Redes Neurais						
		Sistemas Híbridos						
		Visão Computacional e Análise de Imagens						
47	Laboratório de Química Inorgânica Aplicada	Complexos aplicados à Catálise Homogênea	UFPR	2005	253	354	165	192
		Desenvolvimento de Softwares e Instrumentação						
		Estrutura e reatividade de complexos nitrosilos de rutênio						
		Estudos de filmes Langmuir-Blodgett de complexos metálicos						
		Microreatores para Foto-oxidação de Substâncias Químicas Tóxicas: Estudo Fotofísico e Fotoquímico						
		Nanotecnologia						
48	Química de Biopolímeros	caracterização de polisacarídeos nativos do NE	UFC	2000	28	52	60	31
		Géis, filmes e membranas de biopolímeros regionais						
		Liberação controlada de drogas e inseticidas em matrizes biopoliméricas						
		Nanotecnologia						

49	Grupo de Fotoquímica e Química da Madeira	Biologia celular	UFU	1994	152	182	67	123
		Comunicação Científica						
		Cristalografia						
		Desenvolvimento e manutenção de "clusters" de computadores						
		Design e planejamento de fármacos						
		Estudo de propriedades ópticas não-lineares em moléculas orgânicas						
		Fotocatálise Ambiental						
		Fotoquímica de Lignocelulósicos						
		Fotoquímica e Fotofísica de Fotossensibilizadores e compostos fotoativos						
		Fotoquímica e Fotofísica em ambientes organizados						
		Nanotecnologia						
		Simulação de Reações Químicas e Previsão de Propriedades Espectroscópicas de Moléculas						
		Síntese e caracterização de catalisadores com propriedades fotocatalíticas ampliadas						
		50						
Desenvolvimento de materiais de forte emissão de elétrons por campo elétrico								
Desenvolvimento de micro-sensores de carbono poroso								
Dopagem do diamante com nitrogênio, boro e enxofre								
Estruturas de sício poroso recobertas com diamante								
Estudo de vácuo em sistemas microscópicos								
Estudos da utilização de diamante como material de próteses ósseas								
Estudos de diamante nanocristalino e carbono nanoestruturado								
Estudos de novas formas de nucleação e crescimento de diamante								
Modelagem computacional de sistemas físicos								
Nanotecnologia								
Processos de deposição de diamante em baixa temperatura								
51	Biotecnologia Ambiental		Biodegradação de fenóis	UFMG	2006	95	125	77
		De-emulsificação de efluentes industriais emulsionados por culturas microbianas						
		Desenvolvimento de novos produtos a partir da glicerina						
		Nanotecnologia						
		Produção de Biossurfactantes por Microrganismos						

		Tecnologias para o tratamento biológico de solos contaminados com produtos do petróleo refinado.						
52	Biodiversidade e Biotecnologia	Bioquímica de macromoléculas	UFPI	2008	186	290	185	105
		Ecologia de anfíbios e répteis						
		Nanobiotecnologia e química de peptídeos e proteínas.						
		Nanotecnologia						
53	Grupo de Óptica Aplicada	Aplicações odontológicas	IEAv	1990	36	104	30	48
		Componentes ópticos de precisão						
		Deposição de filmes por ablação a laser						
		Metrologia de superfícies ópticas de precisão						
		Nanotecnologia						
		Propriedades Ópticas de Filmes Finos						
		Recobrimento superficial por tratamentos a plasma e a laser						
54	Química Analítica e Ambiental	Aplicação de técnicas da Inteligência Computacional ao estudo do Meio Ambiente	UFPA	2000	86	87	74	97
		Ecotoxicologia						
		Nanotecnologia						
		Química Ambiental						
		Química Analítica						
		Recursos Hídricos						
		Saneamento Ambiental						
		Tratamento de Água e de Efluentes						
55	GENAQUA - GRUPO DE ESTUDOS EM GENÉTICA E ECOLOGIA DE ORGANISMOS AQUÁTICOS	Aquicultura sustentável	UFC	2006	73	78	66	70
		Bioprospecção Genética						
		Ecologia Aquática						
		Genética Molecular Aplicada de Organismos Aquáticos						
		Monitoramento Ambiental						
		Nanotecnologia molecular						
		Piscicultura						
		Sistemática e Filogenia molecular						
56	Nanotecnologia - CETENE	Desenvolvimento e Aplicações de materiais e sistemas nanoestruturados	INT	2008	33	17	20	1
		Desenvolvimento e Aplicações de materiais e sistemas nanoestruturados com enfoque para nanobiotecnologia e farmácia.						
57	Ciências e Tecnologias Aplicadas à Educação, Saúde e Meio Ambiente	Capacitação e desenvolvimento do setor produtivo	UEPA	2005	155	125	105	126
		Ciências, educação, saúde e meio ambiente						
		Comunicação, tecnologia educacional e educação a distância						
		História da Ciência e Tecnologia						
		Nanotecnologia e novos materiais						
		Tecnologia agroindustrial						

58	Fisiologia Celular e Molecular/Modulação da Expressão Gênica e Terapias Celulares em Nefropatias e Pneumopatias	Envolvimento do gene AE1 com a gênese de calculos renais em pacientes com acidose tubular distal	UFRJ	2000	679	951	536	627
		Estudo da modulação da expressão gênica do gene AE1 frente a desequilíbrios ácido básicos no rim						
		Modulação da expressão de transportadores iônicos por hormônios relacionados com a regulação do volume do fluido extracelular no epitélio do cólon						
		Modulação da expressão dos genes codificadores para o colágeno no epitélio pulmonar						
		Modulação da expressão gênica de transportadores iônicos por hormônios envolvidos com a regulação do volume do fluido extracelular em rim de ratos						
		Nanotecnologia aplicada a Saúde						
		Terapia Celular em doenças pulmonares						
		Terapia celular em doenças renais						
		Terapia gênica em doenças pulmonares						
59	Sistemas de liberação controlada de fármacos e vacinas:Nanotecnologia Farmacêutica	Biotecnologia	UFPE	1994	354	558	564	439
		Cancerologia Experimental						
		Cultura de Tecidos						
		Físico-química de Interfaces						
		Síntese de Fármacos e Insumos Farmacêuticos						
		Tecnologia Farmacêutica - Nanotecnologia						
60	CIEnAm - Centro Interdisciplinar de Energia e Ambiente	Combustíveis fósseis e provenientes da biomassa	UFBA	2004	358	387	331	202
		Geração e uso eco-eficiente de energia						
		Impactos ambientais na atmosfera, litosfera, hidrosfera e na vida						
		Nanotecnologia e Materiais Avançados						
		Tecnologias limpas						
61	Núcleo Interdisciplinar em Sustentabilidade e Redes Agroalimentares	consumo alimentar	UFSC	2002	50	50	28	25
		desenvolvimento rural sustentável e métodos participativos						
		Globalização, consumo e identidades						
		Nanotecnologia e governança						
		riscos ambientais e globalização						
62	Metalurgia Física e Engenharia de Superfícies	Comportamento mecânico de materiais avançados	SOCIESC	2005	23	27	30	12
		Nanotecnologia aplicada à metalurgia						
		Transformações de fase de metais e suas ligas						
63	Equações Evolutivas em Modelagem Matemática	Equações Evolutivas e Nanotecnologia	UFSM	2004	16	61	22	27
		Equações Evolutivas em Sistemas Mecânicos e Geofísicos						
64	LAPEA - Laboratorio de pesquisas em	Contas Nacionais e Desenvolvimento de cidades	UFCG	2005	23	26	15	39

	economia aplicada	Economia do Trabalho (teoria)							
		Economia Industrial							
		Emprego Informal							
		Inovação e Processos industriais							
		Jogos de estratégias empresariais							
		macroeconomia							
		Nanotecnologia e Cadeias produtivas							
		Perfil das novas organizações mundiais							
		Perfil de chefes de família							
		Pobreza e Salários							
		Sobrevivência de pequenas empresas							
65	Nanotecnologia, Sociedade e Desenvolvimento	Implicações econômicas, sociais e éticas das nanotecnologias	UFPR	2008	43	48	34	31	
		Nanotecnologias, pobreza e desenvolvimento							
		Nanotecnologias, trabalho e formação de trabalhadores							
66	Nanotecnologia, Biossensores e Dispositivos	Biossensores	USP	2007	9	1	1	1	
67	Micro e nanotecnologia farmacêutica	Nanosistemas organizados de liberação de fármacos	UNESP	1990	211	170	191	118	
		Políticas, planejamento e gestão em saúde.							
		Reatividade de fármacos em presença de agregados supramoleculares							
		Sistemas poliméricos nano- e microestruturados de liberação controlada de fármacos							
68	LABMAT - Grupo Interdisciplinar de Materiais	Comportamento mecânico de materiais	UFSC	1988	88	169	130	129	
		Limpeza e tratamento de superfícies por plasma							
		Materiais Compósitos							
		Materiais Magnéticos							
		Metalurgia do pó e materiais sinterizados							
		Modelamento de processos							
		Nanotecnologia em materiais particulados /nanopartículas							
		Tecnologia de plasma aplicada a materiais							
69	Segurança e Qualidade do Leite	Certificação aplicadas à cadeia do leite	Embrapa	2002	183	180	129	99	
		Controle integrado de endo e ectoparasitas em bovinos de leite							
		Epidemiologia							
		Genética Molecular							
		Microbiologia da mastite bovina							
		Microbiologia do leite e derivados							
		Nanotecnologia aplicada ao controle de mastite							
		Qualidade do leite e derivados lacteos							
		Segurança do leite e derivados							

70	Nano-Biotecnologia	Análise do Impacto Ambiental das Nanotecnologias Desenvolvidas	UFS	2000	252	277	141	93
		Aplicação de Nano-Biotecnologias a Plantas Para Produzir Substâncias de Valor Nutricional, Terapêutico, Industrial, Agropecuario, etc.						
		Comercialização dos Dispositivos, Processos e Técnicas Desenvolvidas						
		Estudo Experimental e Teórico dos Princípios de Transporte do Nanoporo Nuclear						
		Manipulação do Genoma com Microscopia de Força Atômica (AFM)						
		Modelagem Física-Matemática de Nano-Processos						
		Nanociência e Nanotecnologia de Produtos Naturais						
		Nano-Medicina						
		Nano-Terapia de Radiações Ionizantes						
		Separação e Purificação de Substâncias						
71	Biofotônica e Óptica Não linear	Espectroscopia Não Linear	UNIVAP	1988	171	128	120	64
		Laser em Odontologia						
		Nanotecnologia em ciências biológicas e da saúde						
		Óptica Biomédica						
		Sensores						
72	Ensino de ciências: Interdisciplinaridade e Transdisciplinaridade	Bioética e educação	CEFETQ uimica/RJ	2007	187	332	258	229
		Ciências humanas e ensino de ciências						
		História e filosofia das ciências						
		Nanotecnologia: debates epistemológicos, éticos e políticos						
73	Grupo de Pesquisa em Materiais de Engenharia	Materiais convencionais regionais	UFAM	2004	33	31	9	26
		Materiais não-convencionais						
		Materiais poliméricos e cerâmicos aplicados a nanotecnologia						
74	Química supramolecular e nanotecnologia de elementos F	Aplicações Biotecnológicas de Supermoléculas de Elementos f	CNEN	1999	208	227	201	106
		Caracterização de novos materiais poliméricos contendo íons de terras raras						
		Determinação de Pesticidas usando Fluoroimunoensaio						
		MARCADORES ÓPTICOS PARA APLICAÇÃO BIOTECNOLÓGICAS						
		Nanopartículas magnéticas luminescentes para aplicações biológicas						
		QUÍMICA DE SEPARAÇÃO E RECONHECIMENTO MOLECULAR DE ELEMENTOS F						
		Síntese de supermoléculas de elementos f e suas aplicações						
		SUPERMOLÉCULAS DE URÂNIO. ESTUDO DE PROPRIEDADES ESPECTROSCÓPICAS LUMINESCENTES						

75	Nanotecnologia aplicada - Aplicações de filmes finos	Deposição de dielétricos por plasma	USP	2003	152	276	165	91
		Filmes de carbono para fotonica						
		Filmes nanoestruturados de carbono						
		Materias para proteção contra corrosão						
		Membranas poliméricas						
		Microssistemas: System on Chip (SOC) e Lab-On Chip (LOC)						
		Nanotubos de carbono						
		Novos dielétricos baseados em carbono						
		Óxidos condutores transparentes						
76	Laboratório de Bioinorgânica e Nanotecnologia Molecular	Compostos de Coordenação de Bis(dehidroacetato) com Rutênio(II) e Rutênio(III)	UERJ	2006	58	79	29	60
		Compostos de Coordenação de Guanil hidrazonas						
		Compostos Inorgânicos de Interesse Biológico e Estratégicos para a Área de Catálise						
		Fotocatálise com Complexos Dinucleares de Rutênio para a Hidroxilação de Alcanos						
		Modelagem Molecular de Compostos de Coordenação						
		Pesquisa em Educação Química						
		Química Inorgânica Ambiental						
		Química Teórica: O papel dos orbitais moleculares na química: limites dos argumentos Homo-Lumo para a reatividade						
		Sistemas Catalíticos para a Oxidação de Alcanos em Fase Homogênea						
Sistemas Supramoleculares Obtidos com Compostos de Coordenação								
77	Eletrônica molecular e bimolecular: Nanotecnologia e Nems	Eletrônica Molecular	UNICAMP	2004	26	32	10	21
		MEMS e NEMS						
		nano CMOS						
		Nanolitografia						
78	Microrganismos magnetotáticos: biologia, ecologia e nanotecnologia	Aplicações biotecnológicas de magnetossomos	UFRJ	2001	97	107	91	46
		Biomíneralização de magnetossomos em microrganismos magnetotáticos						
		Diversidade de microrganismos magnetotáticos						
		Multicelularidade em procariontes						
		Protistas magnéticos: diversidade e interações com bactérias magnéticas						
79	Nanotoxicologia ambiental	Ecotoxicologia associada a problemas ambientais decorrentes da nanotecnologia	FURG	2007	134	257	142	111
		Educação e Divulgação Científica dos Riscos da Nanotecnologia						
		Estresse oxidativo associado a problemas ambientais decorrentes da nanotecnologia						

		Genotoxicidade associada a problemas ambientais decorrentes da nanotecnologia						
		Neurotoxicologia associada a problemas ambientais decorrentes da nanotoxicologia						
80	Física de plasma aplicada a novos processos de materiais	Alteração superficial de polímeros por meio de plasmas	ITA	1988	208	468	242	227
		Caracterização de materiais obtidos por tecnologia de plasma						
		Desenvolvimento de sensores baseados em filmes finos						
		Desenvolvimento e estudo de reatores a vácuo para produção de plasmas frios						
		Desenvolvimento e estudo de reatores para produção de plasmas em pressão subatmosférica						
		Dinâmica Não Linear Aplicada à Fusão Termonuclear Controlada						
		Estudo da combustão assistida a plasma						
		Estudo de fenômenos não-lineares em plasmas						
		Estudo do plasma solar e plasma ionosférico						
		Estudo e aplicações de plasmas térmicos						
		Gaseificação assistida por plasma						
		Instrumentação e controle de câmaras de vácuo e reatores a plasma						
		Modelagem e simulação numérica em plasmas frios						
		Síntese e modificação de materiais por meio plasmas frios						
		Utilização de plasmas frios e térmicos em nanotecnologia						
81	Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia	Biotecnologia: Gestão em C&T	UFV	2006	87	87	76	54
		Combate à Falsificação						
		Coordenação Institucional da Propriedade Intelectual						
		Direito Constitucional da Propriedade Intelectual						
		Direitos Autorais						
		Economia Política e Propriedade Intelectual						
		Ensino da Propriedade Intelectual e interação institucional						
		Ensino e Pesquisa em Propriedade Intelectual no ambiente Acadêmico e industrial						
		Gestão da Propriedade Intelectual e as Agências de Fomento						
		Modelagem de Indicadores em Propriedade Intelectual						
		Patentes e áreas fronteiriças como: nanotecnologia, biotecnologia e bioinformática						
		Patentes: redação, escopo de abrangência, ética nas reivindicações						

		Propriedade Intelectual da Biotecnologia						
		Propriedade Intelectual e Medicamentos						
		Propriedade Intelectual e Micros, pequenas e médias empresas no Brasil						
		Propriedade intelectual e proteção dos bens culturais						
		Propriedade Intelectual em Universidades e Instituições de Pesquisa						
		Propriedade Intelectual, Inovação e Transferência de Tecnologia						
		Propriedade Intelectual na União Européia						
		Propriedade Intelectual no Agronegócio						
		Propriedade Intelectual sobre Material Genético Humano						
		Proteção das marcas						
		Proteção do Programa de Computador						
		Proteção Jurídica dos Conhecimentos Tradicionais e da Biodiversidade						
		Semiologia e Propriedade Intelectual						
82	Laboratório de Tecnologia Mineral e Ambiental	Aeração otimizada com ar dissolvido e microbolhas	UFRGS	1979	57	85	67	22
		Aproveitamento da biomassa da planta aquática <i>Salvinia herzogii</i>						
		Desenvolvimento de materiais sorventes alternativos para a remoção de contaminantes.						
		Nanotecnologia aplicada ao tratamento de águas e efluentes.						
		Processo de flotação de partículas sorventes-FPS						
		Tratamento de águas de processos industriais para reuso e reciclo.						
		Tratamento de águas residuárias contendo compostos orgânicos: óleos, emulsões, graxas e compostos solúveis (aromáticos e alifáticos)						
		Tratamento de efluentes líquidos inorgânicos contendo metais pesados, ânions e complexos. Estudos de desenvolvimento de técnicas, processos e equipamentos.						
		Tratamento de efluentes por floculação-flotação otimizada						
		Tratamento de minérios: recuperação de finos e ultra-finos de minérios por flotação não convencional						
83	Laboratório de Filmes Poliméricos e Nanotecnologia / LAFIP-NANOTEC	Desenvolvimento de sensores biológicos para detecção de doenças parasitárias e infecciosas	UFU	2002	160	221	87	135
		Desenvolvimento e caracterização de eletrodos modificados voltados para catálise						
		Incorporação e caracterização de nanocristais de óxidos metálicos em matrizes poliméricas						

84	Desenvolvimento e produtos farmacêuticos com ênfase em nanotecnologia	Avaliação biológica e biofarmacêutica de sistemas de liberação de fármacos	UFSM	2007	249	265	185	262
		Preparação e caracterização de formas farmacêuticas semi-sólidas						
		Preparação e caracterização de formas farmacêuticas sólidas						
		Preparação e caracterização de sistemas poliméricos nanoestruturados						
85	Grupo de Pesquisa em Biotecnologia	Análise metagenômica diferencial de colônias de <i>P. caribaorum</i> branqueadas e normais e desenvolvimento de biomarcadores.	UFPE	2008	55	63	26	39
		Biomarcadores moleculares em neoplasias malignas e histopatologia						
		Desenvolvimento de novos fármacos anti-tumorais associando a nanotecnologia a extração de produtos naturais.						
		Desenvolvimento de tratamentos alternativos no envenenamento por serpentes do gênero <i>Bothrops</i> (jararacas) e <i>Lachesis</i> (surucucus)						
		Morfologia e Biologia Comparada de vertebrados						
		Obtenção e aplicabilidade das moléculas bioativas obtidas a partir de mucos ou de bibliotecas de cDNA de zoantídeos do litoral pernambucano.						
86	Nanotecnologia de Materiais Absorvedores de Radiação Eletromagnética e Materiais Compósitos Aeronáuticos	Filmes Finos Absorvedores de Radiação Eletromagnética (2-18 GHz)	UNITAL	2005	6	74	29	37
		Materiais Compósitos Aeronáuticos						
87	Grupo de Pesquisa em Dentística e Biomateriais	Biopatologia, biologia molecular, engenharia tecidual, cultivo celular e biocompatibilidade dos materiais dentários	UFPEL	2004	541	594	395	284
		Cariologia, Microbiologia Inibição de cárie secundária e uso do Flúor.						
		Desenvolvimento e controle de biomateriais e caracterização de propriedades químicas e físicas de biomateriais, nanotecnologia e suas implicações na odontologia						
		Estudo do desenvolvimento psicológico e perfis comportamentais relacionados ao atendimento odontológico						
		Estudos epidemiológicos das condições de saúde bucal, avaliação clínica de restaurações e estudo de fatores de risco a longevidade de restaurações						
88	Química Analítica Interdisciplinar	Aplicação da análise térmica na caracterização de diferentes materiais.	UNIFESP	2008	27	61	36	57
		Aplicações da eletroforese capilar nos seguintes tópicos: (a) estratégia de aumento de sensibilidade, (b) na área de nanotecnologia e (c) screening de extratos vegetais.						

	Desenvolvimento de instrumentação analítica, métodos ópticos de análise, métodos de análise de Traços e sua aplicação em química ambiental e métodos de preparo de amostras.						
	Química de Separações						
	SÍNTESE, FUNCIONALIZAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO DE SÍLICAS NANOESTRUTURADAS						
	TÉCNICAS ELETROQUÍMICAS APLICADAS AO DESENVOLVIMENTO DE FÁRMACOS						

Anexo 2 - Relação das instituições participantes - Censo 2008

	Sigla	Instituição	UF ^{1/}	Região ^{1/}	Categoria Administrativa ^{2/}
1	CBPF	Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas	RJ	SE	Ensino Superior Público Federal
2	CEFET/ES	Centro Federal de Educação Tecnológica do Espírito Santo	ES	SE	Ensino Superior Público Federal
3	CEFETQuímica/RJ	Centro Federal de Educação Tecnológica de Química de Nilópolis	RJ	SE	Ensino Superior Público Federal
4	CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear	RJ	SE	Ensino Superior Público Federal
5	CTEX	Centro Tecnológico do Exército	RJ	SE	Setor Governamental Público Federal
6	Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária	DF	CO	Setor Empresarial Público Federal
7	FURG	Universidade Federal do Rio Grande	RS	S	Ensino Superior Público Federal
8	IEAv	Instituto de Estudos Avançados	SP	SE	Setor Governamental Público Federal
9	INT	Instituto Nacional de Tecnologia	RJ	SE	Setor Governamental Público Federal
10	ITA	Instituto Tecnológico de Aeronáutica	SP	SE	Ensino Superior Público Federal
11	PUC/RJ	Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro	RJ	SE	Ensino Superior Privado
12	SOCIESC	Sociedade Educacional de Santa Catarina	SC	S	Ensino Superior Privado
13	UCP	Universidade Católica de Petrópolis	RJ	SE	Ensino Superior Privado
14	UEFS	Universidade Estadual de Feira de Santana	BA	NE	Ensino Superior Público Estadual
15	UEPA	Universidade do Estado do Pará	PA	N	Ensino Superior Público Estadual
16	UEPB	Universidade Estadual da Paraíba	PB	NE	Ensino Superior Público Estadual
17	UEPG	Universidade Estadual de Ponta Grossa	PR	S	Ensino Superior Público Estadual
18	UERJ	Universidade do Estado do Rio de Janeiro	RJ	SE	Ensino Superior Público Estadual
19	UFABC	Universidade Federal do ABC	SP	SE	Ensino Superior Público Federal
20	UFAM	Universidade Federal do Amazonas	AM	N	Ensino Superior Público Federal
21	UFBA	Universidade Federal da Bahia	BA	NE	Ensino Superior Público Federal
22	UFC	Universidade Federal do Ceará	CE	NE	Ensino Superior Público Federal
23	UFCG	Universidade Federal de Campina Grande	PB	NE	Ensino Superior Público Federal
24	UFG	Universidade Federal de Goiás	GO	CO	Ensino Superior Público Federal
25	UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais	MG	SE	Ensino Superior Público Federal

26	UFPA	Universidade Federal do Pará	PA	N	Ensino Superior Público Federal
27	UFPE	Universidade Federal de Pernambuco	PE	NE	Ensino Superior Público Federal
28	UFPEL	Universidade Federal de Pelotas	RS	S	Ensino Superior Público Federal
29	UFPI	Universidade Federal do Piauí	PI	NE	Ensino Superior Público Federal
30	UFPR	Universidade Federal do Paraná	PR	S	Ensino Superior Público Federal
31	UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul	RS	S	Ensino Superior Público Federal
32	UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro	RJ	SE	Ensino Superior Público Federal
33	UFRR	Universidade Federal de Roraima	RR	N	Ensino Superior Público Federal
34	UFS	Universidade Federal de Sergipe	SE	NE	Ensino Superior Público Federal
35	UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina	SC	S	Ensino Superior Público Federal
36	UFSCAR	Universidade Federal de São Carlos	SP	SE	Ensino Superior Público Federal
37	UFSM	Universidade Federal de Santa Maria	RS	S	Ensino Superior Público Federal
38	UFU	Universidade Federal de Uberlândia	MG	SE	Ensino Superior Público Federal
39	UFV	Universidade Federal de Viçosa	MG	SE	Ensino Superior Público Federal
40	UNB	Universidade de Brasília	DF	CO	Ensino Superior Público Federal
41	UNESP	Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho	SP	SE	Ensino Superior Público Estadual
42	UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas	SP	SE	Ensino Superior Público Estadual
43	UNIFESP	Universidade Federal de São Paulo	SP	SE	Ensino Superior Público Federal
44	UNIFRA	Centro Universitário Franciscano	RS	S	Ensino Superior Privado
45	UNIFRAN	Universidade de Franca	SP	SE	Ensino Superior Privado
46	UNIMEP	Universidade Metodista de Piracicaba	SP	SE	Ensino Superior Privado
47	UNIPAMPA	Universidade Federal do Pampa	RS	S	Ensino Superior Público Federal
48	UNITAU	Universidade de Taubaté	SP	SE	Ensino Superior Público Municipal
49	UNIVAP	Universidade do Vale do Paraíba	SP	SE	Ensino Superior Privado
50	UNIVASF	Fundação Universidade Federal do Vale do São Francisco	PE	NE	Ensino Superior Público Federal
51	USP	Universidade de São Paulo	SP	SE	Ensino Superior Público Estadual

^{1/} Algumas instituições, como EMBRAPA, por exemplo, têm seus grupos cadastrados em mais de uma UF ou Região.

^{2/} As instituições que possuem pelo menos um curso de pós-graduação foram consideradas como instituição de ensino (Ex: IMPA, INPA, CBPF, INPE).

Anexo 3 - Patentes

	PAT. NO.	Titulo	Ano de deposição	País	Instituição	Área de aplicação	Nanotecnologia
1	7,715,002	Method for classifying scientific materials such as silicate materials, polymer materials and/or nanomaterials	2007	Neumarkt, DE	Bionorica AG	Polimeros e Nanomateriais	Caracterização de nanomateriais
2	7,714,317	Assembly of ordered carbon shells on semiconducting nanomaterials	2007	Upton, NY	Brookhaven Science Associates, LLC	Nanomateriais	Encapsulamento de nanomateriais
3	7,708,974	Tungsten comprising nanomaterials and related nanotechnology	2005	Cleveland, OH	PPG Industries Ohio, Inc.	Nanomateriais	Preparo de nanomateriais, Eletrônica
4	7,704,549	Nanomaterials of composite metal oxides	2006	Wako-shi, JP	Riken	Compositos	Preparo de nanomateriais
5	7,682,750	Lithium ion battery comprising nanomaterials	2005	Tu-Cheng, Taipei Hsien, TW	Hon Hai Precision Industry Co., Ltd.	Nanomateriais de carbono	Energia
6	7,680,553	Methods of interfacing nanomaterials for the monitoring and execution of pharmaceutical manufacturing processes	2007	Santa Monica, CA	SMP Logic Systems LLC	Farmácia	Biosensores
7	7,666,381	Continuous production of carbon nanomaterials using a high temperature inductively coupled plasma	2004	Walla Walla, WA	Plasmet Corporation	Nanomateriais de carbono	carb
8	7,608,331	Cladophora-form carbon comprising carbon nanomaterials radially grown on a spherical core, process for producing the same and production apparatus	2005	Ibaraki, JP	National Institute for Materials Science	Nanomateriais de carbono	Preparo de nanomateriais
9	7,544,546	Formation of carbon and semiconductor nanomaterials using molecular assemblies	2006	Armonk, NY	International Business Machines Corporation	Nanomateriais de carbono	Preparo de nanomateriais, Eletrônica
10	7,485,367	CaCO ₃ /SiO ₂ .nH ₂ O nanocomposite particles and SiO ₂ .nH ₂ O hollow-structures nanomaterials and synthesizing method	2004	Beijing, CN; Singapore, SG	Beijing University of Chemical Technology; Nanomaterials Technology PTE Ltd.	Compositos	Preparo de nanomateriais
11	7,429,339	Magnetic nanomaterials and synthesis method	2003	Austin, TX	Freescale Semiconductor, Inc.	Nanomateriais	Eletrônica

12	7,296,576	Polymers for enhanced solubility of nanomaterials, compositions and methods therefor	2004	Columbus, OH	Zyvox Performance Materials, LLC	Polimeros	Preparo de nanomateriais
13	7,211,320	Purification of fluids with nanomaterials	2004	Woodstock, VT	Seldon Technologies, LLC	Nanomateriais de carbono	Preparo de nanomateriais e purificação
14	7,175,778	Self-aligning QCA based nanomaterials	2003	Briarcliff Manor, NY	Nanocrystals Technology LP	Nanomateriais	Eletrônica, Preparo de nanomateriais
15	7,157,066	Combustion process for synthesis of carbon nanomaterials from liquid hydrocarbon	2002	Wheat Ridge, CO	TDA Research, Inc.	Nanomateriais de carbono	Preparo de nanomateriais
16	7,132,697	Nanomaterials for quantum tunneling varistors	2004	Niwot, CO; Boulder, CO; Tulsa, OK	Weimer, Alan W.; George, Steven M.; Dutcher, Clinton.	Nanomateriais	Preparo de nanomateriais
17	7,060,390	Lithium ion battery comprising nanomaterials	2003	Taipei Hsien, TW	Hon Hai Precision Ind. Co., Ltd.	Nanomateriais de carbono	Energia
18	7,013,965	Organic matrices containing nanomaterials to enhance bulk thermal conductivity	2003	Niskayuna, NY	General Electric Company	Polimeros	Preparo de nanomateriais
19	7,007,872	Methods for modifying the surface area of nanomaterials	2004	Longmont, CO	NanoProducts Corporation	Nanomateriais	Preparo de nanomateriais
20	6,979,415	Luminescent nanomaterials powders having predetermined morphology and method of making	2004	Niskayuna, NY	General Electric Company	Nanomateriais	Energia
21	6,962,685	Synthesis of magnetite nanoparticles and the process of forming Fe-based nanomaterials	2002	Armonk, NY	International Business Machines Corporation	Nanomateriais	Preparo de nanomateriais
22	6,737,463	Nanomaterials and magnetic media with coated nanostructured fillers and carriers	2002	Longmont, CO	NanoProducts Corporation	Compositos, nanomateriais	Eletrônica
23	6,713,176	Processing and manufacturing methods enabled using non-stoichiometric nanomaterials	2001	Longmont, CO	NanoProducts Corporation	Nanomateriais	Preparo de nanomateriais
24	6,190,634	Carbide nanomaterials	1995	Cambridge, MA	President and Fellows of Harvard College	Nanomateriais	Preparo de nanomateriais
25	7,713,448	Carbon nanomaterial dispersion and stabilization	2007	Honolulu, HI	Oceanit Laboratories, Inc.	Nanomateriais de carbono	Preparo de nanomateriais
26	7,666,327	Multifunctional cementitious nanocomposite material and methods of making the same	2008	Honolulu, HI	Oceanit Laboratories, Inc.	Nanomateriais	Preparo de nanomateriais, construção

27	7,658,870	Polymer matrix composites with nano-scale reinforcements	2006	(Honolulu, HI)	University of Hawaii	Nanomateriais de carbono, Compositos, Polimeros	Preparo de nanomateriais
28	7,645,439	Nanostructured titanium oxide material and its synthesis procedure	2005	Mexico City, MX	Instituto Mexicano del Petroleo	Nanomateriais	Preparo de nanomateriais
29	7,591,897	Method for the rapid synthesis of large quantities of metal oxide nanowires at low temperatures	2006	Louisville, KY	University of Louisville Research Foundation, Inc.	Nanomateriais	Preparo de nanomateriais
30	7,591,871	Solution synthesis of germanium nanocrystals	2005	Albuquerque, NM	Sandia Corporation	Nanomateriais	Preparo de nanomateriais
31	7,550,520	Method of preparing high orientation nanoparticle-containing sheets or films using ionic liquids, and the sheets or films produced thereby	2006	Armonk, NY	International Business Machines Corporation	Nanomateriais de carbono	Preparo de nanomateriais e eletrônica
32	7,531,277	Self erasing photoreceptor containing an electroluminescent nanomaterial	2006	Norwalk, CT	Xerox Corporation	Nanomateriais	Eletrônica
33	7,515,333	Nanotechnology-enabled optoelectronics	2003	Palo Alto, CA	Nanosys, Inc.	Nanomateriais	Eletrônica
34	7,498,005	Nanoparticles of rare earth oxides	2007	Cleveland, OH	PPG Industries Ohio, Inc.	Nanomateriais	Preparo de nanomateriais
35	7,412,121	Nanophotonic integrated circuit and fabrication thereof	2006	Hummelstown, PA	Applied Research and Photonics, Inc.	Nanomateriais	Eletrônica
36	7,348,298	Enhancing thermal conductivity of fluids with graphite nanoparticles and carbon nanotube	2003	Dublin, OH	Ashland Licensing and Intellectual Property, LLC	Nanomateriais de carbono	Preparo de nanomateriais
37	7,344,961	Methods for nanowire growth	2005	Palo Alto, CA	Nanosys, Inc.	Nanomateriais	Preparo de nanomateriais
38	7,339,184	Systems and methods for harvesting and integrating nanowires	2005	Palo Alto, CA	Nanosys, Inc.	Nanomateriais	Preparo de nanomateriais e Eletrônica
39	7,279,222	Solid-state hydrogen storage systems	2004	San Francisco, CA	Fuelsell Technologies, Inc.	Nanomateriais	Energia

40	7,279,137	Burners and combustion apparatus for carbon nanomaterial production	2002	Wheat Ridge, CO	TDA Research, Inc.	Nanomateriais de carbono	Preparo de nanomateriais
41	7,265,174	Halogen containing-polymer nanocomposite compositions, methods, and products employing such compositions	2002	Clemson, SC	Clemson University	Nanomateriais de carbono	Preparo de nanomateriais
42	7,183,228	Carbon nanotube growth	2002	Palo Alto, CA	The Board of Trustees of the Leland Stanford Junior University	Nanomateriais de carbono	Preparo de nanomateriais
43	7,169,556	Nanoparticles having oligonucleotides attached thereto and uses therefor	2002	Northbrook, IL	Nanosphere, Inc.	Biotecnologia	Biosensor
44	7,157,066	Combustion process for synthesis of carbon nanomaterials from liquid hydrocarbon	2002	Wheat Ridge, CO	TDA Research, Inc.	Nanomateriais de carbono	Preparo de nanomateriais
45	7,150,863	Polynuclear aromatic hydrocarbons for fullerene synthesis in flames	2002	Wheat Ridge, CO	TDA Research, Inc.	Nanomateriais de carbono	Preparo de nanomateriais
46	7,128,891	Process of making metal containing iron oxide and iron sulfide based nanoparticle materials	2005	Armonk, NY	International Business Machines Corporation	Nanomateriais	Preparo de nanomateriais
47	7,067,328	Methods, devices and compositions for depositing and orienting nanostructures	2003	Palo Alto, CA	Nanosys, Inc.	Nanomateriais	Preparo de nanomateriais
48	7,047,792	Surface acoustic wave hydrogen sensor	2004	Tampa, FL	University of South Florida	Nanomateriais	Sensor
49	6,977,767	Plasmonic nanophotonics methods, materials, and apparatuses	2002	Las Cruces, NM	Arrowhead Center, Inc.	Nanomateriais	Preparo de nanomateriais
50	6,923,915	Process for the removal of impurities from combustion fullerenes	2002	Wheat Ridge, CO	TDA Research, Inc.	Nanomateriais de carbono	Preparo de nanomateriais
51	6,887,291	Filter devices and methods for carbon nanomaterial collection	2002	Wheat Ridge, CO	TDA Research, Inc.	Nanomateriais de carbono	Preparo de nanomateriais
52	6,872,330	Chemical manufacture of nanostructured materials	2002	Oakland, CA	The Regents of the University of California	Nanomateriais	Preparo de nanomateriais

53	6,813,931	Nanocomposite devices and related nanotechnology	2001	Longmont, CO	NanoProducts Corporation	Compositos	Preparo de nanomateriais, Sensores e Biosensores
54	6,646,026	Methods of enhancing dyeability of polymers	2002	Boston, MA	University of Massachusetts	Polimeros, Compositos	Preparo de nanomateriais
55	6,569,518	Nanotechnology for electrochemical and energy devices	2002	Longmont, CO	NanoProducts Corporation	Nanomateriais	Eletrônica
56	6,531,704	Nanotechnology for engineering the performance of substances	2000	Longmont, CO	NanoProducts Corporation	Nanomateriais	Eletrônica
57	5,876,683	Combustion flame synthesis of nanophase materials	1995	Piscataway, NJ	Glumac, Nicholas; Kear, Bernard H.; Skandan, Ganesh; Chen, Yijia.	Nanomateriais, Catalise	Preparo de nanomateriais, Eletrônica
58	7,666,381	Continuous production of carbon nanomaterials using a high temperature inductively coupled plasma	2004	Walla Walla, WA	Plasmet Corporation	Nanomateriais de carbono	Preparo de nanomateriais
59	7,713,350	Inorganic colors and related nanotechnology	2007	Cleveland, OH	PPG Industries Ohio, Inc.	Nanomateriais	Pigmento
60	7,626,297	Mass magnifier using magnetic fields and mu-metal to provide an energy storage flywheel for use in conventional, microtechnology, and nanotechnology engines	2007	Carson City, NV	Bridgeway Research, Inc.	Nanomateriais	Energia e Eletrônica
61	7,409,375	Plasticity-induced self organizing nanotechnology for the extraction of independent components from a data stream	2005	Albuquerque, NM	Knowmtech, LLC	Biotecnologia	
62	7,387,673	Color pigment nanotechnology	2003	Cleveland, OH	PPG Industries Ohio, Inc.	Nanomateriais	Pigmento
63	7,341,757	Polymer nanotechnology	2005	Longmont, CO	NanoProducts Corporation	Polimeros, Compositos, Argilas, Farmácia	Preparo de nanomateriais
64	7,232,556	Titanium comprising nanoparticles and related nanotechnology	2004	Longmont, CO	NanoProducts Corporation	Nanomateriais	Preparo de nanomateriais
65	7,195,701	Electrochemical depositions applied to nanotechnology composites	2003	Chicago, IL	The Boeing Company	Polimeros, Compositos, Nanomateriais de carbono	Preparo de nanomateriais
66	7,081,267	Nanostructured powders and related nanotechnology	2003	Longmont, CO	NanoProducts Corporation	Nanomateriais, Cerâmicas	Preparo de nanomateriais

67	7,064,000	Methods of chemically assembled electronic nanotechnology circuit fabrication	2004	Pittsburgh, PA	Carnegie Mellon University	Nanomateriais	Eletrônica
68	6,946,197	Semiconductor and device nanotechnology and methods for their manufacture	2004	Longmont, CO	NanoProducts Corporation	Biotecnologia	Preparo de materiais, Sensores e Eletrônica
69	6,933,331	Nanotechnology for drug delivery, contrast agents and biomedical implants	2001	Longmont, CO	NanoProducts Corporation	Biotecnologia e Farmácia	Preparo de nanomateriais
70	6,726,992	Nano-engineered phosphors and related nanotechnology	2003	Longmont, CO	NanoProducts Corporation	Nanomateriais	Preparo de nanomateriais
71	6,607,779	Nanotechnology for photonic and optical components	2002	Longmont, CO	NanoProducts Corporation	Nanomateriais	Eletrônica
72	6,602,595	Nanotechnology for inks and dopants	2002	Longmont, CO	NanoProducts Corp.	Nanomateriais	Sensor
73	6,602,543	Nanotechnology for magnetic components	2002	Longmont, CO	NanoProducts Corporation	Nanomateriais	Eletrônica
74	6,576,355	Nanotechnology for electronic and opto-electronic devices	2002	Longmont, CO	NanoProducts Corporation	Nanomateriais	Eletrônica
75	6,569,490	Nanotechnology for chemical radiation, and biotechnology sensors	2002	Longmont, CO	NanoProducts Corporation	Biotecnologia	Biosensores
76	7,683,098	Manufacturing methods for nanomaterial dispersions and products thereof	2005	Cleveland, OH	PPG Industries Ohio, Inc.	Nanomateriais	Preparo de nanomateriais
77	7,657,447	System and method for identifying and evaluating nanomaterial-related risk	2008	Hartford, CT	Hartford Fire Insurance Company	Nanomateriais	Caracterização de nanomateriais
78	7,635,423	Redox potential mediated, heterogeneous, carbon nanotube biosensing	2005	Wilmington, DE	E. I. du Pont de Nemours and Company	Nanomateriais de carbono	Sensor
79	7,632,482	Method for nano-pumping using carbon nanotubes	2006	Washington, DC	The United States of America as represented by the United States Department of Energy	Nanomateriais de carbono	Preparo de nanomateriais
80	7,559,494	Method of forming non-stoichiometric nanoscale powder comprising temperature-processing of a stoichiometric metal compound	2003	Cleveland, OH	PPG Industries Ohio, Inc.	Nanomateriais	Preparo de nanomateriais
81	7,553,369	Method of altering the properties of a thin film and substrate implementing said method	2003	Villeurbanne Cedex, FR	Universite Claude Bernard Lyon 1	Nanomateriais	Preparo de nanomateriais e Eletrônica
82	7,504,014	High density interconnections with nanowiring	2005	Kawasaki, JP	Fujitsu Limited	Nanomateriais de carbono	Preparo de nanomateriais

83	7,453,412	Nanostructured, magnetic tunable antennas for communication devices	2007	Schaumburg, IL	Motorola, Inc.	Nanomateriais	Eletrônica
84	7,434,445	Apparatus for determining cantilever parameters	2006	Santa Barbara, CA	Asylum Research Corporation	Nanomateriais	Caracterização de nanomateriais
85	7,368,564	Bridged macrocyclic module compositions	2005	Longmont, CO	NanoProducts Corporation	Composito	Preparo de nanomateriais
86	7,318,908	Integrated nanotube sensor	2002	Palo Alto, CA	The Board of Trustees of the Leland Stanford Junior University	Nanomateriais de carbono; Biotecnologia	Sensor
87	7,306,822	Products comprising nano-precision engineered electronic components	2004	Longmont, CO	NanoProducts Corporation	Nanomateriais	Purificação; Energia, Eletrônica
88	7,254,151	Nanoscale coherent optical components	2003	Cambridge, MA	President & Fellows of Harvard College	Nanomateriais	Eletrônica
89	7,219,314	Application-specific methods for testing molelectronic or nanoscale devices	2004	San Jose, CA	Xilinx, Inc.	Nanomateriais	Caracterização de nanomateriais
90	7,129,081	Apparatus and method for detecting microorganisms	2003	Basel, CH	Universitat Basel	Biotecnologia	Biosensores
91	7,115,881	Positioning and motion control by electrons, ions, and neutrals in electric fields	2002	Redwood City, CA; Palo Alto, CA)	Rabinowitz, Mario; Davidson; Mark	Nanomateriais	Eletrônica
92	7,084,384	Diffraction optical position detector in an atomic force microscope having a moveable cantilever	2005	Santa Barbara, CA	Asylum Research Corporation	Biotecnologia, Nanomateriais	Biosensores, Sensores
93	7,066,005	Noncontact sensitivity and compliance calibration method for cantilever-based instruments	2002	Santa Barbara, CA	Asylum Research Corporation	Biotecnologia, Nanomateriais	Biosensores, Sensores
94	7,048,771	Dyeing textiles using nanoparticles	2001	Oakland, CA	University of California	Nanomateriais	Pigmento
95	6,998,358	Method for providing nano-structures of uniform length	2004	Wilmington, DE	E.I. du Pont de Nemours and Company	Nanomateriais	Preparo de nanomateriais

96	6,974,706	Application of biosensors for diagnosis and treatment of disease	2003	Gainesville, FL	University of Florida Research Foundation, Inc.	Biotecnologia	Biosensores
97	6,960,772	Mask carrier	2004	Armonk, NY	International Business Machines Corporation	Nanomateriais	Sensor
98	6,884,981	Diffractive optical position detector	2002	Santa Barbara, CA	Asylum Research Corp.	Biotecnologia, Nanomateriais	Biosensores, Sensores
99	6,855,426	Methods for producing composite nanoparticles	2002	Longmont, CO	NanoProducts Corporation	Compositos, Cerâmicas, Farmácia, Polimeros	Preparo de nanomateriais
100	6,562,495	Nanoscale catalyst compositions from complex and non-stoichiometric compositions	2002	Longmont, CO	NanoProducts Corporation	Catálise	Preparo de nanomateriais
101	6,554,609	Nanotechnology for electrical devices	2002	Longmont, CO	NanoProducts Corporation	Nanomateriais	Eletrônica
102	6,357,910	Multiwavelength pyrometer for measurement in hostile environments	1999	Blacksburgh, VA	PhotoSonic, Inc.	Nanomateriais	Sensor
103	6,064,081	Silicon-germanium-carbon compositions and processes thereof	1998	Tempe, AZ; Oakland, CA; Tempe, AZ	Lawrence Semiconductor Research Laboratory, Inc. ; The Regents of the University of California; The Arizona Board of Regents	Nanomateriais de carbono	Preparo de nanomateriais, Eletrônica
104	5,961,877	Wet chemical etchants	1995	Goleta, CA; Chandler, AZ; Davis, CA; Hillsboro, OR	Robinson, McDonald; Westhoff, Richard C.; Hunt, Charles E.; Ling, Li	Nanomateriais de carbono	Preparo de nanomateriais, Eletrônica
105	5,912,069	Metal nanolaminate composite	1996	Tucson, AZ	Sigma Laboratories of Arizona	Polimeros	Preparo de nanomateriais
106	5,906,708	Silicon-germanium-carbon compositions in selective etch processes	1995	Tempe, AZ	Lawrence Semiconductor Research Laboratory, Inc.	Nanomateriais de carbono	Preparo de nanomateriais, Eletrônica
107	5,630,880	Method and apparatus for a large volume plasma processor that can utilize any feedstock material	1996	Spring, TX	Eastlund; Bernard J.	Nanomateriais	Preparo de nanomateriais

108	7,064,000	Methods of chemically assembled electronic nanotechnology circuit fabrication	2004	Pittsburgh, PA	Carnegie Mellon University	Nanotecnologia	Eletrônica
-----	-----------	---	------	----------------	----------------------------	----------------	------------