

A RELAÇÃO DOS NANOMATERIAIS COM A NOVA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

Luzia Dizulina SALLA*

Luiz Paulo CADIOLI**

RESUMO

Ao longo da história da humanidade, os materiais sempre se fizeram presentes na vida do homem. No ano de 1970, devido aos avanços obtidos pela sociedade, surge o termo Novos materiais, que engloba os materiais recém descobertos ou desenvolvidos e aqueles já conhecidos que evoluíram tecnologicamente na fabricação e no uso de suas funções. Junto aos novos materiais, surgem os nanomateriais, que apresentam novas e distintas propriedades, processabilidades e capacidades, em razão de serem manipulados numa precisão de nível atômico de 10^{-9} m. Contudo, pequenas modificações na estrutura podem apresentar características não presentes em materiais obtidos através de técnicas tradicionais. Os nanomateriais oferecem oportunidades sem precedentes na história da humanidade, pois permitirá ao homem trabalhar com materiais antes jamais imaginados. Os nanomateriais transformarão radicalmente os processos e os produtos da atual civilização industrial, trata-se do elemento fundamental da nova revolução industrial, fruto da nanotecnologia.

PALAVRAS-CHAVE: Humanidade. Materiais. Nanomateriais. Revolução Industrial.

INTRODUÇÃO

Uma nítida relação dos modos produtivos com os materiais deve ser considerada. Basta olhar os antepassados do homem atual, quando começaram a fabricar suas primeiras ferramentas de pedra, seu interesse já era obter um meio para facilitar a produção de seu alimento, de sua vestimenta e etc.

Com o passar do tempo a relação dos modos produtivos com os materiais se aperfeiçoou ainda mais. Novos materiais começaram a incorporar-se constantemente na produção industrial mundial, em todos os ramos. Nota-se que existe um equilíbrio da demanda de novos materiais para a industrial e o desenvolvimento dos mesmos. De acordo com Dos Campos (2004)

Sucessora natural da microeletrônica, a nanotecnologia já é uma realidade em várias áreas do conhecimento e está revolucionando a produção industrial com a evolução do domínio humano sobre a matéria. A habilidade de trabalhar átomo por átomo criando novos materiais e sistemas com estruturas de organização molecular nanométricas - a bilionésima parte do metro, movimenta bilhões de dólares e seus efeitos já fazem parte do cotidiano das pessoas.

A nanotecnologia apresenta a área dos nanomateriais como uma das mais promissoras fontes impulsionadoras de uma nova revolução industrial. Novos materiais com novas e distintas propriedades passarão a fazer da rota produtiva das indústrias do mundo todo.

É visível a necessidade de indústrias incorporarem os nanomateriais em seus processos produtivos, por

* Discente da Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga. – luziasalla@yahoo.com.br

** Docente da Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga e da Faculdade Politécnica de Matão -Anhanguera Educacional.- luiz.cadioli@unianhanguera.edu.br

se tratar de materiais com características extremamente novas, antes fora impensáveis pelo homem, oferecendo oportunidades sem precedentes na história da humanidade.

Trata-se de uma revolução industrial amparada nos nanomateriais, com as mais rápidas e profundas mudanças, que a humanidade já registrou. Conforme Fuchs 2004, apud. Araújo (2005), “o mundo esta diante da promessa de uma nova revolução industrial, que introduzirá até 2008, produtos baratos, recicláveis e de fabricação simples”.

Evolução da utilização dos materiais

A presença dos materiais tem definindo a história do homem, ao longo de milhares de anos.

Cohen (1979) destaca que,

Os materiais estão em toda a nossa volta; estão engajados em nossa cultura e presentes em nossa mais ampla existência. Eles têm estado tão intimamente relacionados com a emergência e ascensão do homem, que acabaram por dar nome a Idades da civilização, como a Idade da Pedra, a Idade do Bronze e a Idade do Ferro.

Num contexto de aproximadamente 200 mil anos, começou a introdução dos primeiros materiais na vida humana. O nosso ancestral, o homem de Neandertal que ocupou a Europa e o Oriente Médio, visando suprir a necessidade de sua sobrevivência, começou a lascar e polir pedaços de pedra, objetivando a criação e produção de instrumentos, ou seja, ferramentas, tais como: raspadeiras para confeccionar vestimentas, e machadinhas, facas, lanças e laminas, para caça, cirurgia e outras utilidades. Este homem foi o alicerce, para utilização dos materiais por gerações posteriores.

Com o decorrer do tempo o homem foi descobrindo novos materiais, como, por exemplo, a argila, que permitiu assim, a criação de utensílios para armazenar alimentos e facilitar o transporte de objetos, que foi o primeiro impulso do desenvolvimento das cerâmicas.

Milênios depois nossos antepassados descobriram os materiais metálicos, a exemplo do ferro, bronze, ouro e prata, que foram, e são até hoje, a base de desenvolvimento de centenas de aplicações que utilizamos em no dia-a-dia de nossa vida.

Os primeiros utensílios a partir de metais e ligas, como o arado, a carroça e as embarcações a vela, que o homem tem informação, possuem aproximadamente no ano 5.000 AC .

O cobre, a prata, o chumbo, o estanho, o ferro, o mercúrio e o ouro, já eram conhecidos no começo da era cristã. Mas a informação sobre esses metais e suas possibilidades aplicativas eram bem restritas, pois tudo o que se sabia sobre estes metais era fruto de boa vontade dos alquimistas da época, sendo totalmente empíricos, ou seja sem comprovação científica.

Com o avanço do conhecimento e da ciência, os cientistas ampliaram seus estudos e visões sobre os materiais, descobrindo sua natureza utilizando-se de microscópios, possibilitando assim a identificação de novas propriedades dos materiais, seus limites e como manipulá-los de maneira a produzir novas aplicações.

Isso resultou num grande salto para a civilização humana que então iniciou pesquisas mais detalhadas e, desta forma, dominou os materiais, suas estruturas, seus arranjos de átomos e como consequência seus processos de fabricação e transformação.

O conjunto destes conhecimentos, passou a ser chamado de Ciência dos Materiais e em seu desdobramento a Engenharia de Materiais. A figura 1 mostra toda a evolução dos materiais, até chegar a Engenharia de Materiais.

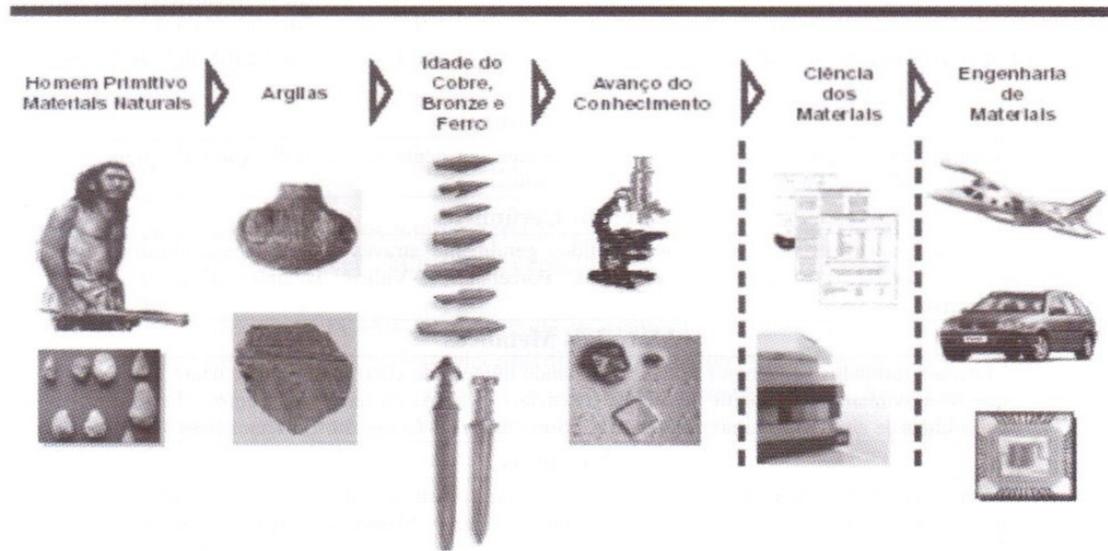


Figura 1: Evolução histórica dos materiais.
Fonte: Instituto Inovação (2004).

Definição de materiais e do conceito de novos materiais

Material é definido como qualquer substância que pode ser usada em aplicações práticas. Materiais são uma parte da matéria do universo; de forma mais específica, são as substâncias cujas propriedades as tornam utilizáveis em estruturas, máquinas, dispositivos, ou produtos consumíveis. Nelas se incluem os metais, as cerâmicas, os polímeros (plásticos), os semicondutores, os supercondutores, os vidros, os dielétricos, as fibras, a madeira, a areia, a pedra e vários conjugados (compósitos).

No começo do ano de 1970, devido avanços obtidos pela sociedade, surge o termo Novos materiais. Conforme Instituto Inovação (2004), os novos materiais tem como objeto os materiais recém-descobertos ou desenvolvidos. Engloba também aqueles já conhecidos que evoluíram tecnologicamente na fabricação e no uso de suas funções. A Ciência dos Materiais foi a consequência direta do domínio das condições otimizadas de controle dos processos de fabricação desenvolvidos ao longo dos anos e do desenvolvimento de equipamentos hoje disponíveis ao uso por parte de engenheiros e pesquisadores.

Novos materiais, suas classes e sua importância

Os materiais estão presentes por toda a parte. A complexidade dos materiais, levou a divisão de classes, visando maior compreensão e domínio do entendimento humano, sobre materiais. A tabela 1 mostra as classes de materiais, como são encontrados ou obtidos e os componentes que fazem parte destas classes de materiais.

As classes de materiais, mostra com grande evidência que os materiais fazem parte do dia-a-dia da vida humana, suas aplicações são variadas e distintas. De acordo com Cohem (1979) “eles são, sem dúvida, a substância de trabalho de nossa sociedade; desempenham uma função crucial não somente em nosso desenvolvimento natural de vida, mas, também, no bem-estar e na segurança de nações”.

Materiais Naturais
Materiais encontrados na natureza que não passaram por nenhuma transformação industrial. Como: - Madeira,- Pedras,- Ossos, e – Pêlos de animais.
Materiais Cerâmicos
Materiais inorgânicos, não metálicos, obtidos geralmente através de tratamento térmico. Como: -Cerâmicas estruturais, - Refratários, -Porcelanas, -Vidros, -Isolantes, -Cimento, - Concreto.
Materiais Metálicos
Materiais formados por átomos dotados de grande número de elétrons suficientemente livres que se movimentarem a partir de baixos potenciais elétricos ou térmicos. Como: - Ferro e aço,- Ligas de alumínio, -Ligas não-ferrosas, -Superligas, e – Compostos intermetálicos
Polímeros
Substância constituída de moléculas caracterizadas pela repetição múltipla de uma de uma ou mais espécies de átomos ou grupos de átomos. Como: - Plásticos, -Cristais líquidos, e- Adesivos.
Compósitos
São materiais desenvolvidos a partir da associação de dois ou mais materiais de diferentes classes. Como: -Compósitos Polímeros Metais, - Vidros Fosfatados, -Fibras de Carbono, e - Resinas Termoplásticas

Tabela 1: Classes de Materiais
 FONTE: Instituto Inovação (2004), adaptado.

São imensas as oportunidades que os materiais oferecem, conforme o Instituto Inovação (2004), “(...) calcula-se que tenhamos hoje cerca de 50.000 diferentes tipos de materiais presentes em diversas indústrias”.

De acordo com a Pós-Graduação de Materiais (PGMAT), Ciência e Engenharia de Materiais (CEM) da Escola de Engenharia de Lorena EEL-USP (2004),

Para tal, basta um simples olhar para tudo o que nos rodeia: carros, aviões, computadores, televisões, rádios, telefones, equipamentos, dispositivos biomédicos (válvulas artificiais, próteses, entre outros). Todas estas aplicações necessitaram do desenvolvimento de materiais e processos de fabricação, a fim de lhes serem conferidas as propriedades e funcionalidades requeridas para estes materiais.

A ciência dos materiais não é hoje uma ciência estagnada, mas sim uma ciência em plena evolução, que visa apontar as tendências demandada pelas indústrias por novos materiais, representando em novas oportunidades de negócios, através de novas e distintas aplicações, na qual novos materiais podem resultar.

Buscando atender as demandas dos materiais, frente a uma revolucionária tecnologia, denominada de nanotecnologia, surge os nanomateriais.

O que são nanomateriais?

Grande parcela das nanociências e nanotecnologias foca a produção de novos materiais. Através do controle da microestrutura dos materiais, numa precisão de 10^{-9} m, pode-se obter materiais com novas propriedades. Segundo Durán, Mattoso e De Moraes (2006), após controlar as características de tamanho, será possível melhorar as propriedades dos materiais e as funções dos dispositivos.

De acordo com Conde (2004), os nanomateriais são novos tipos de materiais, que apresentam novas e distintas propriedades, processabilidades e capacidades.

A essência da nanotecnologia, está na habilidade de manipular a matéria na escala atômica, visando criar estruturas com uma organização molecular diferenciada. Sua reduzida escala molecular permitirá aos cientistas sintetizar a matéria da forma mais adequada desta matéria. Sensíveis alterações na estrutura da matéria, podem acarretar em melhorias nas características físicas, químicas, mecânicas e biológicas de um determinado material.

Pequenas modificações na estrutura podem apresentar características não presentes em materiais obtidos através de técnicas tradicionais, além de fenômenos associados a pequena dimensão em que a nanotecnologia atua não são totalmente previsíveis, e sua compreensão pode levar a concepção de materiais com características inéditas.

Contudo existe uma relação nítida entre as estruturas, propriedades e processamento de materiais, e quando umas destas variáveis são alteradas, conseqüentemente as outras duas também, com isso o número de novos materiais obtidos através da nanotecnologia pode ser incalculável, com propriedades distintas, visando melhor satisfazer a produção de bens que satisfaçam o homem moderno e sua necessidade.

Conforme Durán, Mattoso e De Moraes (2006),

Embora a nanomanipulação não seja factível devido suas limitações de conhecimento e de equipamentos apropriados, a tecnologia em escala nanométrica vem sendo praticada há séculos, de forma indireta. Na realidade o homem tem empregado nanomateriais desde os tempos remotos quando os antigos artífices utilizavam argila para confecção de utensílios domésticos ou incorporavam a vidros partículas finamente divididas para criação para criação dos mais variados tipos de utensílios e cores.

Os nanomateriais, conforme Durán, Mattoso e De Moraes (2006), “serão precursores de uma idade revolucionária para ciência e tecnologia, contando que possamos descobrir e utilizar completamente

as características marcantes desses materiais”. A clara importância dos nanomateriais fica evidente no mundo científico e tecnológico, tendo em vista que nenhum avanço anteriormente concebido na ciência de materiais, tenha obtido resultados tão revolucionários, tais como os resultados obtidos pelos nanomateriais. Os nanomateriais serão essenciais mecanismos revolucionadores na ciência e tecnologia, por se tratar da possibilidade de compreender novas propriedades, características e utilizações, antes desconhecidas pelo homem.

O papel dos nanomateriais, frente a nova revolução industrial

A nanotecnologia promete ser o fator portador de uma nova revolução industrial, segundo Pires et.al (2005),

A nanotecnologia está associada à síntese de novos materiais, tais como, plásticos especiais, cerâmicas e outros materiais de alta confiabilidade que poderão produzir, por exemplo, vestimentas protetoras especiais, capazes de alterar suas propriedades físico-químicas tais como: maleabilidade, dureza, resistência mecânica, e resistência à corrosão quando sob o efeito de um agente catalisador.

Compreende-se que os novos materiais, ou seja os nanomateriais, se apresentam como elemento chave deste processo revolucionário. Conforme Treder (2004), apud Brazil (2004), “a manipulação de nanoestruturas, isto é, de materiais com dimensões nanométricas, do tamanho de moléculas, oferece oportunidades sem precedentes na história da humanidade”.

Para Durán, e De Azevedo (2004), “nanopartículas, nanoesferas e outros materiais nanoestruturados são produtos do atual interesse em nanomateriais. Embora ainda não tenha revolucionado inteiramente nosso cotidiano, nanomateriais são os componentes chaves no mercado do futuro da alta tecnologia”.

Os nanomateriais devem ser responsáveis por apresentar novos materiais, com características distintas e necessárias ao desenvolvimento da produção, além de redução de custo e aumento da qualidade.

A nova revolução industrial e suas alterações nos modos produtivos

Uma revolução industrial se caracteriza pela ruptura repentina de determinados modos produtivos, inserindo novos métodos e meios produtivos, agregando melhoria de produtividade, caracterizando-se pela inserção de uma nova tecnologia.

Ao longo da história da humanidade o homem vem passando por períodos de evolução nas formas produtivas, até chegar ao ponto obter a primeira revolução industrial, iniciada na Grã-Bretanha há pouco mais de dois séculos, e a humanidade assistiu à transformação da energia em força mecânica, sob a forma de caldeiras e máquinas a vapor, resultando entre outros avanços materiais, no impulso dado às indústrias manufatureiras. De acordo com Orlandi (2005) “nela, os meios de produção se modernizaram com a invenção de máquinas (um marco foi o tear), construção de estradas de ferro, e etc. Os trabalhadores passaram a realizar trabalhos mecânicos e repetitivos, tudo em nome da produtividade”.

A segunda revolução industrial, ocorrida a aproximadamente um século após a primeira revolução industrial, teve como alvo a eletricidade e a química, resultando em novos tipos de motores, elétricos e à explosão, e também em novos materiais e processos inéditos de fabricação. Vale ressaltar o surgimento das grandes empresas, às vezes organizadas em cartéis.

A terceira revolução industrial, colocou em ação os circuitos eletrônicos e, em seguida, os circuitos integrados, conhecidos como os *microchips*, mudando as formas de comunicação e de informação, com o avanço da *internet* e do comércio eletrônico e voltada de forma ascendente para o lazer e comunicação.

E hoje, em pleno início do século XXI, estamos entrando em uma nova revolução, conforme De Almeida (2005),

O mundo encontra-se no limiar de uma nova revolução industrial, ou melhor, ele já está, de fato, mergulhado nela: trata-se, obviamente, da transformação radical dos processos e produtos de nossa atual civilização industrial por meio da aplicação do infinitamente pequeno às mais diferentes utilidades da vida diária. Essa revolução é bem mais importante, e mais desafiadora, do que aquelas que presidiram ao domínio do homem sobre as forças da natureza nas três revoluções anteriores ou etapas precedentes de progressos materiais e tecnológicos desta nossa civilização industrial.

Esta nova revolução industrial, é fruto da nanotecnologia, de acordo com Ministério da Ciência e Tecnologia, Programa de Desenvolvimento da Nanociência e Nanotecnologia do PPA 2004-2007,

Desde então, o domínio científico e tecnológico da escala nanométrica está passando por um surto de crescimento graças a novas ferramentas de pesquisa e a desenvolvimentos experimentais e teóricos. Disto resultam novos produtos e processos industriais em um ritmo extremamente acelerado. Estão surgindo classes inteiramente novas de dispositivos e sistemas micro e nano-fabricados. Esta nova situação parece indicar um novo salto da civilização tecnológica, porque oferece oportunidades científicas e industriais que eram impensáveis, até agora.

Invernizzi e Foladori (2006), chama a atenção para os quatro aspectos de ruptura tecnológica, característicos de uma revolução industrial, que a nanotecnologia pode provocar, sendo eles:

Em primeiro lugar, trata-se de construir do menor (átomos e moléculas) ao maior (produto final) – processo bottom-up –, em lugar de começar pela matéria física tal como está dada na natureza, segundo suas estruturas próprias de união, e reduzi-la ao tamanho dos objetos de uso, como se vinha fazendo até agora – processo top-down. Apesar de este caminho já ser conhecido em processos químicos, a novidade é que agora se podem manipular diretamente os átomos e moléculas para construir produtos (RS&RAE, 2004). Isto constitui uma novidade na história da humanidade e uma nova forma de pensar o mundo.

Em segundo lugar, neste nível atômico não há diferença entre a matéria biótica e a abiótica, de maneira que resulta potencialmente possível aplicar procedimentos biológicos aos processos materiais, ou interferir com materiais nos corpos vivos, adaptando estes últimos a determinados fins ou oferecendo vantagens particulares, ou também criar vida artificial para desempenhar funções específicas. Um exemplo seriam os dispositivos que permitiriam descansar o corpo sem dormir, o que seria muito útil na guerra e em outras atividades de grande intensidade física ou

mental.

Em terceiro lugar, as nanopartículas podem apresentar propriedades físicas e químicas (condutividade elétrica, mecânica, óptica, etc.) distintas dos mesmos elementos em escala macroscópica. Ao mudar as propriedades físicas da matéria, surgem possibilidades que surpreendem e entusiasma os cientistas e as empresas. Muitos dos nanomateriais que já estão à venda aproveitam esta vantagem. Os nanotubos de carbono, por exemplo, são mais duros que o diamante e entre cinqüenta e cem vezes mais fortes que o aço.

Por último, a nanotecnologia combina várias tecnologias e ciências, como a informática, a biotecnologia e a tecnologia de materiais. Esta convergência não é um elemento menor, se pensarmos que um verdadeiro desenvolvimento da nanotecnologia irá requerer uma formação profissional totalmente nova, que obrigará a redesenhar planos de estudo, talvez desde a educação primária.

A nanotecnologia traz consigo novos materiais, conseqüentemente novas formas de produção, que por sua vez exige um novo perfil profissional. A nanotecnologia alterará a ordem social, ambiental e econômica mundialmente, enquadrando-se perfeitamente como uma revolução, pelas alterações na estrutura atual.

Conforme Da Silva (2003),

O impacto desses desenvolvimentos sobre a economia mundial se prefigura enorme. Economia de matérias-primas, redução do consumo energético de importantes processos industriais, menos agressão ao meio ambiente e maior proteção à saúde do consumidor sob forma de maior controle, por exemplo, na aplicação de fertilizantes e defensivos agrícolas, etc... Nanotecnologia não é, hoje, uma mera promessa para o futuro. Ela já está presente no mercado mundial, sob forma de produtos tecnologicamente sofisticados, como microprocessadores de última geração, e de produtos tão corriqueiros como o vidro autolimpante lançado recentemente por uma grande empresa do ramo.

A velocidade na qual a onda tecnológica, causada pela nanotecnologia, vem ocorrendo tem chamado a atenção de países e empresas, ela está avançando mais rápido do que se esperava, desenvolvendo projetos em quase todas as áreas do conhecimento, desde novos métodos para armazenar e manipular as informações até a construção de máquinas minúsculas baseadas em átomos ou moléculas. De acordo com Treder (2004), apud Brazil (2004),

(...) os impactos da nanotecnologia serão comparáveis aos registrados nas revoluções industriais dos dois séculos passados, porém, a velocidade das mudanças será muito maior, acarretando efeitos profundos na sociedade. As mudanças que levavam décadas para se consolidar nas revoluções industriais anteriores ocorrerão em poucos anos no caso da nanotecnologia.

As tendências da nanotecnologia, já apontam para uma situação de ruptura tecnológica e de mudança profunda na configuração de procedimentos industriais, que afetarão a produtividade relativa.

Os modos produtivos atualmente utilizados, serão inviáveis e inadequados para concorrer com os modos propostos pela nanotecnologia, afinal serão novos materiais e conseqüentemente novos produtos, na qual os métodos produtivos também serão novos.

Segundo Orlandi (2005), "primeira revolução industrial a palavra chave foi produtividade, nessa será performance". Ou seja, se na primeira revolução o objetivo a ser alcançado era meramente a

produtividade, nesta revolução industrial causada pela nanotecnologia, o objetivo é obter o mais eficaz desempenho da produtividade.

CONCLUSÃO

Se ao longo da existência do homem, os materiais foram essenciais meios para o fortalecimento de suas necessidades produtivas, hoje os nanomateriais apresentam funções vitais para o fortalecimento da produção. A nítida relação dos nanomateriais com a produção industrial, resulta em materiais com novas propriedades, características e aplicações nos meios produtivos. Cabe ao homem compreender e se adaptar frente o potencial revolucionário na qual os nanomateriais desempenharão perante a nova revolução industrial.

ABSTRACT

Throughout the humanity's history, the materials were always present in life's man. In 1970, due to the advances obtained by society, the term New materials takes place. This one involves the newly discovered or developed materials and those ones already known which developed technologically on the manufacturing and use of their functions. With the New materials, nanomaterials take place, which present new and distinct properties, processes and capacities, because of being manipulated in a 10^{-9} m atomic level precision. However, little structure changes can present characteristics that are not present in materials which were obtained by traditional techniques. Nanomaterials offer non precedent opportunities in the humanity's history, because they will allow man work with materials never thought before. They will radically transform the processes and products of the currently industrial civilization. They are the fundamental elements of the new industrial revolution, that is the result of nanotechnology.

KEYWORDS: *Humanity. Materials. Nanomaterials. Industrial Revolution.*

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, W. *Desafios da nanotecnologia*. Universidade de São Paulo, USP, 2005. Disponível em: <www.usp.br/nanotecnologia/index_arquivos/secundarias/opiniões/desafios%20da%20nanotecnologia%2026-05-05.htm>. Acessado em: 13 de out. de 2006
- BRAZIL, C. *Nanotecnologia: o que é, como evoluiu em que dimensão se encontra a nanotecnologia*. Universia, São Paulo, 2004. Disponível em: <http://www.universia.com.br/html/materia/materia_fcih.html>. Acessado em: mai. de 2005.
- COHEN, M. *Os materiais em nosso cotidiano*. Cambridg, Massachusetts, 1979. Disponível em: <<http://pgmtat.br.tripod.com/materiais.htm>>. Acessado em: dez. de 2005.
- CONDE, J. P. *Nanomateriais*. Sociedade Portuguesa da Química, Lisboa, Portugal, 2004. Disponível em: <http://spq.pt/boletim/docs/boletimSPQ_097_057_09.pdf>. Acessado em : dez. de 2005.
- CORONATO, M. *Ciência de resultados*. Usp, São Paulo, 2005. Disponível em: <http://www.usp.br/prp/nanotecnologia/index_arquivos/secundarias/opinioes/Ciencia_de_Resultados_-_CNI_-_ago05.pdf>. Acessado em: jan. de 2006.
- DA SILVA, C. G. O. *Programa Nacional de Nanotecnologia e o Centro Nacional de Referência em Nanotecnologia*. Campinas, 2003. Disponível em: <http://www.lnls.br/info/programaNano_a.pdf>.

Acessado em: mai. de 2004.

DE ALMEIDA, P. R. *O Brasil e a nanotecnologia: rumo a quarta revolução industrial*. Revista Espaço acadêmico, nº52, ano V, ISSN 1519.6186, Set. de 2005. Disponível em: <<http://www.espacoacademico.com.br/052/52almeida.htm>>. Acessado em: 18 de mai. 2006.

DOSCAMPOS, D. *Nanotecnologia revoluciona atividade humana*. Ministério da Ciência e Tecnologia, Brasília, 2004. Disponível em: <<http://agenciact.mct.gov.br/index.php/content/view/14479.html>>. Acesso em: 15 de nov. de 2006.

DURÁN, N.; DE AZEVEDO, M. M. M. *O que é nanobiotecnologia? Atualidades e perspectivas*. Instituto de Química, Laboratório de Química Biológica, Unicamp, Campinas, 2004. Disponível em: http://www.ifi.unicamp.br/extensao/arq_down/nanobiotecnologia.doc. Acesso em: mai. de 2006.

DURÁN, N.; MATTOSO, L. H. C.; DE MORAIS, P. C. *Nanotecnologia introdução, preparação e caracterização de nanomateriais e exemplos de aplicação*. São Paulo: Artliber, 2006.

INSTITUTO INOVAÇÃO. *Da pedra lascada a nanotecnologia*. Cidade Universitária, Campinas, 2004. Disponível em: <http://www.institutoinovacao.com.br/downloads/richard_feynman.pdf>. Acessado em: jun. de 2005.

INVERNIZZI, N.; FOLADORI, G. *As nanotecnologias como solução da pobreza?* Revista Inclusão Social, vol.1, nº 2, ISSN 1808-8678, Brasília, 2006. Disponível em: <<http://www.ibict.br/revistainclusaosocial/viewarticle.php?id=17&layout=html>>. Acesso em: out. de 2006.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA (MCT), *Desenvolvimento da nanociência e nanotecnologia. Proposta do grupo de trabalho criado pela portaria MCT nº 252, como subsídio ao programa de nanociência e nanotecnologia do PPA 2004-2007*. Brasília, 2004. Disponível em: <http://mct.gov.br/UserFiles/Documento%20GT.pdf>. Acesso em: dez. de 2005.

ORLANDI, O.O. *Nanotecnologia: A revolução industrial do século XXI*. Laboratório de Cerâmica, São Carlos, 2005. Disponível em: <<http://www.liec.ufscar.br/ceramica/curiosidades/nanotubo.php>>. Acessado em: jan. de 2006.

PÓS-GRADUAÇÃO DE MATERIAIS (PGMAT), CIÊNCIA E ENGENHARIA DE MATERIAIS (CEM) DA ESCOLA DE ENGENHARIA DE LORENA EEL-USP. *Ciência e Engenharia de Materiais (CEM)*. Lorena, 2004. Disponível em: <<http://pgmtat.br.tripod.com/index.htm>>. Acessado em: fev. de 2006.

PIRES, G.; et. al. *Caracterização Físico-Química e Mecânica do Sistema Éster de Silsexquioxano/Resina Epóxi Dgeba/ Dietilenotriamina*. Revista Matéria, vol. 10, n. 2, ISSN. 1517-7076, junho de 2005. Disponível em: <<http://www.materia.coppe.ufrj.br/sarra/artigos/artigo10666>>. Acessado em: jan. de 2006.