

CENTRO PAULA SOUZA

GOVERNO DO ESTADO DE
SÃO PAULO

**Faculdade de Tecnologia de Americana
Curso Superior de Tecnologia em Produção Têxtil**

**APLICAÇÃO DA NANOTECNOLOGIA NA
CADEIA DE PRODUÇÃO TÊXTIL**

Nilson Donizeti Pereira

Americana, SP

2014

**Faculdade de Tecnologia de Americana
Curso Superior de Tecnologia em Produção Têxtil**

APLICAÇÃO DA NANOTECNOLOGIA NA CADEIA DE PRODUÇÃO TÊXTIL

Nilson Donizeti Pereira

ndonizeti@ig.com.br

Trabalho apresentado à Faculdade de Tecnologia de Americana como parte das exigências do curso de Produção Têxtil para obtenção do título de Tecnólogo em Produção Têxtil, sob orientação do Prof. Dr. João Batista Giordano, Fatec Americana.

Americana, SP

2014

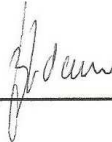
Nilson Donizeti Pereira – RA: 0040081123001

APLICAÇÃO DA NANOTECNOLOGIA NA CADEIA DE PRODUÇÃO TÊXTIL

Trabalho de conclusão de curso
aprovado como requisito parcial para
obtenção do título de Tecnólogo em
Produção Têxtil no curso de Produção
Têxtil da Faculdade de Tecnologia de
Americana.

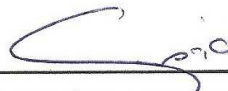
Banca Examinadora

Orientador: _____



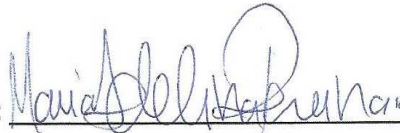
Prof. Dr. João Batista Giordano, Fatec Americana.

Professor da Disciplina: _____



Prof.º Ms. Jose F. C. Sampaio, Fatec Americana.

Professor Convidado: _____



Prof.ª Ms. Maria Adelina Pereira, Fatec Americana.

Americana, SP

2014

A Deus em primeiro lugar, por me capacitar, pela força e coragem durante toda esta longa caminhada.

Aos mestres e coordenadores, da Faculdade de Tecnologia de Americana (FATEC), que se dispuseram e contribuíram com seu conhecimento e dedicação, sem vocês seria impossível, obrigado!

A minha esposa Suzymary, que de forma especial e carinhosa me deu força e coragem, me apoiando nos momentos de dificuldades, e aos meus filhos Klayton e Kayque que acompanharam minha trajetória, compartilharam das alegrias e dificuldades, com infinita paciência e compreensão.

Agradeço aos meus colegas de classe pelas palavras amigas nas horas difíceis, pelo auxílio nos trabalhos, nas dificuldades e principalmente por estarem comigo durante toda a caminhada tornando-a mais fácil e agradável.

E a todos que, mesmo não citados, contribuíram para a conclusão deste trabalho.

“Deus não escolhe os capacitados, mas capacita os escolhidos...”.

RESUMO

Apesar de várias pesquisas em nanotecnologia se apresentar ainda em estágio de desenvolvimento, diversos produtos inovadores baseados na Nanotecnologia já são comercializados no mercado mundial, a nanotecnologia, pode ser definida como um campo multidisciplinar da ciência e da tecnologia que trabalha com estruturas de dimensões nanométricas, menor que 100 nanômetros (nm), para compreender o potencial desta tecnologia, são essenciais conhecerem o comportamento e as propriedades físicas, química, mecânica, térmica, estrutural e textural dos produtos. A incursão da nanotecnologia no setor têxtil tem se mostrado de grande valor, promovendo a melhoria, modificação ou otimização de muitos produtos e processos industriais, causando impacto no nível ecológico, econômico e social. O que se percebe é que as aplicações da nanotecnologia no mercado nacional não acompanham o ritmo de crescimento das publicações científicas sobre o tema. O nível de investimentos do governo brasileiro em Nanotecnologia ainda é muito tímido e pouco são as empresas que estão desenvolvendo pesquisas em nanotecnologia no país, os países desenvolvidos têm demonstrado bastante interesse nas pesquisas da Nanociência, pois reconhecem a importância do domínio desta tecnologia frente ao mercado internacional.

Palavras Chave: Nanotecnologia; Nanociência; Nanométrica.

ABSTRACT

Although several studies in nanotechnology comes still in the development stage, several innovative products based on nanotechnology are already traded on the world market, nanotechnology, can be defined as a multidisciplinary field of science and technology that works with structures Heads dimensions, smaller than 100 nanometers (nm) to understand the potential of this technology, are essential to know the behavior and the physical, chemical, mechanical, thermal, structural and textural properties of the products. The incursion of nanotechnology textile sector has proved of great value, promoting the improvement, modification or optimization of many industrial products and processes, impacting the ecological, economic and social level. What is noticeable is that the application of nanotechnology in the domestic market does not keep pace with the growth of scientific publications on the subject. The level of investment by the Brazilian government in Nanotechnology is still very shy and some are companies that are developing nanotechnology research in the country, developed countries have shown great interest in the research of Nanoscience; they recognize the importance of mastering this technology before the market international.

Keywords: Nanotechnology; Nanoscience; Nanometric.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	7
1 NANOTECNOLOGIA.	9
1.1 O QUE É A NANOTECNOLOGIA?	9
1.2 O SURGIMENTO DA NANOTECNOLOGIA.	15
1.3 APLICAÇÕES DA NANOTECNOLOGIA	16
1.4 NANOTECNOLOGIA NA INDÚSTRIA.	17
1.5 MÉTODOS DE DESENVOLVIMENTO DE NANOESTRUTURAS.....	20
2 NANOTECNOLOGIA NA INDÚSTRIA TÊXTIL.....	22
2.1 APLICAÇÃO DA NANOTECNOLOGIA NA INDÚSTRIA TÊXTIL	22
2.2 NANOTECNOLOGIA NA INDÚSTRIA DO VESTUÁRIO.....	28
2.3 NANOTECNOLOGIA NO BENEFICIAMENTO TEXTIL.....	29
3 NANOTECNOLOGIA NA SAUDE E MEIO AMBIENTE.....	32
3.1 RISCOS DA NANOTECNOLOGIA À SAÚDE E AO MEIO AMBIENTE	32
4 REGULAMENTAÇÃO	35
4.1 REGULAMENTAÇÃO DA NANOTECNOLOGIA.....	35
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento e a utilização da nanotecnologia têm possibilitado varias oportunidades de desenvolvimento de novos produtos e materiais nos mais variados tipos de segmentos industriais, na indústria têxtil e do vestuário não é diferente há algum tempo materiais fabricados com a nanotecnologia têm sido testados e aplicados ao setor têxtil e de vestuário a fim de promover ações no sentido de propagar o tema e mostrar os efeitos do uso da nanotecnologia. Ainda não se sabe dizer exatamente o completo alcance da nanotecnologia, mas, com esta tecnologia, as propriedades das fibras puderam ser alteradas, dando aos tecidos novas propriedades, novas funcionalidades, novas características, como os tecidos que não amassam impermeáveis à água ou ao óleo, que secam rapidamente, antibactericida, antifúngicas, tecidos que poderão receber novas formas de tingimentos sem a utilização de químicos altamente tóxicos e prejudiciais para o meio ambiente, graças à nanotecnologia os tecidos ficaram mais suaves e macios ao toque, permitem melhores trocas térmicas, mais duráveis e resistentes, rápida secagem, têm bom caimento, facilitam a transpiração e possibilitam a obtenção de aspectos visuais diferenciados.

Segundo dados da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), até 2014 a geração de novos produtos baseados em nanotecnologia deve representar 15% da produção global de bens manufaturados, o que corresponde a US\$ 2,6 trilhões, isso significa que ainda há muito a ser explorado com a nanotecnologia.

Atualmente a inovação vem norteando a estratégia das empresas no que diz respeito à diferenciação e competitividade, devido à grande comotidização dos produtos e à agressiva concorrência de produtos tecnológicos importados. Uma das ações de diferenciação e tentativa de inovar da indústria têxtil reside na incorporação de nanotecnologia em sua cadeia fabril. (INPI Jun. 2012)

As propriedades únicas, novas e diferenciadas dos nanomateriais têm atraído à atenção não só de cientistas e centros de pesquisa, mas também das empresas, devido ao seu enorme potencial econômico. Nanotecnologia vem sendo aplicada em

diversas áreas como, por exemplo, aparelhos médicos, tecnologias de comunicação e biotecnologia. (INPI Jun. 2012)

Segundo dados da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial o setor têxtil e de confecções ainda tem elevado destaque no cenário nacional o setor representa 16,4% dos empregos e 5,5% do faturamento PIB. (ABIT, 2011), e a indústria têxtil ainda é um setor produtivo com grandes geradores de empregos como outros setores industriais. Na indústria têxtil, a nanotecnologia apresenta um mercado comercial promissor e vem aumentando consideravelmente o interesse pela sua aplicação, o aumento da competitividade com a Ásia a necessidade de resposta para os clientes à dinâmica do mercado internacional torna inevitável o aumento da capacidade tecnológica das empresas tendo em vista um futuro não muito distante onde a demanda cada vez mais acirrada por produtos qualificados é necessário.

Diante desse contexto o presente estudo tem por objetivo traçar o cenário atual da aplicação da nanotecnologia aplicada à indústria têxtil, o comportamento das principais matérias-primas utilizadas, consumo, tendências, possíveis impactos, novos nichos de mercado, desafios futuros e problemas mais relevantes provocados utilização dessa nova tecnologia.

1 NANOTECNOLOGIA.

1.1 O QUE É A NANOTECNOLOGIA?





Por ser um tema consideravelmente recente a Nanotecnologia ainda não possui uma definição formal no meio científico, com objetivo de evitar avaliação incorreta das potencialidades e limitações da nanotecnologia, a descrição mais abrangente dentre as existentes, a mais aceita na comunidade científica, considera a nanotecnologia como uma área interdisciplinar que envolve o conhecimento e manipulação de materiais com dimensões entre 1-100 nm, os quais apresentam propriedades singulares e permite o desenvolvimento de aplicações e dispositivos tecnológicos inovadores, definição proposta pela norma ISO TC 229. (INPI Jun. 2012)

A palavra *nano*, é de origem grega, significa “anão” e refere-se ao “nanômetro” (nm), em física, o termo é utilizado como indicação de dimensão, quando o termo é aplicado em tecnologia, a nanotecnologia, seria trabalhar em nível atômico, molecular e macromolecular a fim de criar materiais, dispositivos e sistemas com novas propriedades e aplicações. (Yamamoto, B. B. ET AL, 2010).

Os prefixos micro, nano, mili, centi são usados para que se possa especificar o fator pelo qual uma determinada grandeza é multiplicada, na verdade, estão associados com potências de 10, assim, como kilo corresponde a um fator 10^3 , mili corresponde a 10^{-3} . Na escala nano (nm), o fator de grandeza corresponde a 10^{-9} , ou seja, um bilionésimo do metro (0,000 000 001m). (ABDI, 2010)

Esse tamanho é aproximadamente 100 mil vezes menores do que o diâmetro de um fio de cabelo, 30 mil vezes menor que um dos fios de uma teia de aranha ou 700 vezes menor que um glóbulo vermelho, é exatamente nessa escala de tamanho que a nanotecnologia é trabalhada e que os objetos nanotecnológicos são concebidos. Nessa mesma escala estão os átomos e as moléculas. (ABDI, 2010)

Figura 1: O que é um nanômetro.

1 metro (m) O mundo macro		1 pessoa = 1.70 metros
1 milímetro (mm) (1000 milímetros=1 metro) El mundo pequeno		1 formiga = 5 milímetros
1 micrómetro (μm) (1000 micrómetros=1 milímetro) O mundo das células		1 célula = 20 micrómetros
1 nanômetro (nm) (1000 nanômetros = 1 micrómetro) O mundo da nanotecnología		Um vírus = 60 nanômetros

Fonte: Foladori, G. & Invernizzi, N., 2012.

Na verdade um nanômetro é uma medida como outra qualquer, assim como conhecemos o centímetro, o metro e o quilometro agora esta na hora de conhecermos o nanômetro, e simples, basta dizer que ele equivale a um bilionésimo de metro, mas isso não mostra claramente o que é um nanômetro, então se observarmos a imagem abaixo teremos uma ideia do quão pequeno é o nanômetro.

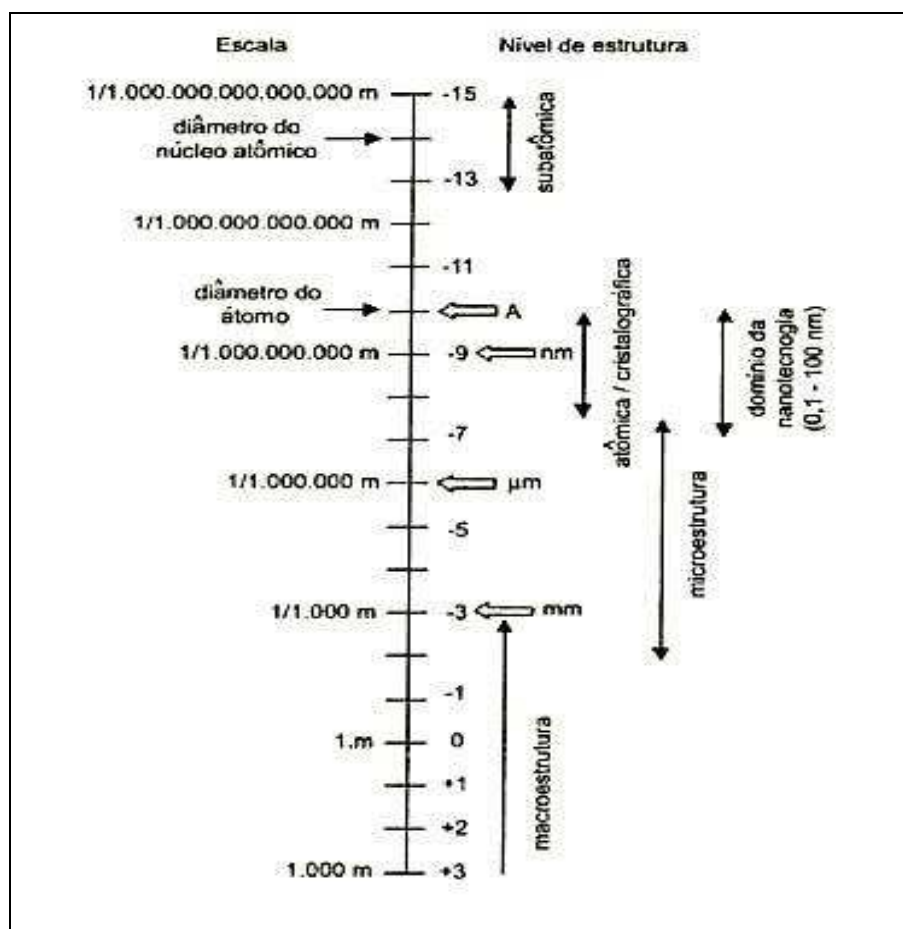
Figura 2: Comparação entre Grandezas.

Fonte: Revista Nanotecnologia, 2009.

Imagine se pudéssemos aumentar medidas numa mesma proporção, ao aumentarmos o nanômetro ele deveria ficar do tamanho de uma bola de futebol, e o mesmo que comparar uma bola de futebol com a terra. Através dessa comparação fica bem claro o porquê da alta complexidade ao se trabalhar na escala de nanômetros, essa tecnologia só existe em laboratório e indústrias com equipamentos de alta precisão, afinal, são necessárias máquinas muito precisas para trabalhar com componentes tão pequenos, os quais são invisíveis aos nossos olhos.

A nanotecnologia é a manipulação da matéria em escala atômica e molecular. Significa combinar artificialmente átomos e moléculas para criar partículas e estruturas que manifestem funções novas, diferentes das encontradas na matéria em tamanho maior. (Foladori, G. & Invernizzi, N., 2012).

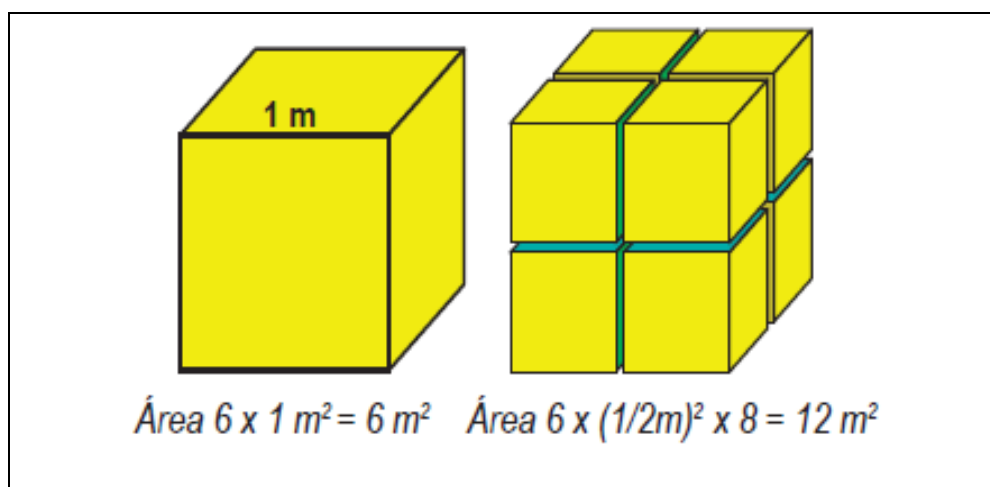
Figura 3: Região de domínio da nanotecnologia



Fonte: ABIT, 2010.

Trabalhar a matéria em uma escala tão pequena representa uma revolução tecnológica que provoca mudança no comportamento dos materiais, isso se deve a dois efeitos, o primeiro, chamado efeito quântico, faz com que os materiais em tamanho nano tenham propriedades óticas, elétricas, térmicas, mecânicas (resistência/flexibilidade) e magnéticas diferentes, exemplo disso é o carbono em forma de grafite (como no lápis) é macio, mas quando é processado em nano escala e são criados nanotubos de carbono, sua dureza chega a ser até 100 vezes maior que o aço, o segundo é o efeito superfície que diz que quanto menor o tamanho, maior é a superfície externa e, portanto, maior a reatividade com os átomos dos materiais vizinhos. Na figura, a superfície do primeiro cubo é de 6m^2 , enquanto que a dos oito cubinhos é de 12m^2 para a mesma massa, os átomos que estão na superfície externa interagem mais facilmente com os átomos de outros materiais vizinhos. (Foladori, G. & Invernizzi, N., 2012).

Figura 4: efeito superfície.



Fonte: Foladori, G. & Invernizzi, N., 2012.

A natureza sempre produziu nanopartículas, estão nas emissões vulcânicas, no ar, nas nuvens, na fumaça, etc. O ser humano também tem produzido nanopartículas indiretamente, como as que surgem da emissão dos motores de combustão e tem produzido nanopartículas de maneira prática há muitos séculos, a novidade contemporânea é que hoje existem instrumentos, técnicas e o conhecimento científico para manipular com grande exatidão e produzir nanopartículas, nanoestruturas e produtos derivados em quantidade industrial.

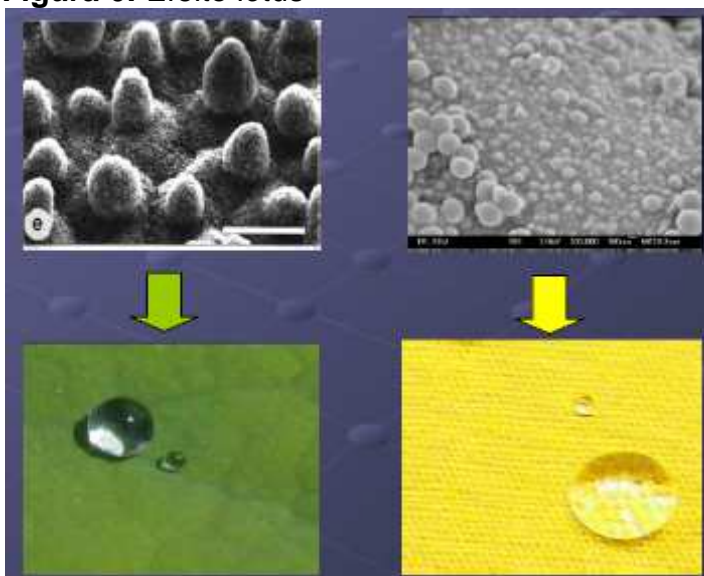
Em muitos casos, a nanotecnologia se inspira na própria natureza para copiar funções. Assim, por exemplo, a folha do lótus tem uma superfície de nanopartículas hidrofóbica; que pode ser inspiração para fazer películas finas que repelem a água. E as patas da lagartixa têm nanopelos tão pequenos que facilitam que as forças de atração entre as moléculas consigam grudá-las em superfícies verticais, desafiando a gravidade. (Foladori, G. & Invernizzi, N., 2012).

Figura 5: *Folha de LOTUS.*



Fonte: Foladori, G.& Invernizzi, N., 2012.

Figura 6: Efeito lótus



Fonte: SENAI/CETIQT

As lagartixas sempre chamaram a atenção pelo fato de poderem andar nas superfícies do jeito que bem entenderem: de cabeça para cima, de cabeça para baixo ou de lado, elas têm essa “autonomia decisória” porque em suas patas existem nanoventosas, que acabam proporcionando uma fortíssima adesão nas mais diferentes superfícies (alvenaria, plásticos, vidros, metais etc.). (ABDI, 2010)

Figura 5: Ventosas nas patas da lagartixa



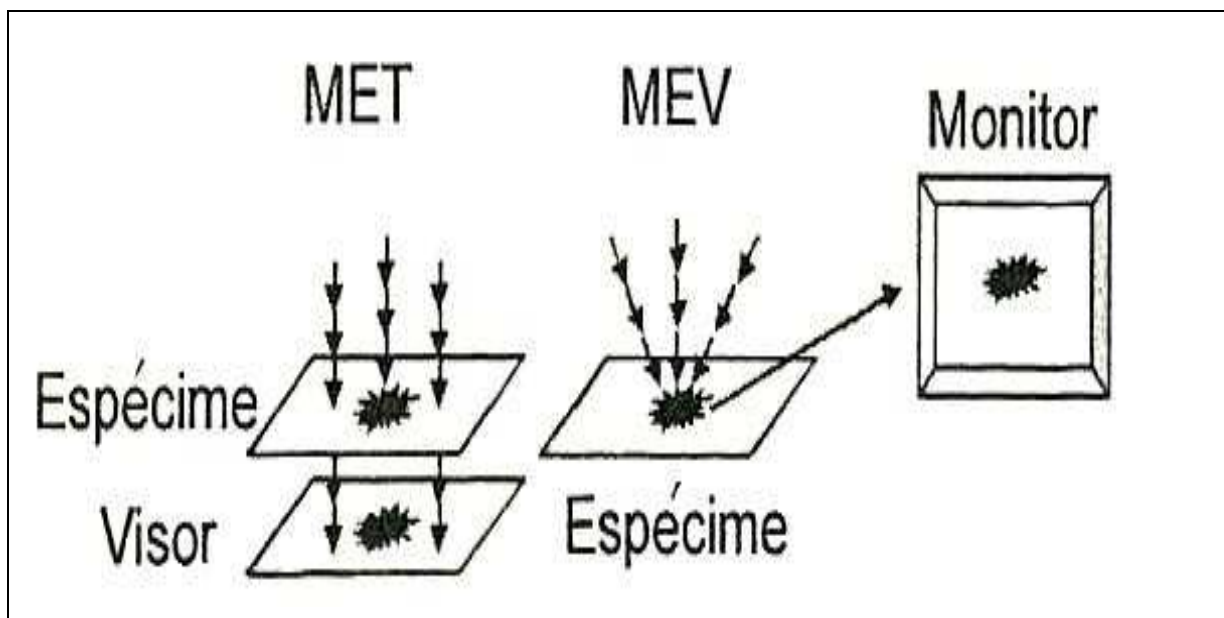
Fonte: ABIT, 2010.

Os objetos são em nano-escala são tão pequenos que não é possível vê-los, mesmo à luz do microscópio comum, os nanocientistas usam ferramentas como microscópio de varredura de transmissão ou microscópios de força atômica para observar qualquer coisa nessa escala. (ABIT, 2010)

O microscópio eletrônico de transmissão (MET) tem seu princípio de funcionamento através da projeção de elétrons através de uma fatia muito fina do material a ser analisado, (normalmente da ordem de 70-100 nm de espessura), para produzir uma imagem bidimensional em uma tela fosforescente ou filme fotográfico. Já o microscópio eletrônico de varredura (MEV) usa um feixe de 2 a 3 nm de

elétrons, que varrem a superfície da amostra para gerar elétrons secundários, oriundos do material analisado, que são detectados por um sensor.

Figura 5: Diferenças entre os microscópios eletrônicos de transmissão e varredura.



Fonte: Neto, Altamirando C. R. 2013.

Assim, o objeto mais distante que podemos observar está a 10^{18} centímetros de distância, ou seja, o número 1 seguido de dezoito zeros (1 000 000 000 000 000 000), por outro lado, a menor coisa existente no universo é conhecida como o comprimento de Planck, equivalente a 4×10^{-35} centímetros (0, 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 04). (ABIT, 2010)

1.2 O SURGIMENTO DA NANOTECNOLOGIA.

A nanotecnologia surgiu em 1959 quando o físico norte-americano Richard Feynman (1918-1988), em sua palestra intitulada “Há muito espaço lá embaixo”, se referindo à possibilidade de manipular os átomos para criar materiais, e/ou estender espaços, não no sentido de esticá-los, mas sim no sentido de utilizar o espaço em nível atômico ou subatômico, conseguindo desta forma ocupar espaços jamais vistos a olho nu. (Universitário, 2009)

A palavra "Nanotecnologia" foi utilizada pela primeira vez pelo professor Norio Taniguchi em 1974 para descrever as tecnologias que permitam a construção de materiais a uma escala de 1 nanômetro.

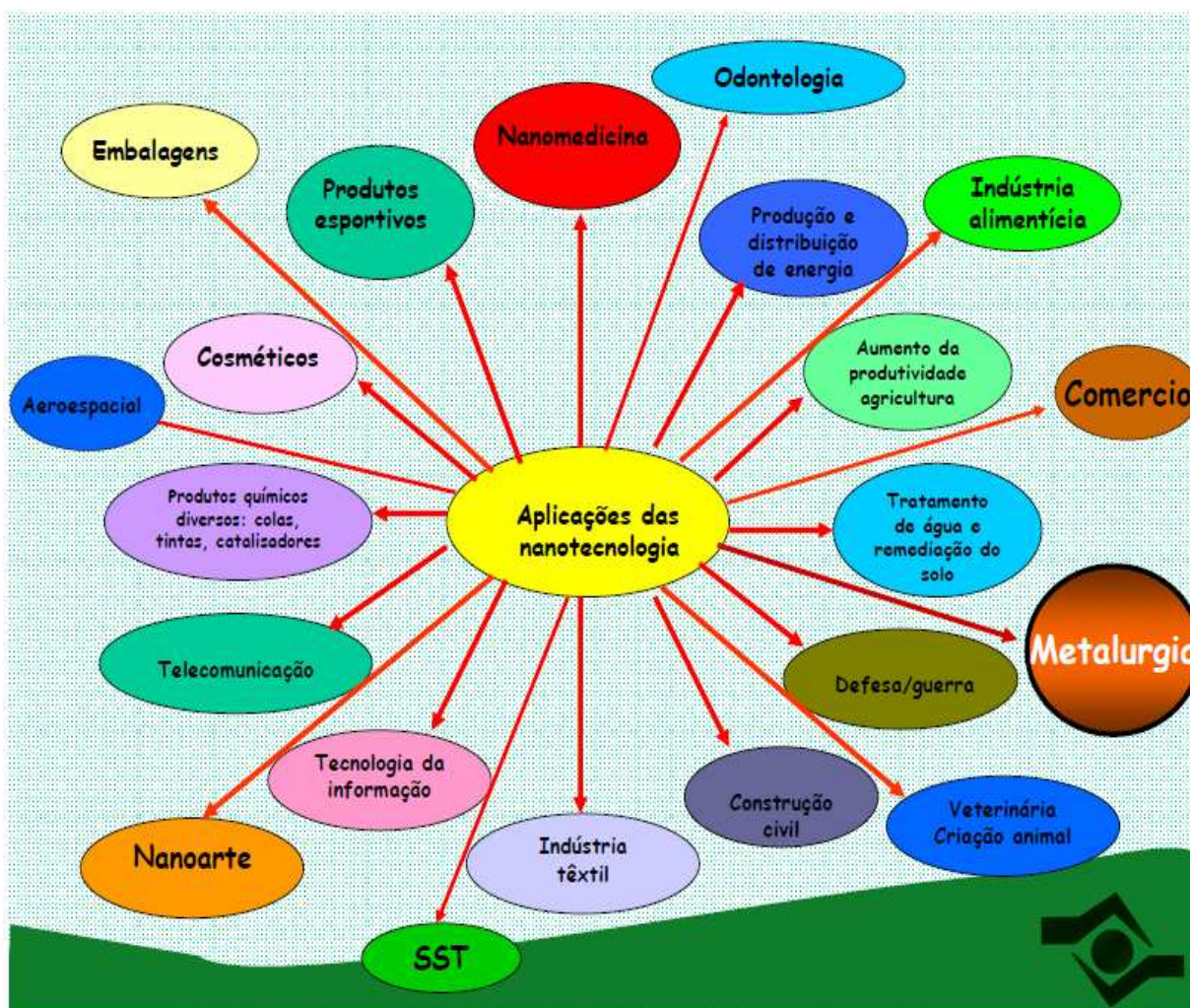
Apesar de tudo isso a nanotecnologia começou a se tornar algo concreto em 1985 com a criação do microscópio de tunelamento eletrônico (ou efeito túnel) pela IBM de Zurique, na Suíça, seus criadores: Heinrich Rohrer e Gerd Binnig, ganhadores do Prêmio Nobel. Graças a ele foi possível pela primeira vez ter uma visão topográfica do átomo, a partir de uma espécie de sonda (uma ponta finíssima) existente no microscópio é possível examinar a superfície de uma amostra, e medir a força entre os átomos da sonda e os da superfície. A partir da comparação destes dados é possível investigar as propriedades da amostra, tais como rugosidade, dureza, elasticidade, atrito, entre outras coisas. Mas foi apenas ao apresentar a público o nome da IBM escrito com 35 átomos de xenônio que em 1989, um pesquisador da IBM fez com que a nanotecnologia assumisse seu papel na história. (Universitário, 2009)

Hoje, mais de 60 países possuem iniciativas nacionais ligadas ao estudo das nanociências e nanotecnologia, sendo que o total de investimento global ultrapassa US\$ 5 bilhões. (ABIT, 2010)

1.3 APLICAÇÕES DA NANOTECNOLOGIA

Nossa busca por avanços é quase ilimitada, nos dias de hoje chegamos a situações jamais imaginadas, com a tecnologia à nossa disposição, podemos criar, podemos descobrir coisas e caminhar cada vez mais rumo à evolução, hoje a nanotecnologia não é somente promessa de futuro, ela está presente no nosso cotidiano em quase todo o setor produtivo. A nanotecnologia é um conjunto de tecnologias que se baseiam em Física, Química, Biologia, Ciência, Engenharia de Materiais e na Computação, etc. nos colocando à beira de um patamar nunca antes alcançado, também ao mesmo tempo nos traz apreensão, pelo fato de não se saber se a humanidade está realmente preparada para absorver tal evolução, e também por serem situações que podem fugir ao controle do homem.

Figura 6: Áreas de aplicações da nanotecnologia.



Fonte: Fundacentro, 2013

O princípio básico da nanotecnologia é a construção de estruturas e novos materiais a partir dos átomos. É uma área promissora, mas que dá apenas seus primeiros passos, a nanotecnologia busca inovar invenções, aprimorando-as e proporcionando uma melhor vida ao homem.

1.4 NANOTECNOLOGIA NA INDÚSTRIA.

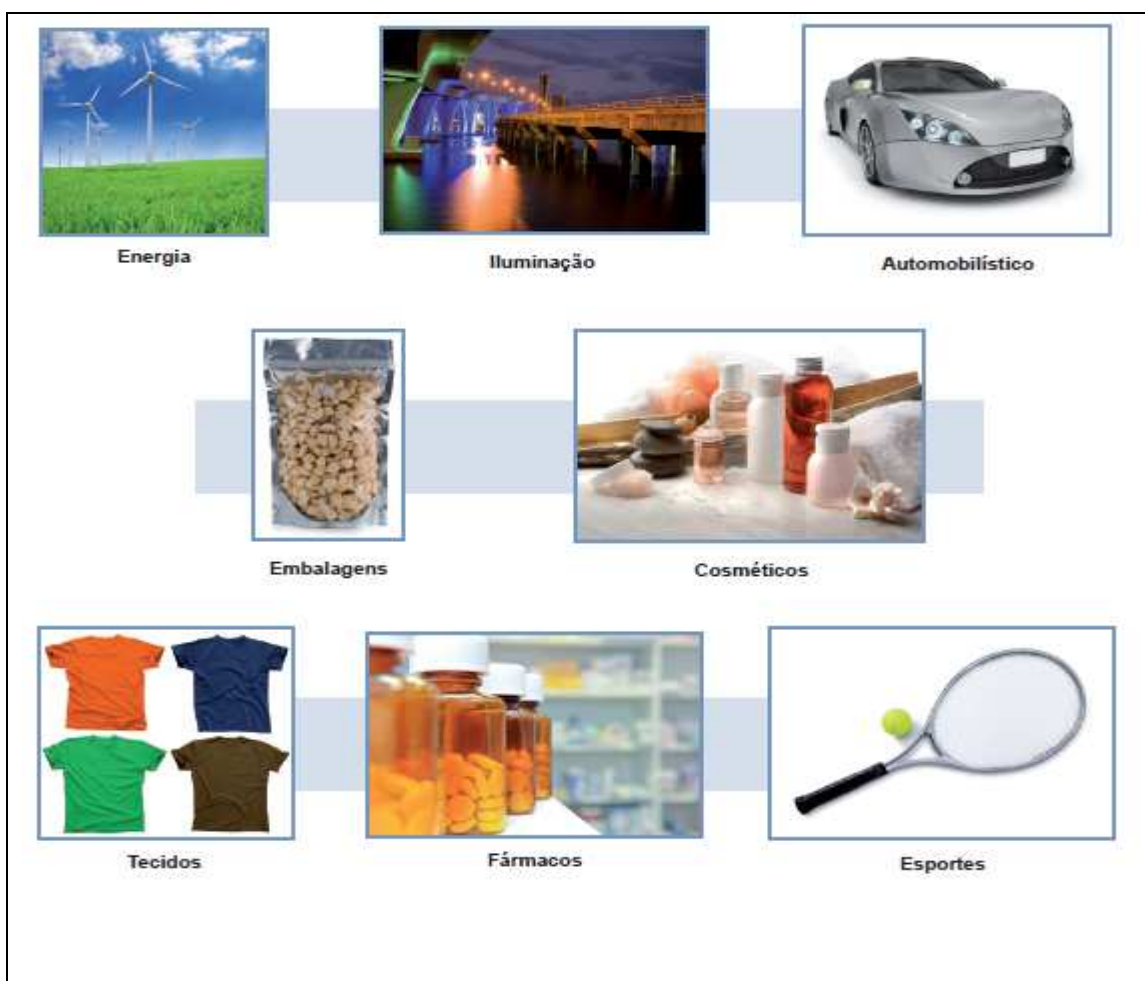
Existem muitos produtos no mercado obtidos por via nanotecnológica como, por exemplo, produtos alimentícios, cosméticos, eletrodomésticos, computadores,

celulares, medicamentos, produtos têxteis, cerâmicas, materiais da indústria da construção civil, artigos esportivos, armas entre outros.

A nanotecnologia não é somente promessa do futuro, existe uma nanotecnologia permeando em quase todo produtivo mundial, ainda eu de forma mais pronunciadamente incremental do eu revolucionaria, começando a fazer parte dos portfolios de um grande numero de empresas, sejam tipicamente nanotecnológicos, ou eu ainda estão se adequando aos novos tempos.

Os setores que mais têm se destacado no lançamento de produtos obtidos por via nanotecnológica, ou contendo nanotecnologia embarcada, estão representados nas figuras abaixo.

Figura 6: Produtos obtidos por via nanotecnológica, ou contendo nanotecnologia embarcada que mais se destacaram.



Fonte: ABIT, 2010.

A nanotecnologia manipula átomos e moléculas para realizar processos, construir coisas ou desencadear uma onda de inovações em todos os setores da indústria, ela funciona rearranjando a matéria na escala de átomos, que são a forma mais elementar de qualquer ser vivo.

Figura 7: Setor de Aplicação Da nanotecnologia e Tipo de Produto

Setor	Tipo de Produto/Observações
Energia	Sistemas fotovoltaicos; células solares; grids de energia; baterias; pás para geradores eólicos.
Iluminação	LEDs baseados em quantum dots para iluminação pública, domiciliar e automobilística.
Automobilístico	Pinturas especiais (não riscam autolimpantes); catalisadores 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 resistentes à sujidades (efeito lótus); tecidos antibactericidas; tecidos técnicos e nãotecidos.
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 de cânceres.

Fonte: ABDI, 2010.

1.5 MÉTODOS DE DESENVOLVIMENTO DE NANOESTRUTURAS.

De modo geral, existem duas formas diferentes para obtenção de nano estruturas Top-down (*De cima para baixo*) e Bottom-up (*De baixo para cima*). (Instituto Inovação, 2005)

Top-down (De cima para baixo): Seria a redução das dimensões de dispositivos, ou miniaturização. É a abordagem “física”. A dificuldade de se obter nanoestruturas a partir dessa abordagem aumenta à medida que se aproxima de peças menores do que 100 nm. O setor eletrônico vem utilizando esse método por longos anos na obtenção de minúsculos circuitos e semicondutores. (Instituto Inovação, 2005)

Alguns dos métodos de abordagem top down são:

- Fotolitografia: Técnica muito utilizada na fabricação de microprocessadores. O material a ser trabalhado é recoberto com uma camada de um material fotossensível. O problema deste processo, é que ele não permite trabalhar com partículas menores do que 100 nm. (Instituto Inovação, 2005)
- Nanolitografia de raio de elétrons: O método utiliza raios de elétrons para alterar o material. É utilizado para criar linhas de 30 nm de diâmetro, apesar de já terem sido feitas linhas com 7nm de diâmetro. O grande problema é que este método ainda não pode ser usado para a produção em massa, já que é demorado e o maquinário utilizado é de alto custo. (Instituto Inovação, 2005)
- Nanolitografia de raio de íons: este método é similar a nanolitografia de raio de elétrons. A principal diferença é que os íons interagem química e fisicamente com o material, o que permite a construção de materiais com novas propriedades. (Instituto Inovação, 2005)

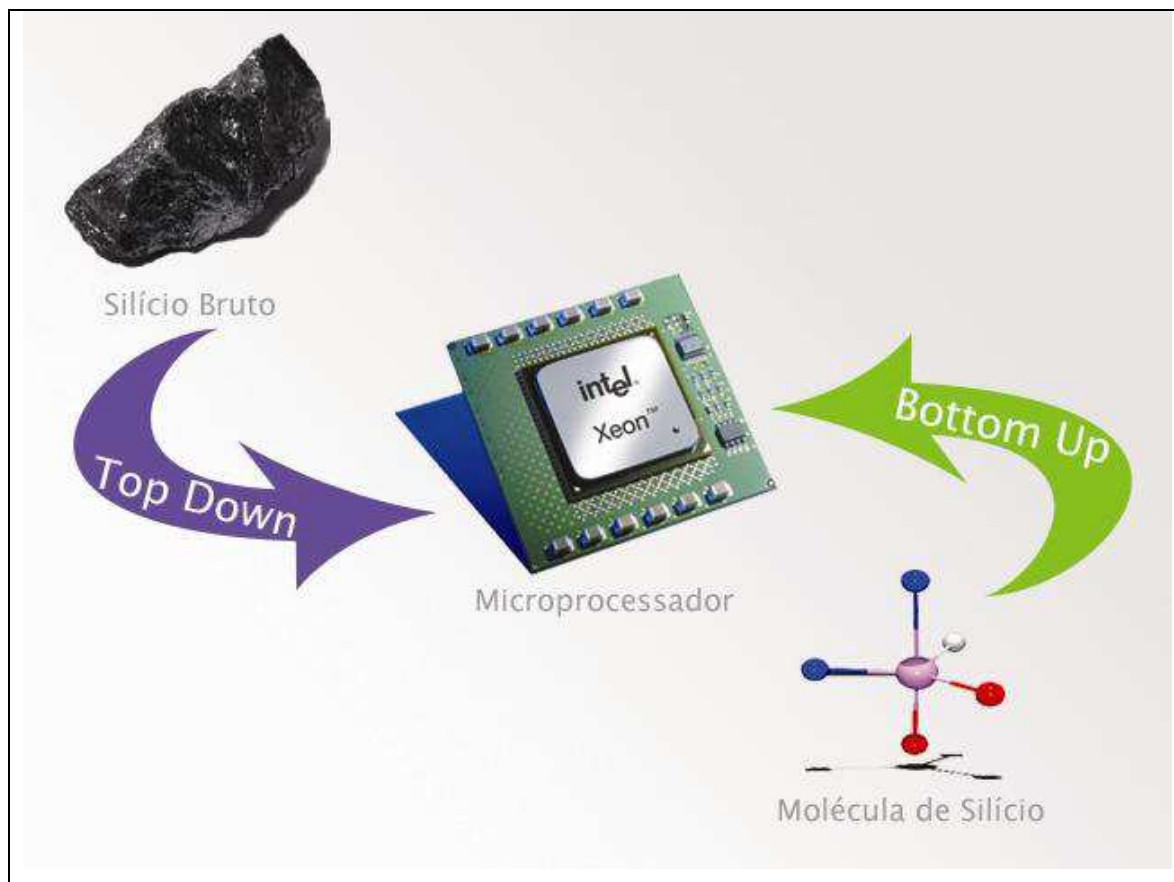
Bottom-up (De baixo para cima): Montar estruturas a partir de átomos e moléculas seria uma replicação da natureza. É a abordagem “química”. Este método promete um nível elevado de customização na síntese de materiais e menor perda de matéria-prima, se comparado ao método *top down*. Entretanto, o controle do

processo não é simples e pode ainda apenas produzir estruturas simples, em processos que consomem tempo e um baixo retorno. (Instituto Inovação 2005)

Os métodos de desenvolvimento na nanoescala a partir dessa abordagem são:

- Self-Assemble (auto-organização): é o “controle” do processo natural de agrupamento das nanopartículas; (Instituto Inovação, 2005)
- Self-Assemble monolayers (auto-organização em uma camada): a auto-organização de uma camada é a reorganização espontânea de uma substância em uma camada com a espessura de uma molécula. Ocorre quando um substrato, como uma superfície metálica ou porosa, entra em contato com uma solução de moléculas orgânicas, que espontaneamente se alinham de acordo com o substrato. (Instituto Inovação, 2005)
- Sol-gel: é um processo muito utilizado para fazer vidros e cerâmicas a partir de soluções ou coloides. O processo Sol-gel corresponde à transição de um sistema da fase líquida para a sólida. Através desse processo é possível ter um controle preciso da dopagem de nanopartículas em alguns materiais. (Instituto Inovação, 2005)
- CVD-Chemical Vapor Deposition (Deposição Química por Vapor): Este método consiste na injeção de um gás em uma câmara contendo um objeto sólido, que será utilizado como substrato. As moléculas do gás depositam-se lentamente na superfície do substrato, formando estruturas minúsculas. A forma e o tamanho das nanoestruturas obtidas podem ser controlados com precisão limitada. Dessa forma é possível obter estruturas em forma de fita (nanofitas), de esferas e também de tubos (nanotubos). Um ponto muito interessante do processo é que as estruturas obtidas não são necessariamente feitas da mesma substância que o gás original, pois o processo pode envolver reações químicas que alteram a molécula. (Instituto Inovação, 2005)

Figura 8: Formas utilizadas para desenvolvimento de nanoestruturas.



Fonte: instituto inovação, 2005.

2 NANOTECNOLOGIA NA INDÚSTRIA TÊXTIL

2.1 APLICAÇÃO DA NANOTECNOLOGIA NA INDÚSTRIA TÊXTIL

A aplicação da nanotecnologia na indústria têxtil ainda é muito recente e apresenta grande potencial comercial, a utilização dessa nova tecnologia vem crescendo a cada dia e já é possível identificar vários produtos no mercado envolvendo nanotecnologia. A aplicação da nanotecnologia na cadeia de produção têxtil deu novas propriedades aos produtos tais como repelência a água e óleo, resistência ao enrugamento, tecidos com agentes hidratantes, desodorizantes, repelentes de insetos, antitabaco, antiumidade, antibactericidas, antiestáticos, retardantes de chama dentre outras. Além dessas características, a nanotecnologia

ainda pode fornecer alta durabilidade para os tecidos, pois as nanopartículas possuem uma enorme razão área/volume e alta energia de superfície.

A Indústria Têxtil e de Confecção nacional tem plena capacidade de desenvolver tecnologias a partir da nano-escala, e já possível encontrar produtos feitos com aplicação da nanotecnologia para as mais diversas utilizações, como roupas esportivas, uniformes profissionais, cama, mesa e banho, moda praia, entre outros.

O que tem afastado as empresas de utilizarem essa inovação são a demora em aparecer retorno do investimento, o alto custo e o baixo investimento em pesquisas.

Há muito tempo diversas empresas tentam desenvolver uma tecnologia que permita que o tecido seja iluminado, porém sempre encontraram dificuldades relacionadas com a fabricação dos tecidos, eles não permanecem com as características necessárias nos teares como elasticidade e maciez. Recentemente uma empresa italiana Luminex IT[®] apresentou ao mundo um produto um produto não refletivo, chamando-o de Luminex[®] que combina tecnologia eletrônica e tecidos usando LEDs¹¹ de alta eficiência para difundir a luz de forma segura.

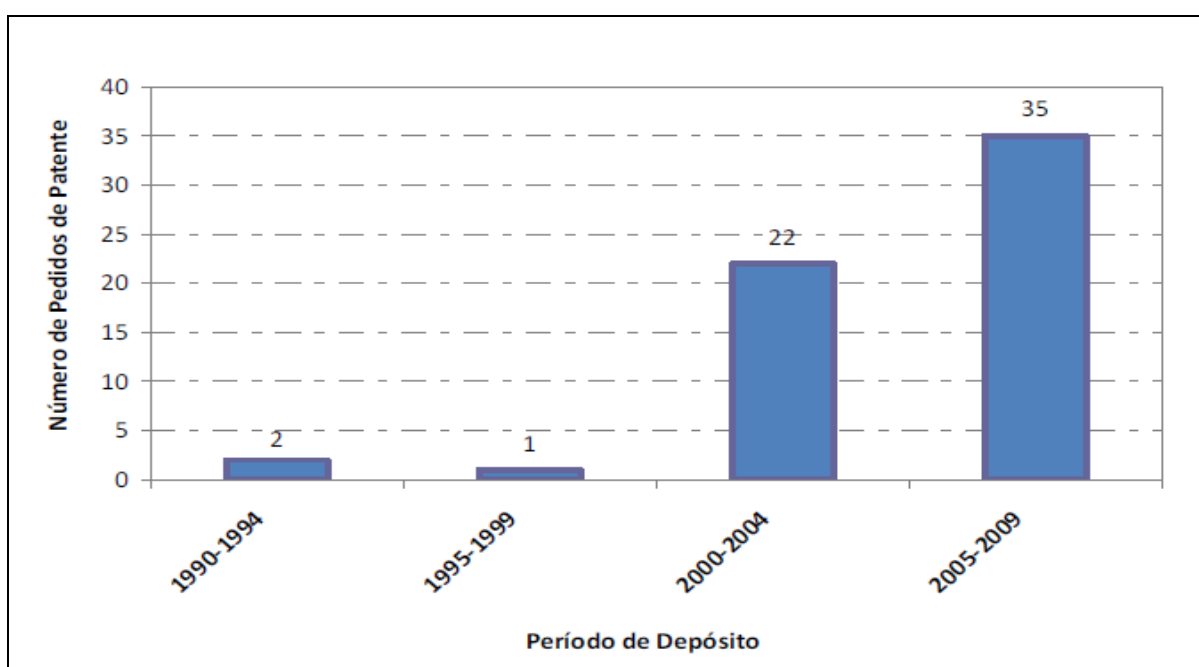
Figura 8: Roupas confeccionadas com o Luminex[®]



Fonte: Yamamoto, 2010.

Segundo estudo realizado pelo INPI até julho de 2011 os 60 pedidos de patente em nanotêxteis publicados no Brasil é possível identificar um aumento bastante significativo no número de depósitos a partir do início da década 2000, atingindo 35 pedidos de patente no último período pesquisado entre 2005-2009, isso representa um aumento de 37% em relação ao período anterior 2000-2004. (INPI Jun., 2012)

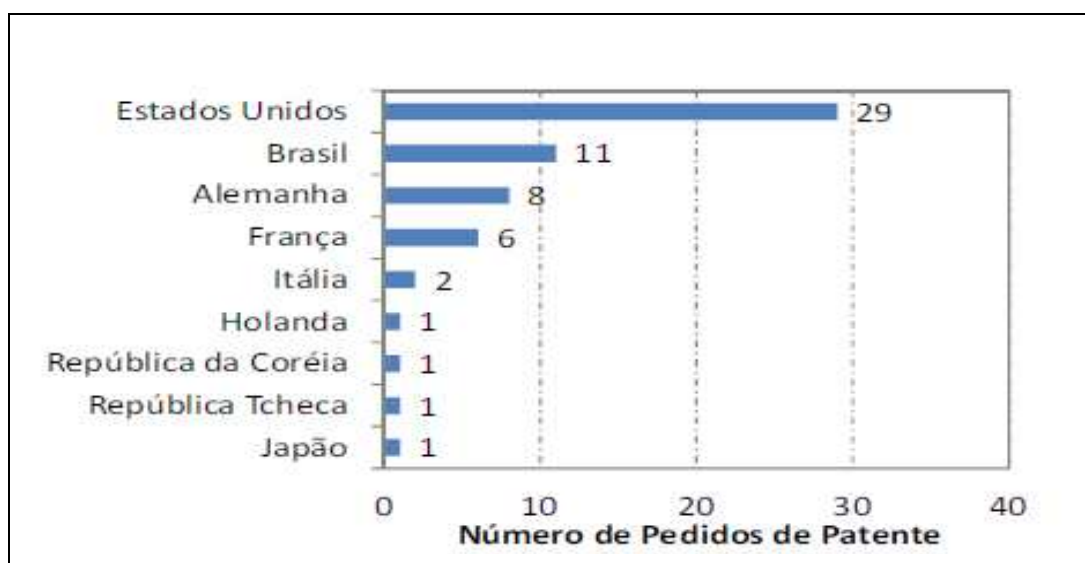
Gráfico 1: Evolução do Número de Pedidos de Patente em Nanotêxteis no Brasil.



Fonte: INPI Jun. 2012

Segundo estudo realizado pelo INPI, 2012 ao analisar o país de origem de todos os titulares de pedidos de patentes em nanotêxteis no Brasil, observou-se que os pedidos de patentes em nanotêxteis depositados no Brasil são provenientes, principalmente, de instituições localizadas nos Estados Unidos. O Brasil aparece em segundo lugar com 11 pedidos de patente.

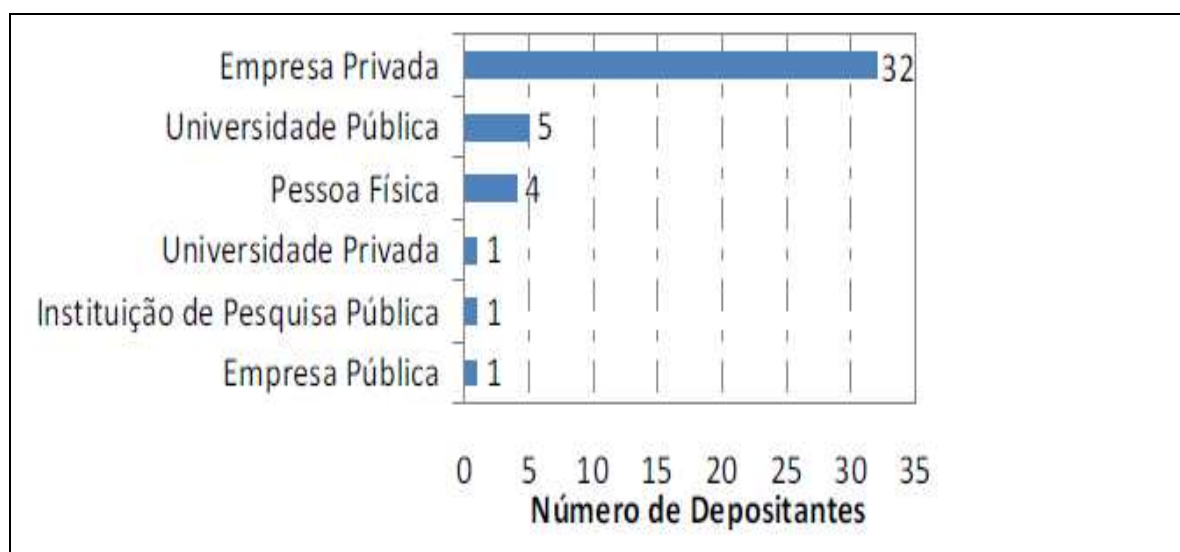
Gráfico 2: Distribuição das Nacionalidades dos Titulares de Pedidos de Patente em Nanotêxteis Depositados no Brasil.



Fonte: INPI Jun., 2012.

Através do estudo realizado pelo INPI observa-se que dos 44 titulares de patente em nanotêxteis no Brasil, 71% são empresas privadas, em segundo lugar, com 11 %, aparecem as Universidades Públicas, seguidas pelas Pessoas Físicas com 9%. Todos os demais depositantes representam 7% dos titulares. (INPI Jun. 2012)

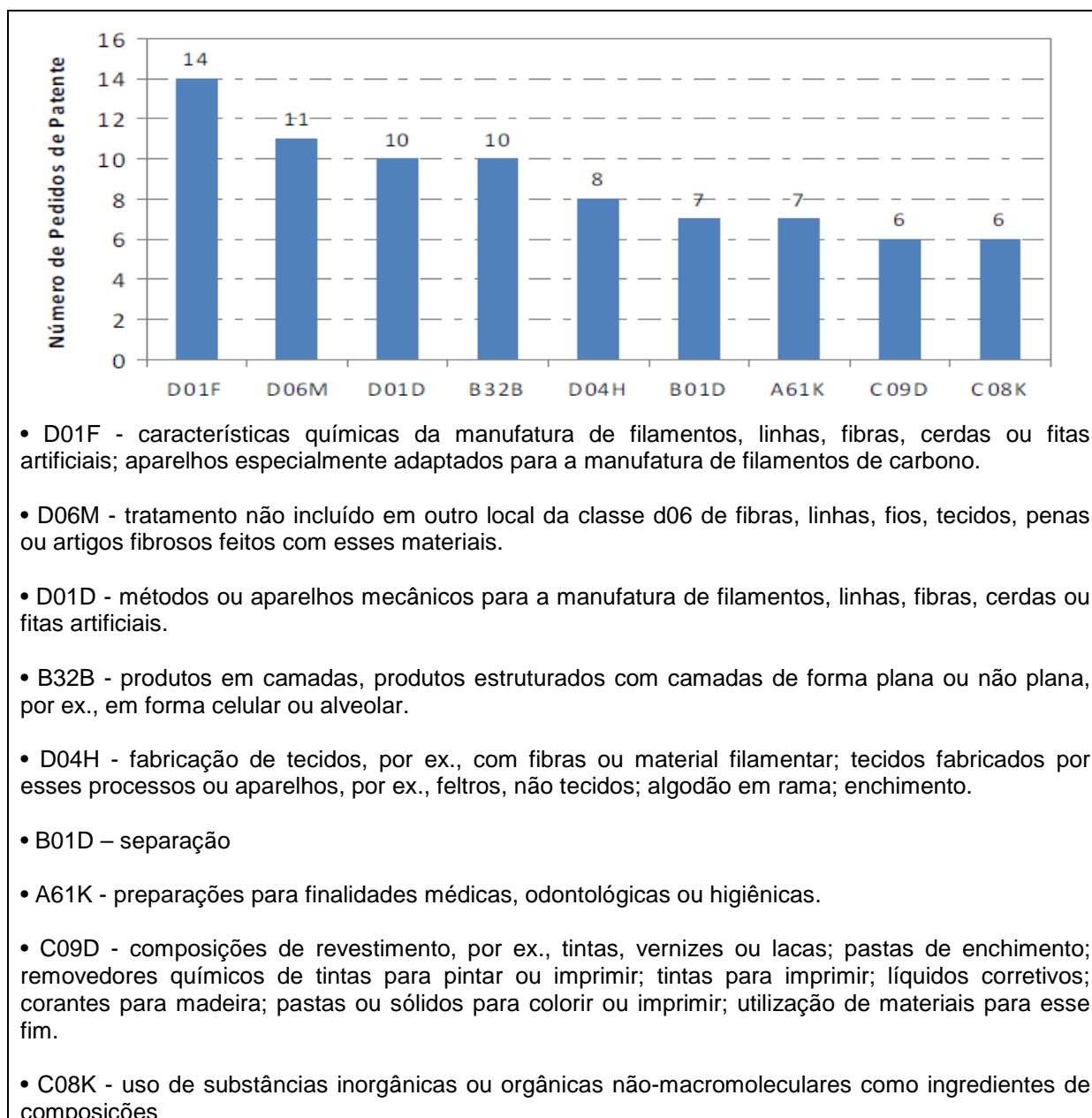
Gráfico 3: Natureza dos Depositantes de Pedidos de Patente em Nanotêxteis no Brasil



Fonte: INPI Jun., 2012.

O estudo realizado pelo INPI, 2012 possibilitou a avaliação do conteúdo dos pedidos de patente em nanotêxteis a partir da análise das 10 principais Subclasses da Classificação Internacional de Patentes dos pedidos levantados. A análise do conteúdo a partir da Classificação Internacional de Patentes (CIP) mostrou-se muito geral e não conclusiva, dessa forma, foi realizada uma avaliação minuciosa dos pedidos de patente, então foram analisados em relação à matéria prima têxtil, funcionalidade, método de produção e nanoestrutura.

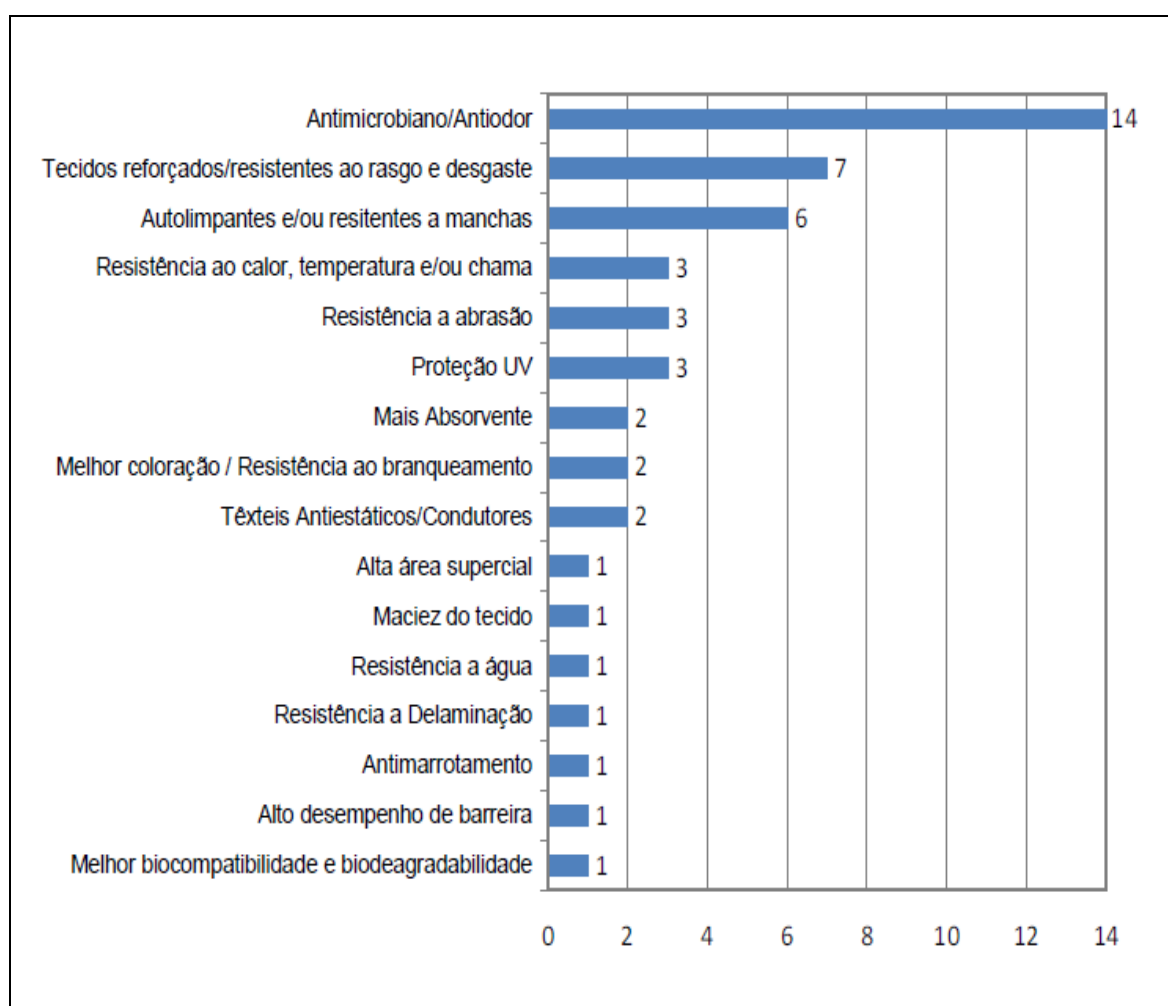
Gráfico 4: Distribuição das Principais Classificações dos Pedidos de Patente em Nanotêxteis Depositados no Brasil.



Fonte: INPI Jun. 2012.

O estudo realizado identificou que dos 60 pedidos de patente identificados, 51 são para produtos, ou seja, o uso da nanotecnologia confere características especiais ao tecido, e 9 são para processo. A principal aplicação de nanotecnologia em têxtil nos pedidos de produto é para tecidos antimicrobianos com 14 pedidos, para aplicações diversas, como na área médica ou para uso geral (ex. meias, roupas íntimas, etc.). (INPI Jun. 2012).

Gráfico 5: Funcionalidade Conferida ao Têxtil pela Nanotecnologia nos Pedidos de Patente Depositados no Brasil.



Fonte: INPI Jun. 2012.

A nanotecnologia tem sido vista como a quarta revolução industrial, e sua aplicação no setor têxtil teve um aumento considerável nos últimos anos, demonstrado ser um grande potencial comercial e de desenvolvimento tecnológico para o mercado mundial, adequar-se a este desenvolvimento tem sido considerado como uma questão de sobrevivência para o setor têxtil, por isso, os níveis de

investimentos financeiros nessa área, tanto em países desenvolvidos como EUA, Alemanha e França, como em países em desenvolvimento como China, Índia e Coréia, são significativos e crescentes. Estima-se o mercado de nanotecnologia atinja cerca de 1 trilhão de dólares nos próximos 10 a 15 anos, e cabe ao Brasil aproximadamente 1% deste faturamento. Quanto à nanotecnologia no setor têxtil, as perspectivas são que os investimentos evoluam dos setores de insumos e tecidos para o setor de vestuário e da moda (HOFFMANN, 2012).

2.2 NANOTECNOLOGIA NA INDÚSTRIA DO VESTUÁRIO

Na indústria do vestuário há varias possibilidades de aplicação da nanotecnologia, como na área de cama mesa e banho, roupas esportivas moda praia, meias, camisetas, uniformes profissionais, lingerie, pijamas entre outros.

Segundo Yamamoto, et al, 2010 uma companhia japonesa chamada Teijin® anunciou a fabricação de uma nova calcinha que consegue queimar gordura corporal, o tecido é baseado em uma nanofibra de poliéster, outra empresa que atua no setor é a La Chatte® que lançou uma linha de pijamas baseada em materiais 100% naturais e com o uso da nanotecnologia, a empresa disponibiliza produtos, como por exemplo uma camisola que promete hidratar e auxiliar no antienvhecimento . O tecido solta partículas de vitaminas A, E F com fragrância de aloe e vera e jojoba, que penetram na pele durante o uso da roupa, ocasionando um efeito calmante e hidratante.

No seguimento moda praia os biquínis são feitos com tecidos tecnológicos e sua aplicação é ter o fio três vezes mais resistente ao cloro das piscinas.

Nas roupas esportivas a nanotecnologia esta presente nas fibras, nos tecidos e roupas que trazem maior conforto ao atleta, no que diz respeito à respirabilidade e ao conforto térmico do corpo, a nanotecnologia faz com que a umidade da transpiração seja rapidamente transportada para o tecido e evapore, colaborando para manter a temperatura corporal ideal, o que proporciona maior conforto e rápida

secagem da roupa. Em esportes aquáticos a novidade é o tecido que utiliza como matéria prima a poliolefina modificada e torna de alta resistência aos produtos químicos sendo considerado ideal para uso em piscinas com independentemente do tipo de água, inclusive aquelas com alta concentração de cloro.

A nanotecnologia também esta presente no setor de cama mesa e banho com produtos que alia qualidade, conforto e sensação de frescor, além de ser ecologicamente correto por ser produzidos sem a utilização de água. Os produtos recebem tratamento antiacaro que auxilia quem tem sensibilidade respiratória, os produtos tem canais internos de circulação de ar que deixam a temperatura do travesseiro menor do que a temperatura do corporal, prevenindo assim os odores decorrentes do suor, quanto ao setor de hotelaria os produtos são desenvolvidos com tratamento hipoalergênico, que inibe a reprodução de ácaros e reduz em até 98% a incidência de alergias, os tecidos para a cama vem com tratamento de íons de prata com ação antimicrobiana, que minimiza a proliferação de bactérias.

A nanotecnologia pode inserir o setor têxtil em um patamar onde anteriormente pareciam impossíveis, o uso de tecidos inteligentes e tecidos nanotecnologicos já estão presentes no dia-a-dia e tem se tornado fator decisivo para o sucesso comercial do setor têxtil e do vestuário, agregando valor em sua busca incansável pelo novo.

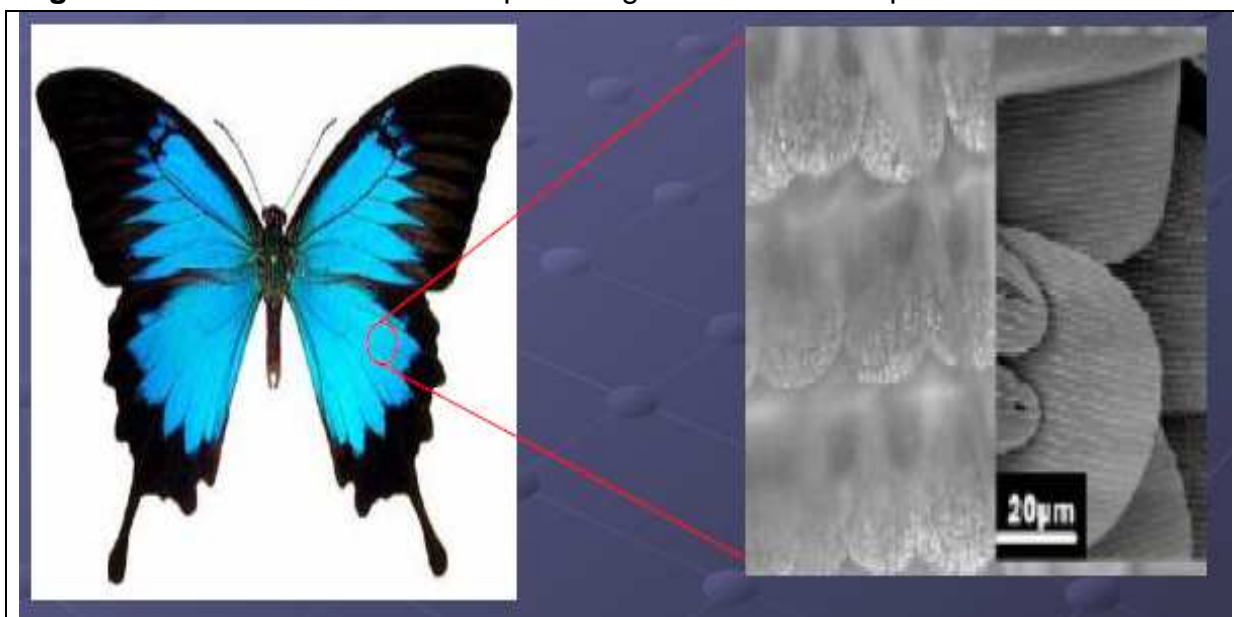
2.3 NANOTECNOLOGIA NO BENEFICIAMENTO TEXTIL

A nanotecnologia no setor têxtil tem características específicas e se aplica basicamente em dois processos distintos, diretamente na produção das fibras ou nos insumos têxteis utilizados durante a fase de beneficiamento do tecido.

Durante o beneficiamento têxtil a nanotecnologia é aplicada para a obtenção de efeitos de acabamento, desde o uso da química e mecânica tradicional até a sofisticação dos tecidos chamados “inteligentes” e/ou “funcionais”.

Como apresentado anteriormente à nanotecnologia se inspira na própria natureza para copiar funções, por exemplo, quando a água é misturada com o óleo, ocorre um efeito chamado iridescência (efeito arco-íris), outro efeito semelhante pode ser observado nas asas da borboleta azul, isso ocorre porque existem estruturas em escala nanométrica, denominadas nanoestruturas, que, ao interagir com a luz, modulam o índice de refração causando interessante efeito óptico, no qual a cor muda com o ângulo de observação ou iluminação.

Figura 9: Natureza como modelo para Tingimento com Nanopartículas.



Fonte: SENAI/CETIQT

Outra forma de aplicação da nanotecnologia durante o beneficiamento têxtil é através do método de microencapsulação, com o objetivo de fornecer novas características aos produtos proporcionando ao usuário roupas com maior conforto, tecidos, que repelem água e óleo, tecidos com maior resistência ao enrugamento, com agentes hidratantes, desodorizantes, repelentes a insetos, antitabaco, antiumidade, antibactericidas, antiestéticos, retardantes de chama, com absorção e secagem mais rápida do suor, tecidos mais resistentes a sujeiras, a mancha, com protetores contra raios ultravioletas entre outros.

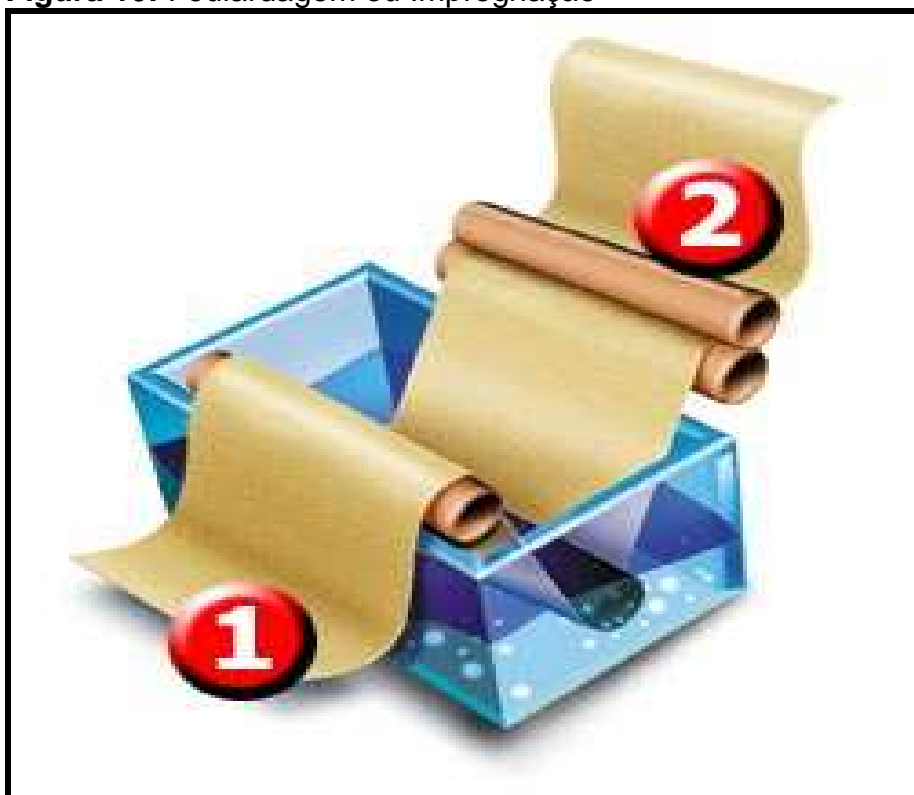
As microcápsulas são aplicadas aos produtos têxteis através do processo dos foulardagem, pulverização ou esgotamento em uma solução, sem alterar

comportamento nem sua cor. O princípio ativo contido na microcápsula é eliminado sobre a pele mediante a fricção ou pela deformação do tecido durante seu uso.

O foulard é uma máquina destinada a impregnação de uma grande variedade de substâncias têxtil que podem ser corantes, pigmentos e diversos produtos de acabamento, o processo recebe o nome de foulardagem ou impregnação.

O processo se dá inserindo o tecido na cuba que contém as microcápsulas com a substância ativa, em seguida o tecido passa por uma espremagem onde as microcápsulas impregnadas ao tecido são distribuídas uniformemente na largura e ao longo do tecido. Depois da foulardagem, o tecido é processado em outro equipamento que normalmente é um secador, onde haverá a secagem e ao mesmo tempo a fixação pela solidificação de uma cola misturada no líquido junto com as microcápsulas. Esse tecido será utilizado para confeccionar as chamadas roupas tecnológicas ou tecidos inteligentes.

Figura 10: Foulardagem ou Impregnação



Fonte: Yamamoto, 2010.

A grande vantagem das microcápsulas é que, além de serem em escala nano são obtidos através de processos simples onde todos os métodos e são inofensivos ao meio ambiente.

3 NANOTECNOLOGIA NA SAUDE E MEIO AMBIENTE

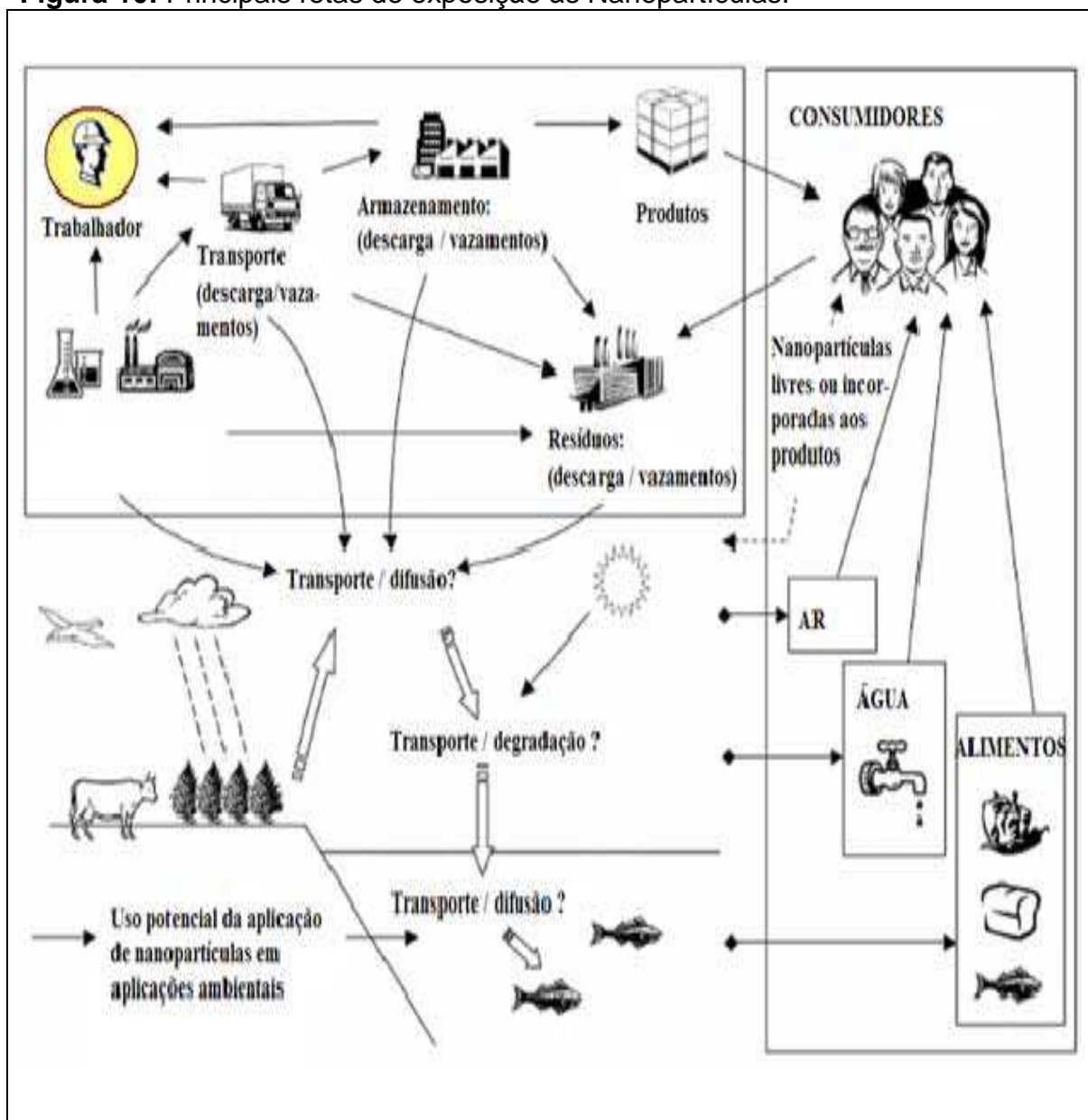
3.1 RISCOS DA NANOTECNOLOGIA À SAÚDE E AO MEIO AMBIENTE

A nanotecnologia traz consigo alguns benefício e riscos ao meio ambiente e a saúde humana, isso ocorre sempre que surge uma nova tecnologia e a nanotecnologia não é exceção, o tamanho das nanopartículas desperta suspeita de seus possíveis risco sobre a saúde humana já que partículas de tamanho semelhante subproduto de outros processos produtivos como a fumaça da combustão dos motores, ou amianto podem provocar câncer. Existem vários artigos científicos sobre os riscos a saúde humana e também ao meio ambiente sobre a utilização de nanopartículas ou processos nanotecnológicos.

As mesmas características eu tornam as nanopartículas interessantes do ponto de vista de aplicação tecnológica, podem ser indesejáveis ao meio ambiente. O pequeno tamanho das nanopartículas facilita sua difusão e transporte na atmosfera, em águas, solos e ar tornando difícil sua remoção por técnicas usuais de filtração, facilitando a entrada e o acumulo em de nanopartículas em células vivas. De modo geral sabe-se muito pouco ou quase nada sobre a biodisponibilidade, biodegradabilidade e toxicidade de novos nanomateriais.

A combinação do meio ambiente por nanomateriais com grande área superficial, boa resistência mecânica e atividade catalítica pode resultar na concentração de compostos tóxicos com posterior transporte ao meio ambiente ou acumulo ao longo da cadeia alimentar.

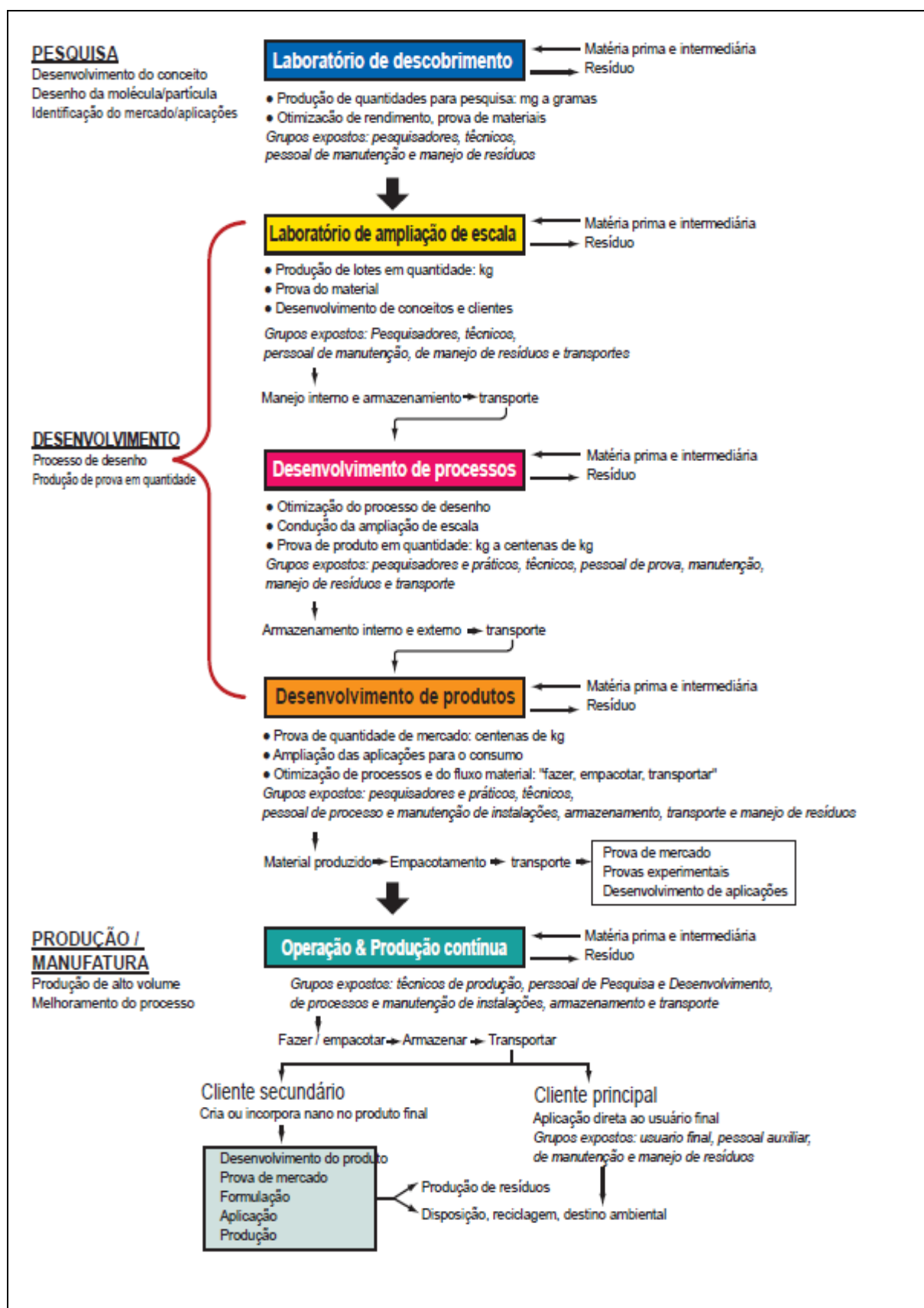
Figura 10: Principais rotas de exposição às Nanopartículas.



Fonte: Foladori, G. & Invernizzi, N., 2012.

Apesar da crescente preocupação em relação as potencialidades negativas da nanotecnologia para o meio ambiente e/ou para saúde humana, ela ainda não enfrenta nenhuma oposição, quase todos os simpósios e estudos recentes eu avaliaram os riscos da nanotecnologia para a saúde e o meio ambiente tratam a questão com equilíbrio e em termos predominantemente científicos.

Figura 11: Locais de trabalho com potencial exposição à nanopartículas manufaturadas.



Fonte: Foladori, G. & Invernizzi, N., 2012.

Os riscos da nanotecnologia se potencializam a medida em que avançam suas aplicações, sem ocorrer o mesmo com as pesquisas voltadas para análise de suas consequências sociais, econômicas e ambientais.

As três grandes áreas nas quais podemos esperar grandes benefícios provenientes da nanotecnologia para o meio ambiente são:

- Prevenção da poluição ou danos indiretos ao meio ambiente.
- Tratamento ou remediação da poluição.
- Detecção ou e monitoramento de poluição.

Em geral, se houve falar muito das coisas positivas d nanotecnologia, mas há uma serie de questões relacionadas a ela para as quais ainda não existe respostas nem conhecimento suficiente para conseguir avaliar integralmente suas consequências.

Que impactos as partículas nanoestruturadas podem ter na saúde e no meio ambiente? E no campo social, as inovações vão servir para a sociedade como um todo ou irão aumentar ainda mais as diferenças.

A falta de informação acerca dos efeitos nocivos das inovações tecnológicas no meio ambiente e na saúde humana serve de argumento para medidas de preocupação, de outra forma, a incerteza científica quanto aos dano potenciais das diversas aplicações da nanotecnologia não é justificativa para falta de ação. A omissão de hoje pode gerar danos sérios e irreversíveis no futuro.

4 REGULAMENTAÇÃO

4.1 REGULAMENTAÇÃO DA NANOTECNOLOGIA

Segundo dados da Agencia Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI, 2010), ao lado do crescimento esperado de novos produtos e tecnologias baseadas

em nanotecnologia, crescem também as preocupações sobre os riscos que os trabalhadores são submetidos em seu ambiente operacionais.

A legislação existente é insuficiente e não se adapta as peculiaridades da nanotecnologia, assim no contexto atual não existem avaliações obrigatórias, exames específicos para definir os riscos da nanotecnologia, todavia, diversas questões ficam em aberto. Percebe-se uma dificuldade de regulamentar algo desconhecido pela sociedade e pelos juristas, pouca discussão traz um risco a tomada de decisão de criar normas possivelmente sem efetividade, ou que imponham restrições excessivamente burocráticas ao desenvolvimento da nanotecnologia, ou que sirvam apenas como norma de efeito simbólico para encobrir e legitimar o uso irresponsável da nanotecnologia.

A discussão sobre regulamentação e o acesso a informação envolvendo nanotecnologia é de fundamental importância par o setor têxtil e outros seguimentos industriais brasileiro e com isso buscar formas de agregar valores aos produtos produzidos aqui e fortalecer a cadeia de exportação, entretanto a regulamentação não deve ficar a cargo apenas de especialistas e cientistas, deve assegurar o acesso a informação, transparência e a participação pública na tomada de decisões.

Qualquer que seja a resposta da sociedade para a criação de um sistema normativo para nanociência e a nanotecnologia é importante que este seja claro sobre alguns valores fundamentais como a proteção da dignidade da pessoa humana e o respeito ao meio ecologicamente equilibrado e o principio democrático.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo sobre nanotecnologia possibilitou uma ampliação do conhecimento sobre essa nova tecnologia, um dos maiores e mais promissores ramos da ciência atualmente, e que já se encontra presente no dia a dia em diversos setores industriais. Apesar de toda a inovação que esse novo tipo de tecnologia apresenta

os produtos nanotecnológicos ainda estão em fase de desenvolvimento, e a inserção na indústria ainda são iniciantes, atualmente vêm se destacando muito mais pelos investimentos feitos em pesquisa do que pelas suas aplicações.

Através do estudo ficou evidente que aplicação da nanotecnologia no setor têxtil trará novas características a fibras, fios e tecidos, dando-lhes, novas funcionalidades, além de possibilitar o surgimento de diferentes estéticas que poderão ser mais atrativas ao consumidor tornando o setor têxtil mais competitivo.

Os avanços tecnológicos na indústria têxtil indicam uma grande tendência de valorização não apenas pelo aspecto estético do tecido, mas também quanto ao seu desempenho. Graças nanotecnologia, a indústria têxtil poderá alcançar patamares onde anteriormente pareciam impossíveis ou inatingíveis de forma mais eficiente.

Quando se pensa nos impactos da nanotecnologia na sociedade e no meio ambiente, o estudo evidenciou que não é possível responder a todas as questões, pois o potencial tecnológico da nanotecnologia revolucionará o padrão da sociedade que conhecemos com impactos e mudanças que alcançara desde a produção primária ate a ampliação da expectativa de vidas das pessoas.

Através do estudo ficou claro a necessidade de implantação de políticas publicas referente à aplicação da nanotecnologia principalmente no que envolve a saúde humana e o meio ambiente.

O que no princípio parecia ficção, hoje já é realidade, o homem já é capaz de manipular os átomos, visando à obtenção de novas e complexas estruturas. O caráter interdisciplinar e multidisciplinar garante à nanotecnologia status de uma tecnologia plenamente inovadora, podendo, se bem conduzida, trazer benefícios inimagináveis a todos as áreas do conhecimento humano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Cartilha sobre nanotecnologia**. *ABDI*. Brasília, 1ª ed., 58 p., 2010. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/Cartilha%20nanotecnologia.pdf>>.

Acesso em: 13 mar.2014.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Estudo Panorama da Nanotecnologia**. *ABDI*. Brasília, vol. 19, 182 p., 2010. Disponível em: < <http://www.abdi.com.br/Estudo/Panorama%20de%20Nanotecnologia.pdf> >.

Acesso em: 13/03/2014.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Estudo Prospectivo da Nanotecnologia**. *ABDI*. Brasília, vol. 20, 394 p., 2010. Disponível em:<<http://www.abdi.com.br/Estudo/Estudo%20Prospectivo%20de%20Nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 13/03/2014.

INOVACAOTECNOLOGICA.COM. BR. **Seminário internacional discutirá impactos da nanotecnologia no Brasil**. *Textile Industry*. 29. Set. 2010. Disponível em:< <http://textileindustry.ning.com/profiles/blogs/como-funciona-a-nanotecnologia> >.

Acesso em: 13/03/2014.

Serrano, Luz A. G. **INFLUENCIA DE LA NANOTECNOLOGÍA EN EL SECTOR TEXTIL** ACADEMIA DE INGENIERIA. M E X I C O. IX Comisión de especialidad en Ingeniería Textil. 20 de mayo del 2010 México, D.F. Disponível em: <<http://academiadeingenieriademexico.mx/archivos/coloquios/9/Influencia%20de%20la%20Nanotecnologia%20en%20el%20Sector%20Textil%20Mundial.pdf>>. Acesso em: 13/03/2014.

YAMAMOTO, Brenda Bernardi et al. **NANOTECNOLOGIA NA INDÚSTRIA TÊXTIL E DO VESTUÁRIO**. ESCOLA SENAI ENGENHEIRO “ADRIANO JOSÉ MARCHINI” Faculdade SENAI-SP Curso Superior Tecnologia em Produção de Vestuário São Paulo, 2010.

Neto, Altamirando Colombo Ribeiro Neto. **Nanotecnologia** - Universidade Federal de Uberlândia Faculdade de Engenharia Química - Uberlândia – MG 2013, Disponível em: <ftp://ftp.feq.ufu.br/Curso_Eng_Quimica/Monografias%20-%20Projetos%20de%20Gradua%E7%E3o/2012/Altamirando%20Colombo%20Ribeiro%20Neto%20-%20Nanotecnologia/Monografia%20Altamirando%20Final.pdf>.

Acessado em 18/03/2014

UNIVERSITÁRIO, **Nanotecnologia - Afinal o que é?** , Disponível em:

<<http://www.universitario.com.br/noticias/n.php?i=8981>>

Acessado em 19/03/2014

X SEMINÁRIO INTERNACIONAL: NANOTECNOLOGIA, SOCIEDADE & MEIO AMBIENTE - X SEMINANOSOMA. Disponível em:

<<http://www.fundacentro.gov.br/Arquivos/sis/EventoPortal/AnexoPalestraEvento/nanotecnologia%20e%20sa%C3%BAde%20Arline.pdf>>.

Acessado em 20/03/2014

FOLADORI, Guillermo et al. **Implicações sociais e ambientais Do desenvolvimento das nanotecnologias na América Latina e Caribe**. ReLANS. (Rede Latino-Americana de Nanotecnologia e Sociedade). Zacatecas, México e Curitiba, Brasil. IPEN. UITA. Disponível em:

<http://www.ipen.org/pdfs/nanotechnology_pt.pdf>.

Acessado em 20/03/2014

INSTITUTO INOVAÇÃO. **Nanotecnologia**. Disponível em:<<http://inventta.net/wp-content/uploads/2010/07/Nanotecnologia.pdf>>. Acessado em 20/03/2014

HOFFMANN, Maria Gorete. **Nanotecnologia abre novas portas para o vestuário**: Relatório de inteligência analítico, Santa Catarina: SEBRAE, janeiro 2012.

Disponível em: <<http://textileindustry.ning.com/forum/topics/apostila-nanotecnologia-abre-novas-portas-para-o-vestuario>>

Acessado em: 20/03/2014.

QUEIROZ, Julia Atroch de et al. **Benefícios da Nanotecnologia para o Setor Têxtil**: Centro Acadêmico do Agreste (UFPE / CAA). Disponível em:

< http://www.coloquiomoda.com.br/Coloquio-de-Moda_2011/GT07/Poster/P_89412Benefits_of_nanotechnology_for_the_textile_sector.pdf> Acessado em: 20/03/2014.

QUEIROZ, Julia Atroch de et al.. **OS PRODUTOS TÊXTEIS TECNOLÓGICOS E SUAS MELHORIAS PARA A INDÚSTRIA DE MODA**. Disponível em: <<http://www.contabeis.ufpe.br/propeq/images/conic/2010/conic/npibic/60/106121128SCNP.pdf>> Acessado em 20/03/2014

RESENDE, Sophia Cueto. **TECNOLOGIA VESTÍVEL: A NANOTECNOLOGIA NA MODA E INDÚSTRIA TEXTIL***. *Achiote. com*, v. 1, n. 2, 2013. Disponível em: <<http://www.fumec.br/revistas/index.php/achiote/article/view/2027>> Acessado em 20/03/2014

BASTOS, Ricardo Martins de Paiva. **NANOTECNOLOGIA: UMA REVOLUÇÃO NO DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS**. Disponível em: <http://www.ufjf.br/ep/files/2009/06/tcc_jul2006_ricardomartinsdepaivabastos.pdf> Acessado em 20/03/2014

COCCO, Carmem Regina et al. **NANOTECNOLOGIA: UMA REVOLUÇÃO EM ANDAMENTO**. Disponível em: <http://agora.ceedo.com.br/agora15/15_CarmemReginaCocco&RicardoCocco111-131.pdf> Acessado em 20/03/2014

Martinez, Maria Elisa Marciano et al. **AVALIAÇÃO DO PERFIL PATENTÁRIO DO EMPREGO DE NOTECNOLOGIAS NO SETOR TÊXTIL**. Disponível em: <<http://www.redenit-ne.net/ojs-2.3.0/index.php/01/article/view/95>>. Acessado em 20/03/2014

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL – INPI **NANOTÊXTEIS: ANÁLISE DOS PEDIDOS DE PATENTE NO BRASIL PARA ESTUDO DA P&D E INOVAÇÃO** Rio de Janeiro Jun/2012 Disponível em: <http://www.inpi.gov.br/images/stories/Nanotexteis_Jun_2012.pdf> Acessado em 20/03/2014

REVISTA NANOTECNOLOGIA. **Nanotecnologia - A manipulação do invisível** Brasil 2009 Disponível em: <<http://www.boell-latinoamerica.org/downloads/revistananotecnologia.pdf>> Acessado em 20/03/2014

MIRANDA, José Maria Simas de. **A Nanotecnologia como Fator Estratégico de Inovação Competitiva no Setor Têxtil**. SENAI/CETIQT - Centro de Tecnologia da Indústria Química e Têxtil Disponível em: <http://api.ning.com/files/t*xpVL9ufGLYIzU0ry2SY49sLTZrAELMm01sU4ChfGOZHePiKxX6VRZYr21676ftW0ZkLv9b5rTmBxy1pvzpo2RX1loucgZc/ASNANOTECNOLOGIASNACADEIATXTIL.pdf> Acessado em 20/03/2014