



Faculdade de Tecnologia de Americana

TECNOLOGIA TÊXTIL

JAQUELINE MARA TEIXEIRA PORTO

ORIENTADORA: PROF^a. MARIA ADELINA PEREIRA

A NANOTECNOLOGIA E SUA INFLUÊNCIA NA SAÚDE DO USÚÁRIO

Americana/SP

i

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE AMERICANA JAQUELINE MARA TEIXEIRA PORTO

A NANOTECNOLOGIA E SUA INFLUÊNCIA NA SAÚDE DO USUÁRIO

Trabalho de TCC apresentado à Faculdade de Tecnologia de Americana como parte das exigências do curso de Tecnologia Têxtil, para obtenção do título de Tecnólogo em Tecnologia Têxtil.

Orientadora: Prof^a. Maria Adelina Pereira, Mestre.

Americana/ SP

JAQUELINE MARA TEIXEIRA PORTO RA 091414

A NANOTECNOLOGIA E SUA INFLUÊNCIA NA SAÚDE DO USUÁRIO

Trabalho / TCC aprovado como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnológo
Têxtil no curso Superior de Tecnologia Têxtil da Faculdade de Tecnologia de Americana.
Banca Examinadora
Orientador:
Prof ^a . Maria Adelina Pereira, Mestre, Faculdade de Tecnologia de Americana
Professor da Disciplina:
Prof°. José Fornazier Camargo Sampaio, Mestre, Faculdade de Tecnologia de Americana
Professor Convidado:
Prof°. Ronaldo Luiz Pereira de Macedo, Mestre, Faculdade de Tecnologia de Americana.

Americana, 01 de dezembro de 2011

Dedico este trabalho a minha família e meus amigos que sempre torceram por mim.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, minha fonte de força e persistência.

A Prof^a Ms. Maria Adelina Pereira, que me orientou e colaborou com a elaboração deste trabalho de conclusão de curso.

Ao Prof. Ms. José Fornazier Camargo Sampaio docente da disciplina de TCC, o qual me incentivou e me ajudou psicologicamente a não desistir de concluir este trabalho.

A minha família, que pacientemente entendeu minha ausência em muitos momentos de sua vida durante os estudos.

Ao Tecnólogo Evandro da Silva, que se propôs a me ajudar com material e informação sobre o meu tema.

A Tecelagem Panamericana, que me cedeu material para que eu pudesse fazer meu estudo de caso.

A Tecnóloga Gisele Leme, que me esclareceu por qual caminho eu devia seguir durante o processo de iniciação deste.

Aos meus colegas de classe, que sempre me ajudaram nestes três anos, e tanto me fizeram feliz com sua amizade.

A todos os professores do curso Superior de Tecnologia Têxtil.

Resumo

O surgimento da ciência fez com que o ser humano sempre procure uma forma de explicar os fenômenos que acontecem ao seu redor, sejam eles simples como a curiosidade de saber o que nos prende ao chão ou porque que os objetos tendem a cair sobre ele, o que ocasionou na descoberta da gravidade, ou pode ser ainda mais complexo como a descoberta de que tudo que existe é composto por partículas muito pequenas chamadas de átomos e que podemos modificar essas estruturas minúsculas através de máquinas como os grandes microscópios. O que mudou a maneira de se fazer tecnologia foi a descoberta de que existe partículas menores do que o átomo e que se modificadas podem trazer grandes efeitos para o ser humano como a cura de doenças ou a prevenção destas, essa ciência recebeu o nome de nanotecnologia.

Ela está empregada em várias partes da indústria que vai desde pequenos robôs que entram na corrente sanguínea, até tecidos que protegem contra os raios UV. Mas como para tudo o que é novo, surgem questões como "isso pode fazer mal para a humanidade?" ou "quais são os riscos que o uso dessa nova tecnologia pode gerar?".

Hoje, a ciência consegue resultados mais rápidos do que antes, mas ainda não é o suficiente, pois o uso da nanotecnologia requer tempo e cabe aos usuários desses produtos decidirem se querem fazer parte ou não deste experimento.

Palavras Chave: Nanotecnologia; têxtil na medicina; partículas de prata.

Abstract

The emergence of science has made the human being always find a way to explain the phenomena that happen around you, simple as they are curious to know what holds us to the ground or because the objects tend to fall on him, which resulted in the discovery of gravity, or may be even more complex as the discovery that everything that exists is composed of very small particles called atoms and that we can modify these tiny structures through the big machine like microscopes.

What has changed the way of making technology was the discovery that there are particles smaller than the atom and can be modified to bring great effects for humans as a cure or prevention of these diseases, the science of nanotechnology be named.

It is employed in various parts of the industry ranging from small robots entering the bloodstream to tissues that protect against UV rays.

But as for all that is new, there are issues like can this be bad for humanity? Or what are the risks of using this new technology can generate?

Today, science gets results faster than before but still not enough, because the use of nanotechnology requires time and up to users of these products to decide whether they want to be part or not of this experiment.

Keywords: nanotechnology; textile in medicine; particles of silver.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Comparação de escalas	12
Figura 2 - Dimensões de algumas espécies	13
Figura 3 - Fluxograma de composição	14
Figura 4 - Fulerenos	16
Figura 5 - Nanotubo de Carbono	17
Figura 6 - Diferentes tipos de nanotubos de carbono	17
Figura 7 - Dendrímeros	19
Figura 8 - Biopolímeros	20
Figura 9 - Nanofio	21
Figura 10 - Exemplos de efeitos naturais	24
Figura 11 - Confecção de chips por litografia	27
Figura 12 - Áreas em que a nanotecnologia está presente	28
Figura 13 - A pintura sob o microscópio	31
Figura 14 - Super guerreiro	40
Figura 15 - Cueca antibacteriana	41
Figura 16 - <i>Denim therapy</i>	
Figura 17 - Roupa que regula a temperatura do corpo	
Figura 18 - Argiria	
Figura 19 - Tecidos testemunhas envoltos por tecidos corpo de provas	53
Figura 20 - Soluções de suor ácido e alcalino	55
Figura 21 - Tecidos mergulhados nos banhos de suor ácido e alcalino	
Figura 22 - Tecidos corpo de prova pressionados no perspirômetro dentro da estufa	
Figura 23 - Tecidos do teste após 4 horas na estufa	

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparação entre nanopartículas naturais e antropogênicas e as engenheirada	ıs
	. 15
Tabela 2 - Conceitos de nanopartículas	.16
Tabela 3 - Fenômenos e suas respectivas escalas	.25
Tabela 4 - Nanotecnologia no setor produtivo	.29
Tabela 5 - Investimentos realizados no Brasil em nanotecnologia, no período de 2001 a	
2006	.36
Tabela 6 - Nível de desenvolvimento dos nanomateriais	.37
Tabela 7 - Estimativa de tamanho do mercado dos nanomateriais	38

SUMÁRIO

NTRODUÇÃO	11
Capítulo 01 – O que é nanotecnologia?	12
1.1 Elementos que compõem a ciência da nanotecnologia	12
1.1.1 – O que é nanotecnologia?	12
1.1.2 – A escala nano	12
1.1.3 – Nanopartículas	13
1.1.4 – Fontes de nanopartículas	15
1.1.5 – Fulerenos	16
1.1.6 – Nanotubos	17
1.1.7 – Dendrímeros	19
1.1.8 – Pontos quânticos	19
1.1.9 – Biopolímeros	20
1.1.10 – Nanoemulsões	20
1.1.11 – Nanocamadas	21
1.1.12 – Nanoporos	21
1.1.13 – Nanofio	21
1.2 Importância do tamanho	22
1.2.1 – Dimensões e suas vantagens	22
1.2.2 – Efeitos e escalas de tamanho	24
1.3 História	25
1.3.1 – O surgimento da nanotecnologia	25
1.4 Como se faz nano?	26
1.5 Quais áreas ela atua?	28
1.5.1 – Onde está a nano no setor produtivo	29
1.5.2 – Outros produtos que estão no mercado	30
1.6 Qual o tamanho do negócio nanotecnologia?	33
1.6.1 – No mundo	33

1.6.2 – Cenário brasileiro	35
1.6.3 – Investimentos em nanotecnologia	36
Capítulo 02 – Nano na área têxtil	39
2.1 Exemplos de roupas com nanotecnologia	39
2.2 Nanotecnologia têxtil na medicina	43
2.3 Nanopartículas de prata	43
2.4 Regulamentação para o uso da nanotecnologia	45
2.5 Riscos à saúde	47
2.5.1 – Impactos à saúde e ao meio ambiente	47
2.5.2 – Alguns estudos já realizados de nanopartículas em contato com seres	vivos49
2.6 Doenças causadas pela exposição à prata	50
2.6.1 – Argiria	50
2.6.2 – Argirose ocular e do sistema lacrimal excretor	51
2.7 Estudo de caso	52
2.7.1 – Princípio	53
2.7.2 – Aparelhos e reagentes	53
2.7.3 – Soluções	54
2.7.4 – Corpo de prova	55
2.7.5 – Método	55
2.7.6 – Resultado	57
Conclusão	58
Bibliografia	59

INTRODUÇÃO

Atualmente, um dos assuntos mais discutidos no ramo científico é a nanotecnologia, e ela não é somente aplicada em eletrônicos, ou pela medicina, um dos setores que está em grande desenvolvimento e que vem surpreendendo fazendo uso desta é o de têxtil.

O surgimento dos tecidos inteligentes fez com que as empresas vissem nele uma forma de obter conforto e praticidade em seus produtos. Diferentemente das fibras sintéticas, os tecidos inteligentes, construídos através da nanotecnologia, são definidos de maneira a suprir exigências, além das convencionais, possibilitando ao designer, maior liberdade para criar, pois a partir do "nascimento" desses tecidos, a preocupação em suprir as necessidades fisiológicas de seus usuários já não é responsabilidade apenas do projetista.

Um segmento em que recebe grande investimento é o de medicina, pois são incorporadas ao tecido nanopartículas de prata, deixando a roupa com proteção antimicrobiana, assim muitas doenças seriam evitadas. Exemplos como esse, faz com que haja um grande interesse por essa ciência, mas será que esse uso não pode fazer mal à saúde do ser humano?

Todos os anos vários produtos com nanopartículas são lançados no mercado, mas não há garantia de que o contato com elas trazem algum risco, já que a resposta para essa pergunta só veremos a longo prazo.

Capítulo 01 – O que é nanotecnologia?

1.1 Elementos que compõem a ciência da nanotecnologia

1.1.1 O que é nanotecnologia?

A nanotecnologia é o desenvolvimento da pesquisa e a tecnologia em nível atômico, molecular e macromolecular, em uma escala de aproximadamente 1-100 nanômetros, para a produção de conhecimentos fundamentais dos fenômenos e dos materiais em nanoescala, com isto possibilitando a criação e o uso de estruturas, dispositivos e sistemas com novas propriedades e funções devido a estes tamanhos.

1.1.2 – A escala nano

A nanotecnologia e as nanociências são representadas por uma unidade equivalente a um bilionésimo do metro, sendo que sua notação é nm ou 10^{-9} m. Para se ter uma noção desse tamanho, 1 nm equivale aproximadamente a dez átomos enfileirados. Um nanotubo de carbono tem um diâmetro da ordem de 10. A dimensão de uma molécula de DNA situase na escala de 100 nm que é um pouco menor que a de um vírus. As hemácias, que são as células vermelhas do sangue, são de ordem de 10000nm. O diâmetro de um fio de cabelo pode medir cerca de 100000 nm.

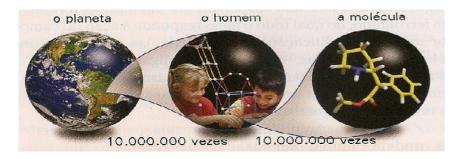


Figura 1 – Comparação de escalas. Comparação de escala dimensional entre o planeta, o homen e seu protótipo molecular, montado por manipulação atômica, isto é, átomo a átomo. **Fonte:** O Mundo Nanométrico (2009).

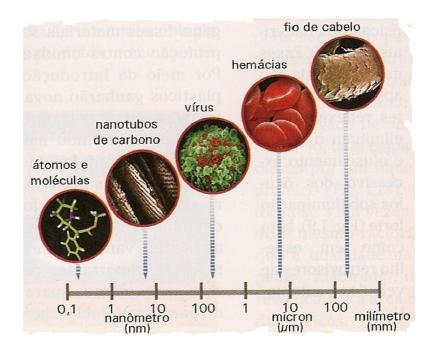


Figura 2 – Dimensões de algumas espécies. Dimensões representativas de algumas espécies típicas, em suas várias escalas. Um nanotubo de carbono é dez mil vezes mais fino do que um fio de cabelo, porém pode abrigar várias moléculas em seu interior. **Fonte:** O Mundo Nanométrico (2009).

1.1.3 - Nanopartículas

São consideradas nanopartículas todas as partículas, cujas dimensões vão de 1 a 100 nanômetros.

De acordo com a norma técnica ISO/TS 27687, um nano objeto é um material constituído por uma, duas ou três dimensões na escala nanométrica:

- Nanofolha: composta por uma dimensão;
- Nanobarra: composta por duas dimensões;
- Nanopartícula: composta por três dimensões.

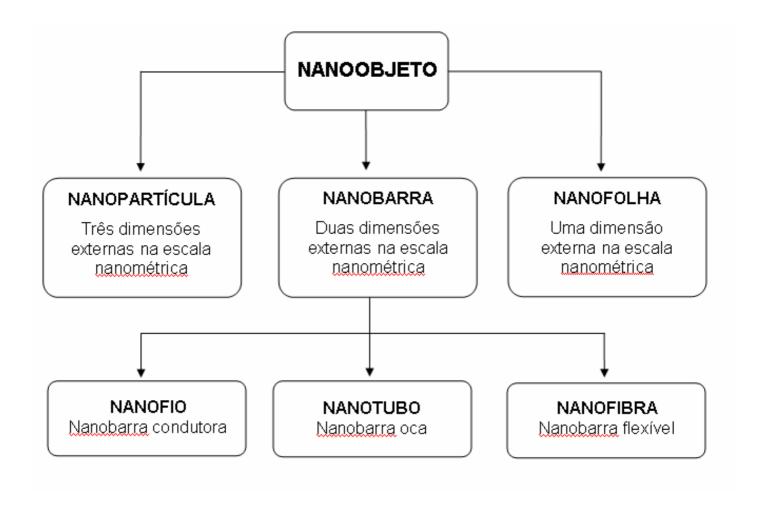


Figura 3 – Fluxograma de composição. Fuxograma de como é composto um nanoobjeto.

1.1.4 – Fontes de nanopartículas

Tabela 1 - Comparação entre nanopartículas naturais e antropogênicas e as engenheiradas.

NATURAIS	INCIDENTAIS OU ANTROPOGENICAS	ENGENHEIRADAS OU MANUFATURADAS
Encontradas na natureza provindas de: > Rochas vulcânicas; > Fumaça; > Poeiras de minerais; > Vírus.	Não são criadas intencionalmente, mas são resultados da atividade humana:	Criadas propositalmente pelo homem: > Nanotubos de carbono; > Fulerenos; > Pontos quânticos; > Dendrímeros.

Fonte: Arline Sydneia Abel Arcuri, Valéria Ramos Soares Pinto. FUNDACENTRO - Rio de Janeiro, 15 de julho de 2010.

Tabela 2 – Conceitos de nanopartículas.

	Nanopartículas	
	naturais ou antropogênicas	Nanopartículas engenheiradas
	(ultrafinas)	
Tamanho	menor 100 nm	menor 100 nm
Distribuição de tamanho	poli dispersa	mono dispersa
Agragação quando gerada	Sim	Não
Agragação no ar	Sim	Sim
Composição Química	variável até bem definida	bem definida
Significância toxicológica	tamanho pequeno, grande área superficial por massa, composição química	tamanho pequeno, grande área superficial por massa, composição química

Fonte: Arline Sydneia Abel Arcuri, Valéria Ramos Soares Pinto, FUNDACENTRO - Rio de Janeiro, 15 de julho de 2010.

1.1.5 – Fulerenos

Fulerenos são esfera de sessenta átomos de carbono (C60) puro, com aproximadamente um nanômetro de diâmetro, arranjadas como 20 hexágonos e 12 pentágonos, semelhante a uma bola de futebol.

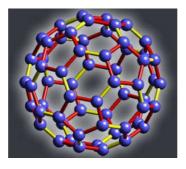


Figura 4 – Fulerenos. Representação de como é formado um fulereno. **Fonte:** http://www.mundovestibular.com.br/articles/9142/1/Fulerenos/Paacutegina1.html

1.1.6 – Nanotubos

Os nanotubos de carbono são estruturas cilíndricas formadas por átomos de carbono, cujo diâmetro é de um a três nanômetros (nm) e cujo comprimento de 1.000 nm Feitos pelos cientistas, os nanotubos são cem mil vezes mais finos que um fio de cabelo, possuem excelente condutividade elétrica e uma resistência mecânica cem vezes maior que do aço, e ao mesmo tempo, flexibilidade e elasticidade.

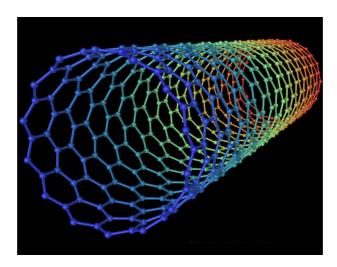


Figura 5 – Nanotubo de Carbono. Estrutura de um nanotubo de carbono. **Fonte:** http://nanotech.ica.ele.puc-rio.br/

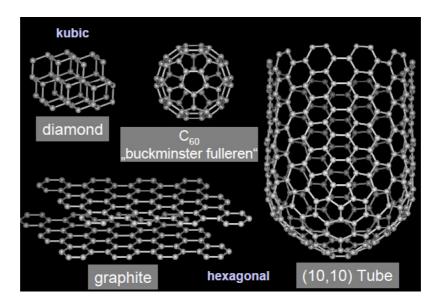


Figura 6 - Diferentes tipos de nanotubos de carbono. Várias estruturas de nanotubos de carbono. **Fonte:** IEEE Foudation, 2006, *apud*NASA, s.d.

Propriedades importantes

Mecânicas

- Um dos materiais mais duros conhecidos (semelhante ao diamante)
 - Apresenta resistência mecânica altíssima
 - Capaz de suportar pesos
 - Alta flexibilidade

• Elétricas

- Suportam bem a corrente elétrica
- Podem atuar com característica metálica, semicondutora e até supercondutora

• Térmicas

Apresenta altíssima condutividade térmica na direção do eixo do tubo.

1.1.7 – Dendrímeros

São moléculas poliméricas esféricas, formadas por processo de auto-organização hierárquica. Eles são usados em aplicações convencionáis de recobrimento e pintura. Futuramente podem ser usados em drug-delivery e até mesmo no auxílio de purificação de água através do aprisionamento de íons metálicos.

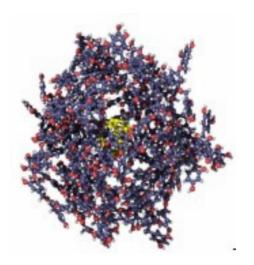


Figura 7 – Dendrímeros. Representação de como é um dendrímero. **Fonte:** http://nanotech.ica.ele.puc-rio.br/

1.1.8 – Pontos quânticos

São nanopartículas, também chamadas de nanocristais, cujos estudos principais forma focados e semicondutores que foram criados no início dos anos 80. São muito utilizados em aplicações de opto-eletrônica, tais como, lasers, LEDs e células solares. Essas partículas possibilitam um confinamento de cargas elétricas, funcionando como um átomo artificial.

1.1.9 - Biopolímeros

A grande variedade de biopolímeros, tais como as moléculas de DNA, oferecem uma grande variedade de nanoestruturas auto-organizáveis. Eles também oferecem a oportunidade de ligação entre a nano e biotecnologia em, por exemplo, criar sensores biocompatíveis e simples e pequenos motores.

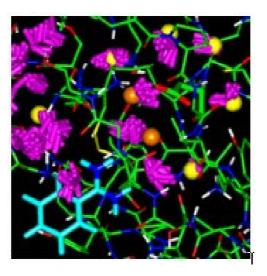


Figura 8 – Biopolímeros. Representação de como é um biopolímero. **Fonte:** http://nanotech.ica.ele.puc-rio.br/

1.1.10 - Nanoemulsões

São gotículas de material oleoso com poucas centenas de nanômetros de diâmetro, misturados em água através de um processo de extrusão mecânica intenso.

Este processo produz uma população uniforme de gotículas que são estáveis por anos mesmo a temperaturas elevadas. Tem amplo espectro de atividade antibacteriana, contra vírus envolvidos, fungos, protozoários e esporos devido seu habilidade de destruir estes organismos.

1.1.11 - Nanocamadas

Por meio da engenharia de escala nano de superfícies e camadas pode-se atingir uma ampla faixa de funcionalidade e novos efeitos físicos (por exemplo, elétrico-magnético ou óptica). Exemplos: superfície auto limpante, proteção a corrosão maquinários e equipamentos, curativos de ferida.

1.1.12 – Nanoporos

São furos simples em nanoescala em finas membranas isolantes e que representam uma nova ferramenta para o estudo de biopolímeros tais como o DNA.

1.1.13 - Nanofio

São fios ultrafinos ou um *array* linear de pontos. Eles podem ser criados por uma grande variedade de materiais. Nanofios semicondutores têm mostrado grandes características ópticas, elétricas e magnéticas. Esses elementos possuem potenciais aplicações em grande armazenamento de data, também como leitor magnético e como dispositivo óptico e eletrônico.

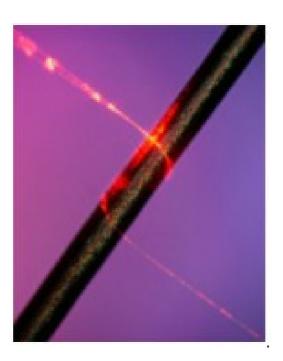


Figura 9 – Nanofio. Nanofio, enrolado em um fio de cabelo, transmitindo luz. **Fonte:** http://nanotech.ica.ele.puc-rio.br/

1.2 Importância do tamanho

1.2.1 – Dimensões e suas vantagens

Devido ser tão pequenas, as nanopartículas têm uma grande relação superfície/volume que é responsável por novas propriedades físicas e químicas. Isto inclui um aumento da reatividade química na superfície da nanopartícula.

Outra razão para as substâncias mudarem de comportamento no nível nano é o domínio de "feitos quânticos". Na medida em que a matéria é reduzida à escala nanométrica as suas propriedades começam a ser dominadas por efeitos quânticos.

A Mecânica Quântica é a parte da física (mais *particularmente*, da física moderna) que estuda o movimento das partículas muito pequenas. O conceito de partícula "muito pequena", mesmo que de limites muito imprecisos, relaciona-se com as dimensões nas quais começa-se a notar efeitos como a impossibilidade de conhecer com *infinita acuidade* e *ao mesmo tempo* a posição e a velocidade de uma partícula entre outras. A ditos efeitos chama-se "efeitos quânticos".

Estas características das partículas na escala nanométrica são responsáveis pela constatação de que nesta escala as propriedades dos materiais e elementos químicos se alteram drasticamente.

Apenas com a redução de tamanho e sem alteração de substância, verifica-se que os materiais apresentam novas propriedades e características como resistência, maleabilidade, elasticidade, condutividade e poder de combustão.

Substâncias que são:

- estáveis em dimensões maiores tornam-se reativas;
- isolantes podem se tornar condutoras;
- opacas podem se tornar transparentes.

Exemplos:

O carbono, na forma de grafite é maleável, mas em escala nano, na forma de nanotubo, é mais resistente que o aço e até seis vezes mais leve.

O alumínio em escala nano entra em combustão espontaneamente.

O ouro muda de cor em vários níveis nano.

Conhecer as características das substâncias em tamanho maior não fornece informações compreensíveis sobre suas propriedades no nível nano.

As mesmas propriedades que alteram as características físicas e químicas das nanopartículas, podem também, provocar consequências não pretendidas (e até desconhecidas) quando elas entram em contato com o organismo humano.

Um material perfeitamente seguro para ser manuseado em tamanho maior, pode facilmente penetrar na pele na forma de nanopartícula ou se tornar um aerossol e entrar no organismo via respiratória.

A maior reatividade devido a grande área superficial e aos efeitos quânticos pode provocar a interação com sistemas biológicos de formas desconhecidas.

1.2.2 - Efeitos e escalas de tamanho

Muitos dos efeitos como gravidade, fricção, combustão, eletrostática, forças de Van der Waals, que antes simplesmente definíamos como "forças naturais", hoje podemos afirmar estão todos relacionados com escalas de tamanho.

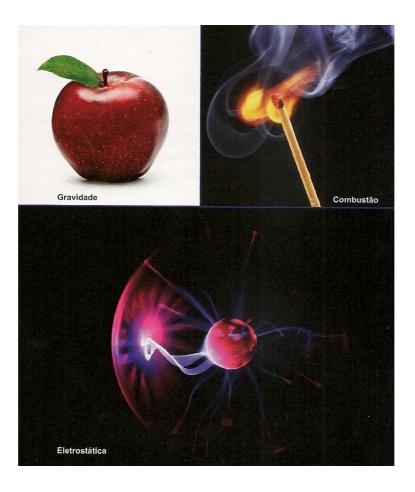


Figura 10 – Exemplos de efeitos naturais. **Fonte:** ABDI – Cartilha sobre nanotecnologia (2010).

Tabela 3 – Fenômenos e suas respectivas escalas.

Centímetro	Gravidade, fricção, combustão
Milímetro	Gravidade, fricção, combustão, eletrostática
Micrômetro	Eletrostática, Van der Waals, browniano
Nanômetro	Eletrostática, Van der Waals, browniano, quântico
Angstrom	Mecânica quântica

Fonte: ABDI Cartilha sobre nanotecnologia(2010).

1.3 História

1.3.1 - O Surgimento da Nanotecnologia

Richard P. Feynman foi o precursor do conceito da Nanotecnologia, apresentou pela primeira vez suas ideias sobre o assunto na sua palestra para a Sociedade Americana de Física, em 29 de dezembro de 1959, mas não foi utilizado este termo, a palavra "Nanotecnologia" foi utilizada pela primeira vez pelo professor Norio Taniguchi, no Japão em 1974 para descrever as tecnologias que permitam a construção de materiais a uma escala de 1 (um) nanômetro. Essa ciência busca inovações, aprimorando-as e proporcionando uma melhor vida ao homem. Inicialmente esses produtos foram desenvolvidos para aumentar a capacidade de armazenamento dos computadores e reduzir seu tamanho, com a finalidade de aumentar a eficácia de remédios e tornar materiais mais leves e mais resistentes.

Eric Drexler engenheiro e nanotecnólogo, é considerado por muitos o pai da nanotecnologia, mesmo não sendo o primeiro a falar do assunto, pois foi ele quem popularizou o termo em 1980, no seu do livro *Engines of creation* (Motores da criação) e tornou-se o primeiro Doutor em nanotecnologia do mundo. Drexler escreveu seu primeiro artigo sobre o tema na revista "*Proceedings of the National Academy of Sciences*", que fala sobre a possibilidade de reproduzir mecanicamente a atividade biológica celular. Durante todos esses anos, ele vem estudando as amplas possibilidades que as nanotecnologias podem propiciar para o desenvolvimento dos sistemas das sociedades. A Nanotecnologia drexleriana¹ é aquilo a que agora se chama nanotecnologia molecular e que pressupõe a construção átomo a átomo de dispositivos úteis à vida humana. Um importante utensílio na nanotecnologia drexleriana é o Montador Universal, um dispositivo capaz, de acordo com as instruções de um programador, construir átomo a átomo qualquer máquina concebível pela mente humana. Drexler tem uma visão a longo prazo da nanotecnologia que prevê o aparecimento de nanodispositivos² de regeneração celular que poderão garantir a regeneração dos tecidos e a imortalidade.

1.4 Como se faz nano?

As nanoestruturas podem, basicamente, ser feitas de dois modos: "de cima para baixo" (*top-down*) e "de baixo para cima" (*botton-up*).

No *top-down* impõe-se uma estrutura no sistema por meio da definição de padrões e sua criação utilizando partes maiores. Nesse caso há necessidade do uso de maquinaria capaz de produzir os padrões, como é o caso da confecção de chips, que via de regra, utiliza a técnica de litografia e derivados (processo de gravação com luz).

No *top-down* parte-se do entendimento e controle do comportamento quântico intramolecular, de moléculas especificamente desenhadas e sintetizadas. Usam-se superfícies para localiza-las e estabiliza-las. Os sistemas são interconectados, partindo-se de partes atômicas e/ou moleculares. Neste processo aproveita-se da auto-organização.

¹ Nanotecnologia Drexleriana segue os princípios de Drexler.

² Nanodispositivos são dispositivos no tamanho da escala nanômetrica.

Em outras palavras, as coisas funcionam como partes que se encaixam. Começamos com um "bloco de construção" e o sistema avança na direção de sua condição de maior estabilidade.

De maneira geral, os processos *top-down* são realizados em sistemas secos, enquanto que os *botton-up* são realizados em meio aquoso ou solvente orgânico. Os físicos e engenheiros preferem os processos *top-down*, ao passo que químicos e biólogos utilizam mais os processos *botton-up*.

A técnica '*Top-down*' envolve partir de um bloco de material e trabalhá-lo até chegar a um formato desejado, enquanto '*Bottom-up*' envolve a utilização de sub-unidades pequenas (átomos ou moléculas) para fabricar uma estrutura maior.

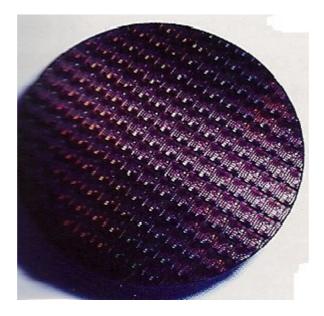


Figura 11 - Confecção de chips por litografia: repetição do padrão. **Fonte:** ABDI – Cartilha sobre nanotecnologia (2010).

1.5 Quais áreas ela atua?

Atualmente, a nano está presente em quase todos os setores da indústria, que vai desde o setor de química, até o setor de informática, sendo que suas aplicações são as mais diversas possíveis.

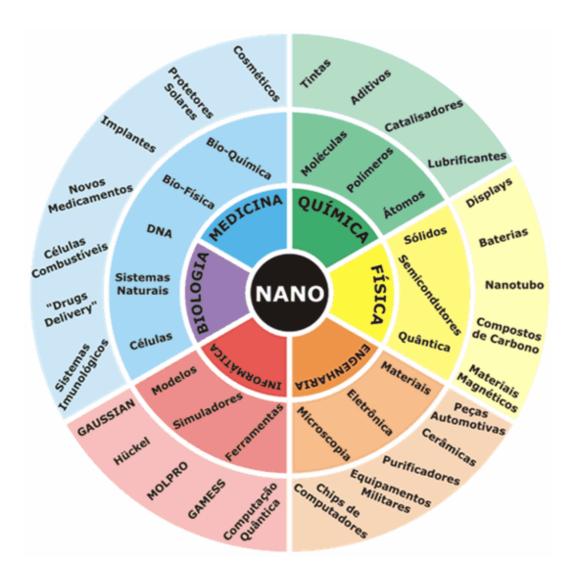


Figura 12 – Áreas em que a nanotecnologia está presente. **Fonte:** http://nanotecnologiananotecnologia.blogspot.com/

1.5.1 – Onde está a nano no setor produtivo

Tabela 4 – Nanotecnologia no setor produtivo.

Setor	Tipo de Produto/Observações
Energia	Sistemas fotovoltáicos; células solares; <i>grids</i> de energia; baterias; pás para geradores eólicos.
Iluminação	LEDs baseados em <i>quantum dots</i> para ilumunação pública, domiciliar e automobilística.
Automobilístico	Pinturas especiais (não riscam, autolimpantes); catalizadores para conversores catalíticos para gases de escapamento; eletrônica embarcada; tecidos antibacterianos.
Esportes	Raquetes de tênis (nanotubos de carbono); roupas esportivas antitranspirantes e antibactericidas; calçados para esportes; quadros para bicicletas; tacos de golf; luvas para esportes.
Tecidos	Tecidos resistêntes à sujidades (efeito lótus); tecidos antibactericidas; tecidos técnicos e não tecidos.
Embalagens	Embalagens com propriedades de barreira (umidade, gases), à base de nanocompósitos; embalagens inteligentes, sensíveis a gases de decomposição de alimentos; recipientes bactericidas (prata) para guardar alimentos perecíveis.
Cosméticos	Protetores solares; produtos para recuperação da pele; produtos contendo cores físicas (índice de refração); produtos para maquiagem.
Fármacos	Novas formas de administração de fármacos (nanoemulsões e nanopartículas); drug-delivery; terapia para cânceres

Fonte: ABDI Cartilha sobre nanotecnologia (2010).

1.5.2 – Outros produtos que estão no mercado

- Vidro autolimpante Uma empresa chamada Pilkington oferece um produto que ela chama de Activ Glass, que usa nanopartículas para fazer vidro fotocatalítico e hidrófilo. Por causa do efeito fotocatalítico, quando a radiação UV da luz atinge o vidro, as nanopartículas ficam energizadas e assim soltam moléculas orgânicas no vidro (em outras palavras, sujeira). Com o efeito hidrófilo, quando a água faz contato com o vidro, ela se espalha pelo vidro igualmente, lavando e limpando o vidro.
- Curativos antimicrobianos O cientista Robert Burrell criou um processo para fabricar curativos antibacterianos usando nanopartículas de prata. Os íons da prata bloqueiam a respiração celular dos micróbios matando-as.
- Limpadores de piscinas e desinfetantes A EnviroSystems, Inc. desenvolveu uma mistura (chamada nanoemulsão) de gotas de óleo de tamanho nanométrico com bactericida. As partículas de óleo aderem à bactéria, tornando o bactericida mais eficiente e eficaz.
- Na área cosmética, os produtos com a nanotecnologia estão disponíveis no mercado e são denominados como nanocosméticos. Rugas preenchidas por micro partículas rejuvenescedoras, maquiagem com o mesmo brilho e cor das asas da borboleta, produtos com hidratação de 24 horas. Entre os benefícios que a nanotecnologia pode trazer ao setor, destacam-se a melhor penetração de ingredientes ativos na pele e no cabelo. Estes produtos operam com subpartículas de milimétricas dimensões, e que, devido à sua grande capacidade de armazenar e fixar em seus interiores ativos cosméticos, conseguem atingir as camadas mais profundas da pele, maximizando os resultados dos produtos cosméticos, permitindo um tratamento infinitamente mais rápido e eficaz.

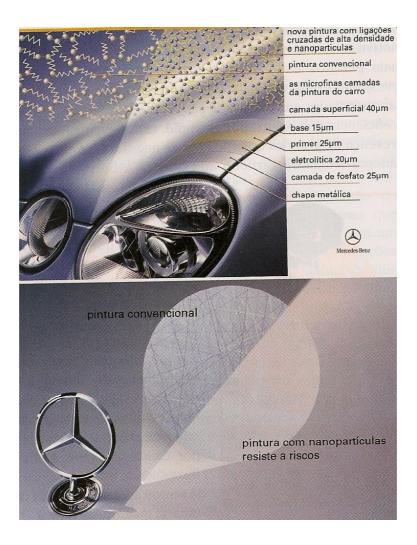


Figura 13 - A pintura sob o microscópio: mais brilho e menos arranhado. **Fonte:** O mundo nanométrico (2009).

As aplicações da nanotecnologia já estão bastante desenvolvidas nos setores de alta tecnologia, medicina e defesa. No campo da alimentação e da agricultura, ainda estão no seu inicio.

• A aplicação de nanopartículas na agricultura, ao mesmo tempo que traz preocupações, também pode trazer benefícios ainda quase desconhecidos. Os alimentos serão elaborados com o objetivo de fornecer, eficientemente, substancias nutrientes aos corpos das pessoas. Também buscarão criar sabores artificiais e nutrientes naturais. Uma abordagem mais sofisticada da formulação em produtos de nanoescala implica no seu encapsulamento, ou seja, envolver o ingrediente ativo em nanoescala com uma espécie de minúsculos

"envelopes" ou "conchas". Inclui-se nessa tecnologia a possibilidade de se controlar as condições nas quais o princípio ativo deve ser liberado diretamente nas plantas. Segundo as indústrias, as vantagens da nanoencapsulação de pesticidas são evidentes, pois permitem que o tamanho reduzido das partículas otimize sua eficácia.

- Na fabricação, a nanotecnologia permite uma melhora na qualidade. Sendo os átomos colocados de modo preciso, desaparecem quase que completamente os problemas ligados às impurezas e aos defeitos nos materiais. Um exemplo é o de um aparelho que poderá parecer-se com um forno de microondas. Um painel de comando permitiria a escolha do objeto desejado: um par de sapatos, um computador, uma pizza, etc. Os montadores começam por multiplicar-se dentro do aparelho, tomando a forma do objeto desejado. Uma vez a estrutura criada, eles fazem a montagem, átomo por átomo, do objeto desejado. O par de sapatos estará pronto em dois minutos.
- Na Informática será possível fabricar minúsculos computadores, como os nanorobôs que passeiam pelo corpo humano. Os computadores seriam mais potentes que os supercomputadores atuais, porém com dimensões bem menores. Pelas mesmas razões anteriores, o custo de fabricação desses computadores seria extraordinariamente reduzido.

1.6. - Qual o tamanho do negócio nanotecnologia?

1.6.1 - No mundo

Há várias previsões para o mercado global da nanotecnologia envolvendo a produção e a comercialização de produtos e equipamentos. Todas convergem para o valor de mais de um trilhão de dólares, em 2015. Os mais otimistas chegam a falar em US\$ 3,5 trilhões, em 2015, como é o caso de Josh Wolf, da Lux Capital (USA). Segundo a Lux, o mercado global de nanotecnologia faturou, em 2007, cerca de US\$ 146,4 bilhões.

Investimentos em bilhões de dólares

- ► E.U.A \$ 59
- Europa \$ 47
- > Asia \$ 31
- Resto do mundo \$ 9,4

Os investimentos superam dois bilhões de dólares por ano e o seu desenvolvimento tem sido apontado como uma nova revolução tecnológica, que, em ritmo acelerado de crescimento, simboliza uma área estratégica para economias consolidadas e emergentes, promovendo uma competição tecnológica mundial, dentro de um mercado de um trilhão de dólares estimados para o período entre 2010 e 2015.

Estima-se que a produção industrial anual excederá a um trilhão de dólares, entre 2010 e 2015, requerendo aproximadamente dois milhões de trabalhadores (Roco, 2001). Estados Unidos (EUA), União Européia (UE) e Japão apresentam o maior nível de desenvolvimento em nanotecnologia.

Com o lançamento da Iniciativa Nacional sobre Nanotecnologias (*National Nanotechnology Initiative*- NNI), em 2000, os EUA iniciaram um ambicioso programa de pesquisa e desenvolvimento (P&D) em nanotecnologias, aumentando as despesas federais de 220 milhões de dólares, em 2000, para cerca de 750 milhões de dólares, em 2003, e para 982 milhões de dólares, em 2005. Foi também assegurado o compromisso, em longo prazo, dos EUA, através da lei de desenvolvimento das nanotecnologias no século XXI (*21st Century Nanotechnology Development Act*), com vigência do ano de 2005 a 2008, que irá investir perto de 3,7 bilhões de dólares em cinco agências, duplicando o atual nível de financiamento até o ano de 2008.

O Japão considerou a nanotecnologia uma das suas principais prioridades de investigação, em 2001. Os níveis de financiamento anunciados aumentaram acentuadamente, de 400 milhões de dólares, em 2001, para cerca de 800 milhões de dólares, em 2003.

A China está dedicando recursos crescentes às nanotecnologias, o que é particularmente significativo, se considerado o seu poder de compra. O percentual de publicação está aumentando rapidamente, com uma taxa de crescimento de 200% no final da década de 1990, e está aproximando-se das taxas da União Européia e dos Estados Unidos (Roco, 2001).

É importante ressaltar que a nanotecnologia está crescendo em um ambiente em que as interações internacionais aceleram a ciência, a instrução, a pesquisa e o desenvolvimento industrial, numa estratégia global de interesse mútuo, que conecta programas individuais, através da contribuição entre países, comunidades profissionais e organizações internacionais.

A maioria dos domínios das nanotecnologias encontra-se numa fase inicial de desenvolvimento, sendo que os investigadores bem sucedidos estão freqüentemente, transformando-se em empresários, criando as suas próprias empresas emergentes. Das centenas dessas empresas criadas nos últimos anos, metade está localizada nos EUA, em comparação com um quarto na União Européia.

O ponto-chave dos benefícios econômicos da nanotecnologia será o estabelecimento de uma infra-estrutura capaz de educar e treinar um número adequado de investigadores, de professores e de trabalhadores técnicos, criando uma nova geração de profissionais

hábeis, com perfis multidisciplinares que serão necessários para o rápido progresso dessa ciência. Entre 2010 e 2015, a estimativa é de que serão necessários de 8 a 9 milhões de trabalhadores nos EUA, 5 a 6 milhões no Japão, 3 a 4 milhões na Europa e, aproximadamente, 1 milhão em outros países. O treinamento de pessoal será componente chave para o sucesso.

1.6.2 – Cenário brasileiro

O governo brasileiro incluiu a nanotecnologia entre as prioridades e está determinado a levar o país a dar, nessa área, um salto similar ao obtido na biotecnologia. Mesmo não contando com uma política articulada para desenvolver o que promete tornarse nas próximas décadas, a nova base tecnológica da economia mundial, a comunidade científica e o Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT) estão convencidos de que o país tem tudo para conquistar alguns nichos importantes desse novo mercado (Mateos, 2003). A nanotecnologia brasileira produz resultados de vanguarda nas áreas farmacêutica e de interface com a biotecnologia, dentre os quais podemos citar os nanocarreadores, usados em cosméticos e associados a medicamentos, como alguns quimioterápicos antitumorais.

Segundo dados do MCT, o Brasil tem pelo menos 310 cientistas com doutorado e pós-doutorado e ainda, cerca de 500 mestrandos e doutorandos que desenvolvem pesquisas nessa área. Em 2004, foram publicados 1.100 artigos em revistas científicas internacionais. Estima-se que em 2007 chegue a 5.000 artigos e com um número também crescente em pedidos de patentes.

Tabela 5 - Investimentos realizados no Brasil em nanotecnologia, no período de 2001 a 2006.

Ano	Recursos R\$				
2001	25.468.471,25				
2003	11.652.097,00				
2004	17.515.128,45				
2005	80.057.406,88				
2006	5.200.000,00				
TOTAL	139.893.103,58				

Fonte: Betina Giehl Zanetti-Ramos & Tânia Beatriz Creczynski-Pasa - O desenvolvimento da nanotecnologia: cenário mundial e nacional de investimentos.

Pesquisas em colaboração com a França foram estimuladas com o objetivo de apoiar atividades de cooperação internacional em projetos conjuntos de pesquisas científicas, tecnológicas e de inovação, no âmbito do Programa Nacional de Nanotecnologia do Brasil. A cooperação com países da América Latina também está prevista. Em novembro de 2005 foi realizado em Buenos Aires, o 1º Seminário. Nanotecnologia e Empresas Tal acontecimento representou o primeiro de dois eventos estabelecidos para subsidiar a estruturação do Centro Brasileiro. Argentino de Nanotecnologia e teve como objetivo apresentar aos empresários argentinos, experiências bem sucedidas das empresas brasileiras na área de nanotecnologia (Ministério da Ciência e Tecnologia, 2005).

1.6.3 – Investimentos em nanotecnologia

Os cenários relacionados aos investimentos demonstram uma expectativa positiva, seja esta relacionada ao desenvolvimento de produtos, ao tamanho de mercado potencial dos nanoprodutos ou, ainda, relacionada aos valores a serem praticados pelos produtos da nanotecnologia, o que em todos estes aspectos apresenta um ambiente favorável, tanto para

o contínuo desenvolvimento da tecnologia quanto para o aporte de recursos governamentais e privados (Groot & Loeffler, 2006).

Para se obter uma visão geral do estágio de desenvolvimento dos diferentes nanomateriais e sua evolução no cenário mundial, 5 níveis de desenvolvimento foram definidos (Groot & Loeffler, 2006):

- . Tecnologia de invenção (TI). Corresponde às primeiras etapas no processo do desenvolvimento (pesquisa teórica ou em estágio de teste).
- . Protótipo de laboratório (PL). Pesquisa em estágio de comparação entre teoria e resultados práticos.
- . Demonstrador industrial (DI). Neste estágio, os resultados puramente científicos podem ser introduzidos em companhias industriais interessadas.
 - . Industrialização (I). Fabricação em escala industrial.
- . Entrada do mercado (ME). É o estágio final no processo do desenvolvimento. O material está disponível para o consumidor.

Tabela 6 – Nível de desenvolvimento dos nanomateriais.

	2006	2007	2008	2009	2010 2011 2012	2013 2014	2015 2016	2017 2018		
Borracha	ME									
Nanoespuma de carbono	TI				PL DI		1	ME		
Nanotubo de carbono	ME									
Nanopartículas de sílica	I				ME					
Nanocompósito de metal	DI ME									
Polímeros com Nanopartículas de carbono		DI			1		ME			
PE-PEO® nanoestruturados	ı			ME						
Nanopartículas de titânio	DI	ı		ME						

Polietileno-Poli(óxido de etileno).

Fonte: Betina Giehl Zanetti-Ramos & Tânia Beatriz Creczynski-Pasa - O desenvolvimento da nanotecnologia: cenário mundial e nacional de investimentos.

Tabela 7 – Estimativa de tamanho do mercado dos nanomateriais.

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013 2014	
Tamanho do mercado									
Borracha			~9,6 milhões de ton.						
Nanotubo de carbono	~700 1	milhões	~ 3,6 bilhões			~ 13 bilhões			
Nanopartículas de sílica	~10 m	nilhões	~ 13 milhões			~ 40 milhões			
Polímeros com Nanopartículas de carbono	~21 m	nilhões	~30 milhões			~75 milhões			
PE-PEO nanoestruturados	~25 ton/ano		~250 ton./ano		~500 ton/ano				
Nanopartículas de titânio	~1500	ton./ano	~35	00 ton./ano ~7500 ton./ano			n./ano		

Fonte: Betina Giehl Zanetti-Ramos & Tânia Beatriz Creczynski-Pasa - O desenvolvimento da nanotecnologia: cenário mundial e nacional de investimentos.

Capitulo 02 - Nano na área têxtil

Primeiras inovações em têxteis virão na fabricação de fibra. Processo de fabricação têxtil irá tornar-se curto e um conceito completamente novo de roupa emergirá.

Em tempos pré-históricos os humanos usavam roupas para se protegerem contra condições climáticas adversas; hoje usamos roupas para a moda. No futuro vamos usar roupas de obter benefícios de saúde e pessoal.

A incorporação de nano-partículas e nano-cápsulas de têxteis abre um campo totalmente novo.

A indústria têxtil recebe anualmente grandes investimentos em nanotecnologia, sejam eles por parte do governo ou pelo setor privado. Isso se deve ao fato de que essa tecnologia proporciona grandes funcionalidades, com uma tamanha precisão que os materiais se tornam com altíssimo desempenho, com isso, grandes diferenciais são acrescentados nas peças em que a nano é empregada.

2.1 Exemplos de roupas com nanotecnologia

• Super guerreiro: Este uniforme "inteligente" que foi desenvolvido no Instituto de Nanotecnologia para os Soldados do MIT, seria feito com fibras cujo no seu interior há um fluído que pode tornar-se sólido como uma tala de gesso, assim todas as vezes em que o tecido é perfurado por um projétil, é ativado o engessamento imediato. Estaria equipado com um sistema de sensores aplicados no tecido da roupa, que além de bloquear toxinas e realizar o controle dos sinais vitais, permitem ainda que os soldados fiquem camuflados.



Figura 14 – Super guerreiro. Roupa desenvolvida para os militares americanos. **Fonte:** http://nanotecnologiananotecnologia.blogspot.com/

• Roupa auto limpante: Com o uso da nanotecnologia, cientistas da Força Aérea norte-americana conseguiram criar uma espécie de capa que remove suor e sujeira dos tecidos. Os tecidos auto limpantes repelem líquidos e podem, inclusive, matar bactérias que ficam no suor e dão mau cheiro às roupas. Por isso, a freqüência de lavagem dessas peças pode ser muito menor do que aquela necessária considerando as peças tradicionais.

A Força Aérea iniciou o desenvolvimento dessa alternativa com o objetivo de oferecer proteção aos combatentes em guerras biológicas -- a tecnologia poderia matar *anthrax* e também outras bactérias utilizadas como arma. Em testes, os militares também utilizaram cuecas com esse tecido, que não precisam ser trocadas durante semanas.



Figura 15 – Cueca antibacteriana. **Fonte:** http://tecnocientista.info/hype.asp?cod=4154

• Bem estar: Denim Therapy© é a primeira coleção denim sob esta filosofia. Tecidos tecnológicos que incorporam tratamentos de alta performance que trazem efeitos benéficos ao organismo, especialmente relacionados à sensação de bem-estar.

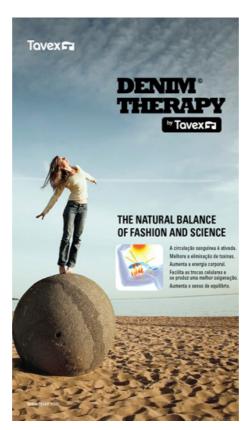


Figura 16 – *Denim therapy*. Propaganda feita pela empresa sobre roupa que deixa sensação de bem estar. **Fonte:** http://www.tavex.com/6312/jeanswear/colecoes/campanha_inverno_2011__12/destaques/t avex_lanca_colecao_denim_therapycopy.html.

- Roupa anti-bacteriana protege contra gripes, resfriados e até poluição: Pesquisadores da Universidade de Cornell, nos Estados Unidos criaram uma roupa que evita que você pegue um resfriado, protege da poluição, destrói gases nocivos à saúde e nunca precisa ser lavada. As nanopartículas eletrostaticamente carregadas formam uma camada protetora ao redor das fibras de algodão dos ombros, mangas, capuz e nos bolsos da jaqueta. Além das funcionalidades anti-bacterianas, as nanopartículas também dão a cor ao tecido, que não precisa ser pintado a cor é produzida pela reflexão da luz nas nanopartículas.
- Roupa que regula a temperatura do corpo: O laboratório japonês de pesquisas em nanotecnologia chamado Beans apresentou um tipo de fibra para a confecção de roupas capaz de controlar a temperatura do vestuário. A tecnologia demonstrada utiliza um novo processo de fabricação que permite a incorporação de camadas flexíveis de células condutoras. O tecido equipado com essas nanocélulas pode ser refrigerado ou aquecido de acordo com a temperatura do corpo.



Figura 17 – Roupa que regula a temperatura do corpo. **Fonte:** http://www.tecmundo.com.br/11684-moda-nanotecnologica-roupas-usam-tecnologia-para-regular-temperatura.htm#ixzz1dR75h62Z

2.2. - Nanotecnologia têxtil na medicina

Muitos são os produtos feitos com essa ciência na área da medicina. Vai desde um curativo com propriedades antibacterianas, até nanorobôs que circulam pela corrente sanguínea.

A principal característica de um artigo nanotêxtil é o uso de nanopartículas de prata nas fibras, pois a prata tem propriedades que ajudam a matar as bactérias e fungos, e não deixam elas se proliferarem.

2.3 - Nanopartículas de prata

A prata tem conhecidas propriedades antibacterianas e tem sido usada para esse fim, desde a época dos romanos. Ela foi usada durante a Primeira Guerra Mundial como uma ajuda na limpeza de ferida, mas foi substituída como um antibacteriano com a descoberta dos antibióticos. No entanto, nos últimos anos, a prata (na forma de nanopartículas), fez um notável retorno como um composto, antibacteriano, antiviral e antimicrobiano.

Entre os produtos listados no Inventário de Produtos de Consumo de Nanotecnologia feito nos Estados Unidos pelo *Wilson Center for Project International Scholar*, as nanopartículas de prata são agora os nanomateriais mais usados em produtos (cerca de 381 produtos). As nanopartículas de prata são usadas em produtos que vão desde aspiradores de pó e máquinas de lavar roupa, até para dispositivos médicos. Também é popular como um revestimento na cozinha anti-bacteriano, em produtos têxteis, em produtos de limpeza e filtros de ar, creme dental, produtos para bebê, preservativos e suplementos nutricionais. Elas também são utilizadas pela Corporação MTR de Hong Kong quando estão em combinação com titânio, mais revestimento de dióxido de carbono para "melhorar a higiene", e é aplicada em superfícies de estações de trem.

O uso de nanopartículas de prata também tem aumentado substancialmente na área de revestimentos de dispositivos médicos, como curativos de feridas. O mercado de tratamento de feridas (principalmente os curativos para feridas) foi no valor aproximado \$ 3 bilhões nos Estados Unidos.

Nanopartículas de prata são usados tipicamente na faixa de tamanho de 1-50nm. Com esse tamanho muito pequeno, a área de superfície das partículas é grande comparada ao seu volume. Isso faz com que haja um aumento na sua reatividade, o que em muitos casos, também aumenta a toxicidade.

É nesta área de superfície aumentada, que é creditado a destruição de bactérias e outros micróbios. O verdadeiro mecanismo pelo qual as nanopartículas de prata interfere com bactérias é ainda incerto. Alguns pesquisadores sugerem que elas danificam as células bacterianas, destroem as enzimas que transportam os nutrientes das células e enfraquecem a membrana celular. Em estudos sobre bactérias, foi descoberto que essas nanopartículas danificam as paredes celulares das bactérias, elas ficam acumuladas até causar sua morte. No entanto, outros estudos levaram a acreditar que as nanopatículas destroem a capacidade da bactéria para replicar seu DNA.

Além de ser um bactericida eficaz, as nanopartículas também são tóxicas para células de mamíferos in vitro (em estudos com tubo de ensaios).

Em um outro estudo, as nanopartículas de prata foram tóxicas para uma linhagem de células cultivadas em um modelo in vitro para células cerebrais.

Elas também foram tóxicas para as células tronco germinativas de mamíferos em um estudo in vitro. O estudo que investigou a citotoxicidade de nanopartículas de prata em células-tronco germinativas de mamíferos e mostraram que as nanopartículas foram mais tóxicas do que outros óxidos metálicos. Elas reduziram significativamente a função mitocondrial e interferiu com o metabolismo celular. Os autores do estudo também apontaram que, apesar de que as nanopartículas foram propostas para serem usadas como agentes antimicrobianos em cimento ósseo ou outros dispositivos implantáveis, elas podem de fato ser tóxicas para as células ósseas. Além disso, a toxicidade significativa nas nanopartículas de células-tronco germinativas de mamíferos, indica o potencial destas para interferir no sistema reprodutivo masculino.

Apesar da crescente discussão internacional sobre a necessidade urgente de regulamentação para proteger o meio ambiente e a saúde humana contra os riscos de nanotoxicidade, ainda não há leis em nível nacional que regem o uso de nanomateriais em qualquer lugar do mundo. Isto significa que, apesar das graves preocupações sendo levantadas ao mais alto nível científico, os fabricantes de novos nanoprodutos não são obrigados a demonstrar a segurança de seu produto para o ambiente ou para a saúde humana antes de liberar seu produto no mercado.

2.4 - Regulamentação para o uso da nanotecnologia

A medida que a nanotecnologia avança, toda a sociedade passa a se envolver mais diretamente com este assunto, especialmente à medida em que novos produtos contendo materiais nanoestruturados chegam ao mercado consumidor.

Atualmente, a legislação que trata das regras de segurança, normalização, manuseio, transporte, estocagem, utilização e as informações ao público em geral ainda é genérica, não abordando o tema de forma específica. Na maioria das vezes, os produtos ou mesmo os materiais nanoestruturados são descritos como seus equivalentes microestruturados, não havendo ainda nenhuma descrição mais detalhada sobre os potenciais riscos à saúde ou mesmo informações básicas sobre seu uso/manuseio seguro.

Um relatório lançado em 16 de janeiro (2006), por um instituto de política nãopartidário, sugere que uma nova lei é necessária para assegurar que, produtos baseados em nanotecnologia, não prejudiquem os consumidores.

A lei proposta, representaria um ônus para o negócio, já que enfatiza a necessidade de ser provado que os novos materiais "não apresentam riscos inaceitáveis". Alguns argumentam que a lei garantiria os pequenos negócios e desencorajaria a inovação. Outros, embora reconhecendo lacunas nos sistemas reguladores atuais, especialmente a falta de investimentos adequados, têm se posicionado a favor de uma auto-regulação por parte da indústria ou uma série de leis ou emendas, em lugar de uma única lei.

Segundo Richard Denison, pesquisador sênior da *Enviromental Defense* em Washington (EUA), as novas substâncias químicas são agrupadas em categorias de

toxicidade pela similaridade de suas fórmulas em comparação com as substâncias químicas já existentes. Não há informações suficientes para se fazer um agrupamento similar com os nanomateriais, dado que as formas e tamanhos nos quais se apresentam levam a comportamentos muito distintos e, muitas vezes, contrários aos materiais similares.

Segundo Airton Guilherme Berger Filho, advogado, professor e Mestre em Direito Ambiental para Universidade de Caxias do Sul, dados toxicológicos sobre nano partículas manufaturadas são escassos, mesmo existindo produtos comerciais no mercado (insumos agrícolas, cosméticos, filtros solares). Os critérios utilizados para saber a toxicidade das substâncias na escala macro não trazem certezas quando confrontados com a nanotecnologia. Não existem metodologias confiáveis para estabelecer diferença entre as propriedades encontradas na "Macroescala" e na "Nanoescala". É importante evidenciar que no Brasil inexistem leis e dispositivos capazes de prevenir ou até mesmo abordar as peculiaridades dessa nova revolução tecnológica. As normas jurídicas que podem ser utilizadas para, por exemplo, autorizar a comercialização de um determinado produto nanotecnológico para a agricultura não diferem das normas e critérios técnicos para os demais produtos, pois não existe uma diferenciação pelo Direito entre o tratamento legal da nanotecnologia e de outras tecnologias.

Sem uma categorização na nanotecnologia, cada produto teria que ser avaliado separadamente, levando a uma barreira burocrática. O que é preciso é ciência básica, que permitirá ao governo e indústrias conhecer porque as partículas poderiam ser perigosas, e, assim, merecerem atenção especial, afirma Denison. Isso significa mais financiamento para a pesquisa, necessidade, aliás, reconhecida no relatório.

O relatório apresenta também a preocupação de que uma lei poderia afetar os pequenos negócios e sugere que o governo crie programas de apoio que permitam conduzir os pequenos empreendimentos aos processos de aprovação. Davies, autor do relatório, e outros, afirmaram que a maioria das companhias pequenas que atua com nanotecnologia, eventualmente se associa às empresas maiores para, assim, poder fazer chegar um dado produto ao mercado, de tal modo que o ônus da regulação caia sobre a empresa de grande porte, ao invés de sobre empreendimentos menores.

Apesar destes riscos para a inovação, muitos outros afirmam que os riscos de não se regular são maiores ainda, tanto para a saúde humana quanto para a ambiental, e, ainda,

para a própria saúde da indústria de nanotecnologia. Certamente, no final das contas, se a nanotecnologia tiver sucesso, não pode arcar com uma proibição pública, por exemplo, por alguns produtos causarem problemas à saúde.

Existem algumas preocupações sociais pesadas sobre nanotecnologia também. A nanotecnologia também pode permitir que criemos armas mais poderosas, letais e não letais. Algumas organizações estão preocupadas que nós consigamos apenas examinar as implicações éticas da nanotecnologia nos armamentos depois que esses dispositivos estiverem construídos. Elas encorajam cientistas e políticos a examinar cuidadosamente todas as possibilidades da nanotecnologia antes de se projetarem armas progressivamente poderosas.

Os riscos inerentes à introdução de novas tecnologias exigem um diálogo constante com a sociedade civil. Novas descobertas se transformam em produtos e chegam ao mercado consumidor, mas também geram resíduos que são despejados no meio ambiente. Os detentores dessa tecnologia (empresários, industriais, cientistas e administradores) devem dialogar com o público (trabalhadores e consumidores), em um sistema de comunicação em duas vias. Deverão ser exigidos acordos sobre princípios éticos em relação à dignidade humana, autonomia, a obrigação de não ferir e fazer o bem. No movimento sindical, é necessária a introdução de cláusulas nos acordos coletivos das categorias que possibilitem o conhecimento do uso de nanotecnologia no processo produtivo. A tecnologia deve ser utilizada para a promoção do bem-estar social, particularmente nas áreas de saúde e segurança no trabalho, privacidade e preservação do meio ambiente.

2.5 – Riscos à saúde

2.5.1 Impactos à saúde e ao meio ambiente

A diferença de comportamento de materiais em nanoescala colocam em evidência os desafios de monitoramento, apropriação, propriedade e controle social dessa tecnologia. É possível prever que dispositivos invisíveis ao olho humano, móveis e auto-replicadores

como os citados, representarão desafios inéditos para a sociedade. Sendo assim, o cidadão comum não será mais capaz de observar todas as atividades relevantes ao seu redor, enquanto as autoridades serão pressionadas a prover assistência e orientação contra a invasão da privacidade por parte dos produtores ou proprietários da tecnologia.

A nanotecnologia pode representar um risco potencial para a saúde humana, o que deve ser cuidadosamente investigado, antes que esse novo campo tecnológico atinja mais amplamente os parques industriais.

O Dr. Oberdörster, especializado em Toxicologia, já concluiu um estudo mostrando que nanopartículas inaladas acumulam-se nas cavidades nasais, pulmões e até no cérebro de ratos. O cientista acredita que essa deposição de material em partes tão sensíveis do corpo poderá causar inflamações e até danos ao cérebro e ao sistema nervoso. Alguns médicos temem que, por serem tão pequenas, as nanopartículas possam facilmente atravessar a barreira sangue-cérebro, uma membrana que protege o cérebro de componentes nocivos lançados na corrente sanguínea. Se planejarmos usar nanopartículas para revestir tudo - de nossas roupas a rodovias, precisamos ter certeza de que elas não vão nos envenenar. Este estudo foi publicado na edição de maio de 2004 do periódico *Inhalation Toxicology*.

"Eu não estou pregando que devamos parar de usar a nanotecnologia, mas eu acredito que devemos continuar a olhar para seus efeitos danosos à saúde," afirma ele. "Há sessenta anos atrás cientistas mostraram que, em primatas, nanopartículas viajam através dos nervos a partir do nariz e se depositam no cérebro. Mas isso foi largamente esquecido. A diferença hoje é que existem mais nanopartículas e a tecnologia está se movendo rapidamente rumo a encontrar novos usos, e ainda não temos respostas para questões importantes acerca do seu possível impacto à saúde".

É por isto que o Dr. Oberdörster irá formar uma equipe multidisciplinar de 10 Departamentos e três Universidades diferentes para estudar com detalhes os riscos potenciais da nanotecnologia. Os cientistas afirmam que a equipe não está se opondo radicalmente à nanotecnologia. De fato, eles esperam trabalhar junto à indústria e aos governos dos Estados Unidos e do Canadá para procurar soluções se o problema se confirmar. Outro objetivo do estudo é o desenvolvimento de um programa educacional para que futuros engenheiros e cientistas possam entender as conseqüências da

nanotecnologia sobre a saúde.

A nanobiotecnologia pode criar fusão entre a matéria viva e a não viva, resultando em organismos híbridos e produtos que não são fáceis de controlar e se comportam de maneiras não previsíveis. Alta reatividade e mobilidade e outras propriedades advindas de seu pequeno tamanho também têm grande probabilidade de desenvolver novas toxicidades. Diversos são os questionementos quanto aos riscos do contato com nanopartículas para a segurança dos trabalhadores e dos consumidores. O grande problema reside no fato de que ao se utilizar de nano implementos, não se tem certeza dos fatores nocivos provenientes dos produtos e subprodutos nanotecnológicos. Alguns estudos publicados demonstraram que cobaias submetidas a partículas "nano" apresentaram modificações morfofisiológicas drásticas, alguns resultando em morte. Devido ao tamanho reduzido fica difícil determinar o grau de dispersão nano estruturas no meio ambiente.

Pesquisadores da área de saúde do trabalhador estão preocupados com os impactos que a nanotecnologia pode gerar sobre a saúde humana e ambiental. Em 2007, em vários países, principalmente nos mais ricos, já havia 1.300 empresas, de 76, fazendo pesquisas para aplicação de nanotecnologia em eletrônica, engenharia, máquinas, vestuário, defesa, veículos, agricultura, alimentação, medicina, odontologia e cosméticos, entre outros.

2.5.2 Alguns estudos já realizados de nanopartículas em contato com seres vivos

Estudo publicado em julho de 2004 descobriu que moléculas de carbono em nanoescala, podem rapidamente desencadear danos cerebrais em peixes.

Em 2005, pesquisadores da Universidade de Rochester, EUA, demonstraram que coelhos ingerindo fulerenos mostraram um aumento na suscetibilidade à coagulação do sangue.

Também há algumas evidências que nano partículas de carbono pode diretamente entrar no cérebro via mucosa nasal respiratória e do bulbo olfativo.

O toxicologista e pesquisador do Hospital de Bordeaux, Patrick Brochard, ressalta que estudos preliminares indicam que, em contato com a pele, as partículas podem originar reações inflamatórias dos tecidos.

2.6 – Doenças causadas pela exposição à prata

2.6.1 Argiria

Denomina-se argiria uma doença caracterizada por causar a mudança de cor da pele e de certos órgãos, devido à exposição excessiva e prolongada a prata e aos sais de prata, seja através de contato com a pele, ingestão ou inalação.

Desde a descoberta da prata na Pré-História, o metal se tornou um símbolo de decoração pessoal e ornamentação, por ser o mais branco de todos os metais e apresentar um poder de reflexão de luz elevado. Sua extração passou a ser constante desde sua descoberta, pois além de ser um metal claro e brilhante é um metal fácil de trabalhar devido a sua maleabilidade.

O contato cada vez mais frequente de trabalhadores envolvidos na extração deste metal que diariamente era impregnado em suas peles e absorvido pela respiração, contribuiu para o aparecimento de doenças como a argiria em longo prazo. Esta anomalia de pele foi alvo de estudo e pesquisa do alemão Albers, o primeiro médico a estudar profundamente a argiria, no final do ano de 1700.

A causa mais comum da doença é através da ingestão da prata ou de seus componentes. Houve uma época em que a ingestão de prata coloidal era vista como uma arma poderosa contra bactérias, germes, fungos e vírus e até hoje existem comerciantes que alegam que a prata coloidal é eficaz contra diversas doenças. No entanto a ingestão desta suspensão de partículas sub-microscópicas de prata metálica em uma base coloidal em longo prazo pode causar argiria cujo sintoma principal é a coloração azulada permanente da pele. Permanente porque infelizmente a argiria não tem cura, mas a terapia a laser tem sido usada para tratar o quadro com resultados estéticos satisfatórios.

Um caso famoso de argiria foi do americano Paul Karason, que consumiu durante anos a prata coloidal exageradamente para tratar problemas como a dermatite. O resultado foi que a cor de Paul modificou ao longo dos anos e em 20 de dezembro de 2007 seu caso teve repercussão mundial.

Ainda não foi descoberta a quantidade de prata necessária no organismo para produzir argiria. Por ser uma doença irreversível o paciente terá sua pele azulada para o resto da vida. A Agência de Substâncias Tóxicas e Registro de Doenças (ATSDR), localizada nos Estados Unidos, descreve a argiria não como sendo uma doença, mas sim como um problema cosmético, já que a anomalia não causa outros sintomas além da pele azulada. No entanto indivíduos com casos graves de argiria, por terem suas peles azuladas podem desenvolver depressão e ficarem confinados em suas residências pela vergonha do contato social.



Figura 18 – Argiria. Paul Karason com a anomalia da pele (argiria). **Fonte:** http://www.infoescola.com/doencas/argiria

2.6.2 Argirose ocular e do sistema lacrimal excretor

A descoloração ocular causada por absorção local ou sistêmica de prata é conhecida como argirose ocular. A argirose caracteriza-se por depósitos de sais de prata nos tecidos cutâneos, descolorando-os. Sua aparência histopatológica é bem descrita na conjuntiva e raras no saco lacrimal.

É comum após uso crônico de drogas que contenham prata. A exposição prolongada à prata produz depósitos em forma de faixa na membrana de Descemet, formando grânulos cinza-azulados, mas não são patognomônicos.

A quantidade de prata na conjuntiva tem relação com o tempo de exposição aos colírios. Os depósitos conjuntivais e corneanos são mais intensos na porção inferior e infero-nasal, onde o colírio permanece por mais tempo. No cristalino pode ocorrer uma coloração dourada ou acastanhada na porção subcapsular anterior. Na argirose sistêmica, a prata pode depositar-se na membrana de Bruch, dando um aspecto negro à coróide.

Alguns autores relataram um caso de argirose na conjuntiva, mais marcante no fórnice inferior e no saco lacrimal. Durante a dacriocistorrinostomia (DCR), encontraram um saco lacrimal de coloração negra e com sinais de processo inflamatório. As culturas foram negativas. No estudo microscópico, encontraram pequenos grânulos castanhos, uniformemente espalhados em pequenos grupos ou em forma de uma banda depositada ao longo das fibras elásticas da submucosa e da membrana basal da mucosa.

Estes também foram encontrados na porção basal do epitélio mucoso. Outros autores documentaram prata depositada no saco lacrimal sem comprometer a conjuntiva, após a utilização prolongada de vitelinato de prata. A paciente apresentava dacriocistite crônica. Na microscopia, encontraram grânulos castanho-escuros na submucosa, mas não encontraram no epitélio. Células semelhantes a macrófagos, contendo prata, também foram vistas.

2.7. Estudo de caso

Esse estudo visa provar se nanopartículas de prata se soltam do tecido (cedido pela tecelagem Panamericana) nanotecnológico, quando estas são expostas ao suor, ou seja, ele foi feito para saber se essas nanopartículas, que estão empregadas no fio do tecido, migrariam para a pele humana (representada por um tecido de seda).

Para isso, foi escolhido o ensaio de solidez de cor, seguindo a norma da ABNT/CB-17 para solidez de cor.

2.7.1 - Princípio

Um corpo-de-prova de um têxtil em contato com os tecidos testemunha (nesse caso o tecido é de seda), são tratados em duas soluções diferentes contendo histidina, drenado e colocado entre duas placas sob pressão especificada num dispositivo de ensaio (perspirômetro). Os corpos-de-prova e os tecidos testemunhas são secados separadamente. A transferência da prata ao tecido testemunha são avaliadas com a Pipetagem de Hipoclorito de sódio.

2.7.2 - Aparelhos e reagentes

Dispositivos de ensaio, constituídos de uma armação de aço inoxidável a qual se aplica uma massa de aproximadamente 5 kg que se ajusta adequadamente a base de 60 mm x 115 mm, de modo que uma pressão de 12,5 kPa seja exercida sobre o corpo-de-prova medindo (40 ± 2) mm x (100 ± 2) mm, colocado entre placas de vidro ou acrílico medindo aproximadamente 60 mm x 115 mm x 1,5 mm. O dispositivo de ensaio deverá ser construído de modo que, se a massa for removida durante o ensaio, a pressão de 12,5 kPa mantém-se constante.

Se as dimensões do corpo-de-prova composto diferem das medidas de (40 ± 2) mm x (100 ± 2) mm, a massa a ser usada deve ser tal que a pressão exercida sobre o corpo-de-prova seja de 12,5 kPa.



Figura 19 – Tecidos testemunhas envoltos por tecidos corpo de provas. **Fonte:** Arquivos da autora 2011

Estufa, mantida a (37 ± 2) °C.

2.7.3Soluções

Solução Ácida

10 g de cloreto de sódio;

1 g de ácido lático;

1 g de fosfato de hidrogênio bisódico anidro;

0,25 g de monohidrocloreto de histidina.

A solução é ajustada ao ph 4,3 (+/- 2)

Solução Alcalina

10 g de cloreto de sódio;

4 g de carbonato de amônia;

1 g de fosfato de hidrogênio disódico anidro;

0,25g de monohidrocloreto de histidina.

A solução é ajustada ao ph 8 (+/- 2)



Figura 20 – Soluções de suor ácido e alcalino. Fonte: Arquivos da autora 2011.

2.7.4 Corpo-de-prova

Fixar um corpo-de-prova medindo (40 ± 2) mm x (100 ± 2) mm entre dois tecidos testemunha de um só tipo de fibra (4.5.2), também nas medidas de (40 ± 2) mm x (100 ± 2) mm, unidos por costura por um dos lados menores.

2.7.5 Método

- ✓ Colocar o dispositivo de ensaio contendo os corpos-de-prova compostos na estufa por 4 h a (37 ± 2) °C, posicionando-o de modo que os corpos-de-prova fiquem na posição vertical.
- ✓ Abrir cada corpo-de-prova composto (rompendo a costura exceto em um dos lados, se necessário) e secá-los, suspendendo-os ao ar à temperatura não excedendo 60 °C, com as duas ou três partes dos corpos-de-prova compostos somente em contato pela linha de costura.
- ✓ Colocar esses corpo-de-prova em água fervida e deixar por 10 minutos. Após esse tempo pipetar hipocloriti de sadio na água.



Figura 21 – Tecidos mergulhados nos banhos de suor ácido e alcalino. **Fonte:** Arquivos da autora 2011.



Figura 22 – Tecidos corpo de prova pressionados no perspirômetro dentro da estufa. **Fonte:** Arquivos da autora 2011.



Figura 23 – Tecidos do teste após quatro horas na estufa. **Fonte:** Arquivos da autora 2011.

2.7.6 - Resultado

Depois que foi adicionado o hipoclorito de sódio, não houve alteração na cor da água, portanto conclui-se de que não houve migração de prata para o tecido de seda, então esse tecido não faz mal à saúde e sim só traz benefícios.

Conclusão

A Nanotecnologia é um assunto que envolve áreas distintas, tendo a capacidade de criar objetos, de qualidade superior aos já existentes, a partir do menor elemento usando as técnicas e ferramentas que serão desenvolvidas para a organização dos átomos e moléculas de forma desejada.

Os materiais nanotecnológicos têm numerosas aplicações potencialmente úteis, entretanto não está claro como tais materiais podem agir em contato com corpo humano e com o meio ambiente. Apesar de apresentar muitos benefícios e facilidades, as características inéditas da nanotecnologia levantam algumas hipóteses sobre possibilidades e riscos trazidos por esta nova tecnologia. Na verdade, suas propriedades singulares poderiam torná-los, eventualmente, perigosos.

Mas as respostas para essas perguntas só aparecerão com o tempo, já que os estudos para esse fim são feitos a longos prazos.

A fabricação de tecidos com nanopartículas de prata se apresenta bem vantajosa mesmo com as controvérsias que são levantadas com relação à saúde de quem as usa, assim a decisão fica para o consumidor querer ou não participar dessa experiência.

Bibliografia

Livros:

TOMA, Henrique E., *O Mundo Nanométrico*. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 11-14.

LEAL, M.L C M – **Cartilha sobre Nanotecnologia-** Brasília , 2010, ABDI ABNT/CB-17, projeto 17:100.03 – têxteis – ensaios de solidez da cor – solidez da cor ao suor

Artigos:

PASA, T.B.C RAMOS, B G Z. O desenvolvimento da Nanotecnologia : Cenário mundial e nacional de investimentos - Rev. Bras. Farm., 89(2), p 95-101; 2008

JUNIOR, A.C; MOLLES, S; SIMONATO, R; KAMLOT, D. Argirose ocular e do sistema lacrimal excretor: relato de caso - Arq Bras Oftalmol.; 72(6):836-8, p 836-838; 2009

ARCURI, A. S. A; PINTO, V. R. S. Nanotecnologia: Riscos emergentes e novas formas de prevenção num mundo do trabalho em transformação – Fundacentro, Rio de Janeiro, p. 1-75, julho de 2010.

Sites:

http://www.infoescola.com/doencas/argiria/ - Acesso em: 27 de outubro 2011.

http://www.mundovestibular.com.br/articles/9142/1/Fulerenos/Paacutegina1.html - Acesso em: 11 de novembro 2011.

http://www.infoescola.com/doencas/argiria/ - Acesso em: 27 de outubro 2011.

http://nanotech.ica.ele.puc-rio.br/ - Acesso em: 03 de outubro 2011.

http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=010165070514 Acesso em: 11 de novembro 2011.

http://www..tecmundo.com.br/11684-moda-nanotecnologica-roupas-usam-tecnologia-para-regular-temperatura.htm#ixzz1dR75h62Z - Acesso em: 11de novembro 2011.

http://nanotecnologiananotecnologia.blogspot.com/ - Acesso em: 11 de novembro 2011.

http://nanotecnologiananotecnologia.blogspot.com/ - Acesso em: 11 de novembro 2011

http://tecnocientista.info/hype.asp?cod=4154 - Acesso em: 11 de novembro 2011

http://www.tavex.com/6312/jeanswear/colecoes/campanha_inverno_2011__12/destaques/t avex_lanca_colecao_denim_therapycopy.html - Acesso em: 11 de novembro 2011