



Instituto Politécnico de Gestão e Tecnologia

**RISCOS EMERGENTES ASSOCIADOS ÀS NANOTECNOLOGIAS
UMA INTRODUÇÃO**

Francisco José da Silva Coelho Lima

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre Gestão da
Prevenção de Riscos Laborais sob a orientação do Professor Doutor Pedro Fernandes Graça.

Vila Nova de Gaia

2014



Instituto Politécnico de Gestão e Tecnologia

**RISCOS EMERGENTES ASSOCIADOS ÀS NANOTECNOLOGIAS
UMA INTRODUÇÃO**

Francisco José da Silva Coelho Lima

Aprovada em __ de _____ de 2014

Composição do Júri

Professora Doutora Ana Paula Pinto
Presidente

Professor Doutor Cleber Candido Silva
Arguente

Professor Doutor Pedro Fernandes Graça
Orientador

Dissertação de Mestrado realizada sob a orientação do Professor Doutor Pedro Fernandes Graça, apresentada ao Instituto Superior de Línguas e Administração de Vila Nova de Gaia para obtenção do grau de Mestre em Prevenção de Riscos Laborais.

Agradecimentos

Ao Professor Doutor Pedro Graça, do Instituto Politécnico de Gestão e Tecnologia, Vila Nova de Gaia, por ter aceitado prontamente o meu pedido para ser orientador deste mestrado e por toda a colaboração prestada.

Tudo é insignificante, facilmente mutável, tudo se apaga.
(Marco Aurélio, imperador e filósofo romano)

Resumo

A situação da segurança e saúde nas empresas está em constante mudança, os novos paradigmas relacionados com os novos riscos emergentes, no mundo do trabalho, tem sido alvo de uma atenção especial nos últimos anos. Os ambientes de trabalho estão em constante mudança sob a influência de novas tecnologias e de condições económicas, sociais e demográficas que se vão alterando.

A Globalização implica novas ameaças à saúde no trabalho em outros tempos distantes, com a automatização de novos processo industriais.

Os novos riscos profissionais e emergentes podem ser causados por inovações técnicas ou por mudanças sociais ou organizacionais, tais como:

Os que se relacionam com a utilização de novos materiais, como as fibras sintéticas, nano-materiais e nanotecnologias.

A exposição ocupacional a nano-partículas é um risco recente e simultaneamente com tendência a aumentar, o que o classifica como risco emergente.

As nano-partículas entram no corpo humano por diversas vias, desconhecendo-se ainda a total dimensão dos danos que podem vir a causar em termos de saúde ao trabalhador exposto

Palavras-chave:

Nanotecnologia, riscos, prevenção, inovação

Abstract

The situation of safety and health in enterprises is constantly changing, new paradigms related to new and emerging risks in the workplace, have been the subject of special attention in recent years. Working environments are changing under the influence of new technologies as economic conditions, social and demographic change.

Globalization implies new threats to health at work in other distant times, with the automation of new industrial processes.

The new and emerging occupational risks may be caused by technical innovation or social organizational changes, such as: those relate to the use of new materials such as synthetic fibers, nanomaterials and nanotechnology.

Occupational exposure to nanoparticles is recent and increasing risk, which is ranked as an emerging risk.

The nanoparticles enter the body in various ways, are still unaware of the full extent of the damage that may result in health workers exposed to

Key-words:

Nanotechnology, risk, prevention, innovation

Índice

Capítulo 1 Introdução	1
1.1 Interesse e Fundamentação	1
1.2 Objectivos gerais	1
1.3 Objectivos específicos	2
1.4 Metodologia	2
1.5 Estrutura de dissertação	4
Capítulo 2 Definições de Risco Emergente	5
2.1 Novos riscos emergentes - Visão global dos novos riscos	5
2.2 Conceito de risco emergente	6
2.3 Causas de riscos emergentes	10
Capítulo 3 Definições de Nanotecnologia	11
3.1 Breve história	11
3.2 O que é a nanotecnologia	11
3.3 Investigação e Desenvolvimento	14
3.4 Revolução Tecnológica <i>versus</i> Riscos	15
3.5 Aplicações da nanotecnologia	26
3.6 Na indústria têxtil	28
Capítulo 4 Os Riscos Associados	31
4.1 Distinção entre Perigo e Risco	31

4.2	Percepção do Risco da Nanotecnologia	31
4.3	Enquadramento Legal	32
4.4	Fases de Avaliação de Risco	34
4.5	Controlo de Risco – Princípios Básicos da Prevenção	34
4.6	Valorização do Risco	35
4.7	Gestão do Risco	36
4.8	Métodos de Avaliação de Riscos	36
4.8.1	Métodos Qualitativos	38
4.8.2	Métodos Quantitativos	38
4.8.3	Métodos Semi-Quantitativos	39
4.8.4	Método de Matriz Simples	39
4.8.4.1	Como funciona Matriz de Risco	39
4.8.4.2	Eixo da Probabilidade	39
4.9	O sentido e alcance do Princípio da Avaliação de Riscos	40
4.10	Enquadramento que o princípio da Avaliação de Riscos assume na Legislação Nacional relativo à gestão de Segurança e Saúde na Empresa	41
Capítulo 5 Discussão de Resultados e Conclusões		44
5.1	Resultados e Discussão	44
5.2	Conclusões e Trabalhos futuros	70

Bibliografia		71
Anexo 1 Glossário		75
Anexo 2 Lista de termos		94
Anexo 3 Questionários		99
Índice de Figuras		
Figura 1	Unidades das dimensões envolvidas	12
Figura 2	Unidades das dimensões envolvidas	12
Figura 3	Escala nanométrica	13
Figura 4	Exemplos de partículas nanopartículas ultrafinas	18
Figura 5	Áreas de aplicações em nanotecnologia	27
Figura 6	Áreas de aplicações em nanotecnologia	28
Figura 7	Matriz de riscos	32
Figura 8	Tipos de métodos de análise de riscos	37

Capítulo 1 Introdução

1.1 Interesse e Fundamentação

O objectivo principal deste estudo é detectar potenciais empresas onde possam estar inseridas novas técnicas de trabalho recorrentes a nanotecnologias e qual a sensibilidade das mesmas para os potenciais riscos laborais associados.

Na nanotecnologia os riscos laborais associados enquadram-se nos denominados “novos riscos emergentes” que foram, inicialmente, identificados como riscos emergentes pela Agencia Europeia para a Segurança e a Saúde no trabalho para a estratégia Comunitária de 2002-2006 [001]. Esta pretendia criar um “observatório de riscos” para ajudar a “antecipar o conhecimento dos novos riscos emergentes”. Para realizar este objectivo, foi realizado nesta dissertação um questionário, utilizando o método Delphi, enviado a 700 empresas com um total de 63 respostas, representando 9,1% do universo consultado.

É também objectivo deste trabalho “alertar para este risco emergente, que se pode encontrar numa diversidade de actividades e para qual os Técnicos de Segurança do Trabalho, entre outros profissionais, deverão estar sensibilizados. A avaliação e análise de riscos emergentes ocupacionais assumem um papel determinante na identificação precoce de medidas de prevenção eficientes” [002]

A Agencia Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho, diz ainda que pouco se conhece sobre a gestão, na prática, dos riscos para a saúde e a segurança do trabalho; em especial para os novos riscos emergentes como o stresse, violência, assédio, constituindo assim um grande desafio que os decisores políticos têm de enfrentar ao elaborar medidas de prevenção eficazes. A este ponto é necessário acrescentar as novas práticas de trabalho recorrentes a nanotecnologias, nanomateriais, isto é nanociência.

A título de curiosidade, Eric Drexler [003], um dos pioneiros na nanotecnologia, introduziu o termo “Grey Goo” que define um hipotético cenário de fim-de-mundo envolvendo a nanotecnologia molecular que fora de controlo é capaz de destruir toda a matéria terrestre tal qual a conhecemos hoje. Este tipo de visão mostra a relativa importância que se deve dar ao tema de riscos associados a esta nova realidade.

Em suma, a escolha da nanotecnologia como objecto deste estudo está na medida em que se apresenta como o tema emergente nas políticas públicas de todo o mundo.

1.2 Objectivos gerais

Os objectivos gerais desta dissertação são o detectar a utilização de técnicas industriais envolvendo conceitos de nanotecnologia e o seu desenvolvimento na indústria portuguesa. Identificar artigos e patentes já publicadas ou mesmo em estudo mas já com algum conhecimento público para tecnologias do futuro, tendo como base a nanotecnologia. Salienta-se que vemos como objectivo principal da nanotecnologia o de desenvolver novos materiais,

novos produtos e processos fundamentados na crescente capacidade da tecnologia moderna de ver e manipular átomos e moléculas.

Assim o tema que se pretende investigar, os riscos laborais associados nanotecnologias e nanomateriais como novos riscos emergentes na indústria, tem como finalidade a identificação de empresas que utilizem técnicas baseadas nesta área tentando verificar se estão cientes dos potenciais riscos que podem estar associados. Por exemplo, a manipulação de partículas de tamanho nanométrico tem aberto inúmeras oportunidades de desenvolvimento de novos produtos, exigindo uma nova abordagem, análise e avaliação dos processos, procedimentos e dispositivos industriais de forma a garantir quer protecção colectiva quer individual do trabalhador.

1.3 Objectivos específicos

Para se alcançar o objectivo proposto foi necessário desenvolver um conjunto de objectivos específicos tais como a identificação de patentes em nanotecnologia e o posicionamento dos principais países envolvidos nas seguintes quatro fases a estudar:

1. Apresentar uma visão global dos principais tópicos referentes à nanotecnologia;
2. Apresentar uma revisão bibliográfica acerca deste tema;
3. Enquadrar os riscos emergentes associados às nanotecnologias;
4. Saber o estado de conhecimento geral desta tecnologia pela sociedade industrial e empresarial.

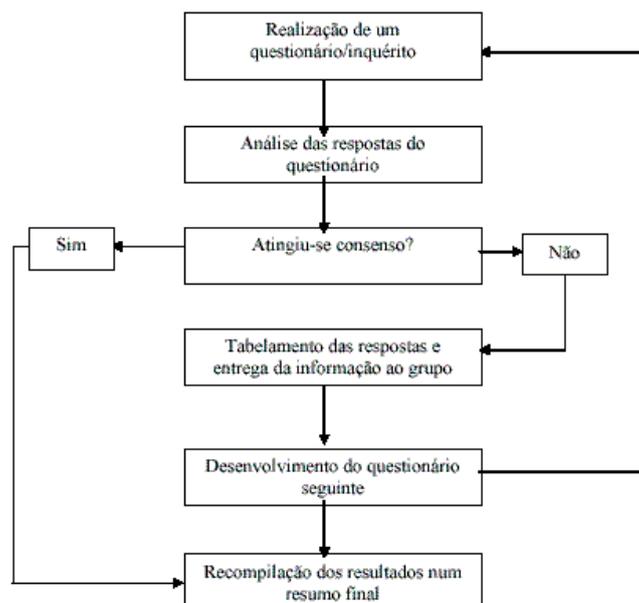
1.4 Metodologia

A metodologia usada nesta dissertação consistiu na elaboração de um questionário e consequente análise. Este questionário foi submetido a uma validação progressiva, realizada em três fases distintas. Numa primeira fase foi entregue a 10 pessoas sem qualquer vínculo empresarial, tendo sido pedido para transmitirem a sua opinião sobre o conteúdo e sobre a forma. Após a análise das respostas obtidas e consequentes alterações, a nova versão do questionário foi enviado desta vez a 15 pessoas, das quais 5 são da primeira fase. Numa terceira e última fase, a terceira versão do questionário preparada após análise dos comentários obtidos durante a segunda fase, foi enviado a 20 pessoas das quais 5 da primeira fase e 5 da segunda fase. O resultado obtido, permitiu finalizar a forma e conteúdo do questionário submetido às várias empresas. Assim, este questionário foi enviado via e-mail a 700 empresas de Norte a Sul de Portugal de todos os sectores de atividade. Estas empresas foram escolhidas usando duas bases de dados, a do “Portugal Empresas” (<http://www.portugalempresas.pt/>) que sendo um diretório de empresas portuguesas, gratuito, tem como missão a de publicitar na Internet as empresas, produtos e serviços através da criação de mini-sítios institucionais, e o “Takitudo” (<http://www.takitudo.net/>) que, também sendo gratuito, possui o maior diretório de empresas portuguesas na internet. Salienta-se que o Takitudo, que nasceu em 2005 no Porto com o objetivo de juntar num único website os vários diretórios de empresas espalhados por vários portais conta com mais de 80.000

empresas registadas. O questionário, construído usando a plataforma Google-docs (<https://docs.google.com/forms/d/1IKxfqXJ7BsQZXgF0PSBuTpolNTyUWLfsT6mJJ0pg-Ug/viewform>), foi enviado às 700 empresas entre os dias 31 de Outubro 2013 e 25 de Novembro de 2013. Foi fixado a data limite de 31 de Dezembro, para a receção de respostas a tratar posteriormente. De salientar que a metodologia utilizada por esta consulta envolveu o uso do método Delphi¹, utilizando um questionário estruturado com 28 questões e apresentado como já referenciado a um processo de validação progressiva. Foi utilizado o formulário feito através do Survey Monkey para interagir com os participantes para a obtenção dos dados dos questionários.

O objetivo do questionário é identificar tópicos do conhecimento geral de nanotecnologias, tentar averiguar até que ponto a indústria e serviços portugueses conhece, recorre e utiliza “nanotecnologia” no seu ato laboral.

¹O Delphi é uma das poucas metodologias científicas que permite analisar dados qualitativos. Trata-se de um método que permite descobrir as opiniões de especialistas – denominado de painel delphi - através da realização de uma série de questionários. São apresentadas uma série de proposições específicas aos participantes para que, cada um individualmente, as ordenem mediante um dado critério estabelecido. Os resultados depois agregados são entregues aos especialistas, para que possam reformular as proposições apresentadas. O número de rondas laboradas varia de acordo com o grau de consenso atingido pelos. Este método distingue-se essencialmente por três características básicas, o anonimato, a interação com "feedback" controlado e as respostas estatísticas do grupo. As principais características do método Delphi consistem então, na utilização de um painel de peritos para obter conhecimento, o facto de os participantes não terem confrontação frente a frente, a garantia de anonimato das respostas dadas pelos participantes e o uso de ferramentas estatísticas simples para identificar padrões de acordo. Com efeito, uma das grandes vantagens deste método é permitir que pessoas que não se conhecem, desenvolvam um projecto comum, e sem ter que revelar as suas opiniões uns aos outros, cheguem a um acordo geral sobre uma dada área de interesse



1.5 Estrutura de dissertação

Esta dissertação está dividida em 5 capítulos. Após este capítulo introdutório que inclui uma breve introdução, a definição dos objetivos, a metodologia usada, a descrição da estrutura deste documento segue o capítulo 2 que é dedicado à definição de Risco Emergente, uma visão global de Novos Riscos, conceitos e causas. A revisão da literatura da nanotecnologia, incluindo noções sobre nanotecnologia, nanomateriais e nanoprodutos, aplicações, mercado potencial e os riscos éticos, sociais e ambientais é apresentada no Capítulo 3. A Prevenção e a Avaliação de riscos são apresentadas no Capítulo 4. São apresentadas a distinção entre Perigo e Risco, insere-se o enquadramento legal, indicam-se as fases da avaliação de riscos, descreve-se a metodologia associada ao processo de identificação de perigos, avaliação e controlo dos riscos, indicando os princípios básicos da prevenção. A apresentação e discussão dos resultados obtidos pelos questionários são apresentadas no Capítulo 5, finalizando com a conclusão deste estudo. Foi colocado no final um glossário e uma lista de termos associados à nanotecnologia.

Capítulo 2 Definições de Risco Emergente

2.1 Novos riscos emergentes - Visão global dos novos riscos

A questão da segurança e saúde está em constante mudança. Os novos paradigmas relacionados com os novos riscos emergentes no mundo do trabalho tem sido alvo de uma atenção especial nos últimos anos. Os ambientes de trabalho estão em constante mudança sob a influência de novas tecnologias e de condições económicas, sociais e demográficas que se vão alterando. A globalização implica novas ameaças à segurança e saúde no trabalho nomeadamente com a automatização de novos processos industriais emergindo daí novos riscos laborais.

Esses novos riscos laborais e emergentes podem ser causados por inovações técnicas ou por mudanças sociais ou organizacionais, tais como os que se relacionam com a utilização de novos materiais, como as fibras sintéticas, englobando-se na área científica de nanomateriais e nanotecnologias.

A importância do desenvolvimento destas novas tecnologias associadas à nanociência é extrema, podendo além de criar novas soluções tecnológicas resolver problemas atuais como por exemplo:

- a) A escassez de água é um problema sério e crescente. A maioria do consumo de água é usada nos sistemas de produção e na agricultura. A fabricação de produtos através da produção nanomolecular poderia mudar este facto.
- b) As doenças infecciosas causam problemas em muitas partes do mundo. Produtos que tenham a função de barreira à passagem desses vírus podem diminuir este problema.
- c) A informação e a comunicação são ferramentas úteis, porém, em muitos dos casos nem todos têm acesso a elas. Com a nanotecnologia, os computadores começam a ser mais eficientes, mais rápidos e economicamente mais baratos.
- d) Muitas localidades ainda carecem de energia elétrica. A construção de forma eficaz e barata de estruturas ligeiras e resistentes, equipamentos elétricos e aparelhos para armazenar a energia solar permitiriam o uso de energia solar como fonte primária e abundante de energia.
- e) A degradação ambiental é um problema grave em todo o mundo. Os novos produtos tecnológicos permitiriam que o impacto ambiental em atividades humanas fosse muito menor.
- f) Muitas zonas do mundo não poderiam desenvolver rapidamente uma infraestrutura de fabricação ao nível dos países mais desenvolvidos. A fabricação molecular pode ser autocontida e limpa: uma única caixa ou uma simples mala poderia conter tudo o que é necessário implementar, de forma a levar a cabo a revolução industrial a nível de povoação.
- g) A nanotecnologia permite atualmente construir novos equipamentos com tecnologia muito avançada para a investigação médica e consequente aplicação no campo da saúde. Uma das consequências positivas será uma maior disponibilidade de fármacos, mais eficientes a todos os níveis (tratamento da doença e efeitos secundários).

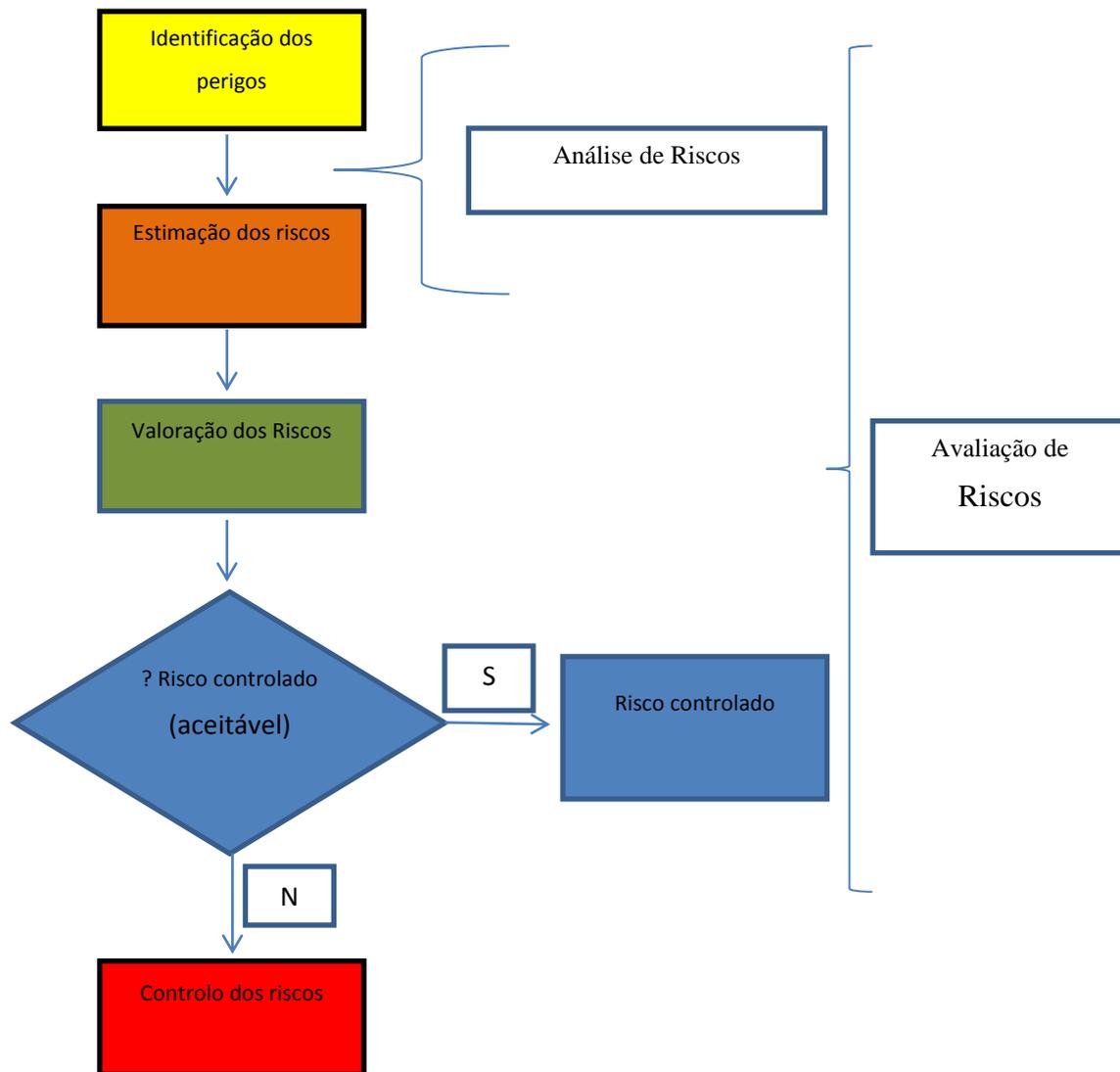
Em suma, a pobreza material, educacional, os problemas sanitários e a ignorância originam muitos problemas sociais. A nanotecnologia já se encontra a contribuir para reduzir uma grande parte de todos estes problemas reduzindo o sofrimento humano inerente a estes.

2.2 Conceito de risco emergente

É importante definirmos de uma forma sucinta “risco” em contexto de trabalho laboral.

Assim, o risco em contexto laboral pode ser interpretado como a combinação da probabilidade de ocorrência de um acontecimento perigoso ou exposição a um fator de risco com a severidade da lesão ou doença que pode ser causada pelo acontecimento ou exposição.

O procedimento de avaliação de riscos deve ter em conta todas as atividades de rotina e ocasionais, considerando todas as pessoas com acesso aos locais de trabalho. O processo de identificação de perigos e da avaliação e controlo de riscos, que se ilustra em baixo, deve ser dinâmico uma vez que tem de acompanhar todas as alterações nas atividades que envolvam mudanças de processos, equipamentos e materiais usados



O risco residual que subsiste após a adoção das necessárias medidas de controlo é considerado aceitável quando tiver sido reduzido a um nível que pode ser tolerado pela organização, face às suas obrigações legais ou outras, desde que mais exigentes e que resultam da política de segurança e saúde por si assumida.

O cálculo do risco deve ter em conta a probabilidade e a gravidade (severidade) potencial do dano resultante da exposição ao perigo. Assim, a avaliação dos riscos ocupacionais decorrentes de uma determinada atividade deve levar em conta a probabilidade de ocorrência da exposição a um determinado perigo ou fator de risco e a severidade das consequências resultantes da exposição ao mesmo. Assumindo que a probabilidade de ocorrência enquanto variável probabilística, que a representação da severidade se pode fazer numericamente entre 0 e 1, o risco pode ser definido quantitativamente por:

$$R=P.S$$

em que R representa o Risco, P a Probabilidade de ocorrência desse risco e S a Severidade desse risco. Esta é uma definição de um Sistema simplificado de evolução de riscos de um acidente. Este método pretende facilitar a tarefa da evolução de um risco a partir da verificação e controlo das possibilidades e deficiências nos lugares de trabalho.

De acordo com esta definição o risco varia de proporção direta da sua probabilidade de ocorrência e da severidade das suas consequências e atendendo à incerteza, à diversidade e aos múltiplos inter-relacionamentos das variáveis que muitas vezes compõem os modelos que possam simular as situações de trabalho, pode tornar-se um processo complexo

Este modelo é útil para ilustrar os efeitos da implementação das medidas de controlo, de prevenção e de proteção, sobre o nível de risco:

- As medidas de prevenção tem como principal objetivo reduzirem a probabilidade (eventualmente anulando-a) de ocorrência da exposição.
- As medidas de proteção coletiva ou individual, procuram reduzir as consequências no decurso de uma exposição (reduzir e eventualmente anular a severidade dos danos e lesões causadas pela exposição).

Existem vários métodos que permitem uma quantificação (estimativa) do risco associado aos fatores de risco identificados nos locais de trabalho. Um dos mais conhecidos é o método de G. F. Kinney & Wiruth [Kinney, G.F.; Wiruth, A.D. *Practical risk analysis for safety management*. Califórnia, Naval Weapons Center, 1976] que, propondo escalas de apreciação da gravidade do dano (G), e da exposição ao factor de risco (E) e da probabilidade de ocorrência da exposição (P), avalia o risco (R) através do produto daqueles três fatores. O método de W. T. Fine [Fine, William T. *Mathematical Evaluations for Controlling Hazards*. Ed. J. Widener, Selected Readings in Safety, Macon Academy Press, 1973] também calcula o risco usando um conceito idêntico (grau de perigosidade – GP) através do produto de três fatores análogos: a probabilidade (P), a exposição ao risco (E) e as consequências (C). Este último método introduz ainda o conceito de valoração da justificação do investimento em medidas corretivas, através do cálculo do índice de justificação, que pondera o grau de perigosidade obtido na avaliação do risco por um fator de custo do investimento e, ainda, pelo grau de correção alcançado. Esta metodologia procura, assim, entender à componente económica e ao resultado esperado das medidas de controlo a implementar.

Outro método bastante utilizado é o M.A.R.A.T. (Método de Avaliação de Riscos de Acidentes de Trabalho), também conhecido por Sistema Simplificado de Avaliação de Riscos de Acidente, que calcula o nível de probabilidade (NP) através do produto de um nível de deficiência (ND) e um nível de exposição (NE). Aqueles métodos, essencialmente, procuram fornecer ferramentas com as quais seja possível estabelecer uma base de comparação entre riscos de natureza diferente. Por exemplo, fraturar um braço numa queda em altura, contrair uma lombalgia ao levantar uma carga, intoxicar-se ao manusear um produto químico determinado, contrair surdez profissional ao fim de um determinado número de anos, etc. à

partida, riscos incomparáveis, uma vez que tem origem em fatores de risco que se caracterizam por parâmetros de natureza diferente.

Nos últimos anos tem surgido riscos novos e emergentes que tem na sua origem inovações tecnológicas e mudanças sociais ou organizacionais, tais como: as novas tecnologias, os novos processos de produção.

A questão dos riscos novos e emergentes, no mundo de trabalho, tem sido alvo de uma atenção especial. Segundo a Agência Europeia [004], o conceito de risco emergente, é aquele que se caracteriza por em simultâneo ser um risco “novo e que está a aumentar”, considerando Risco novo como um risco que não existia anteriormente, ou uma questão que não é nova mas que agora é um risco devido a uma alteração das novas condições de trabalho. O conceito de “novo”, por um lado, tem a ver com a inexistência do risco em contextos laborais e o seu aparecimento encontra-se relacionado com o surgimento de novos processos de trabalho, novas concepções de locais de trabalho, massificação na introdução de novas tecnologias nos processos/locais de trabalho, assim como as transformações organizacionais e sociais, direta e indiretamente relacionadas com os processos de trabalho. Por outro, tem a ver com a existência do risco desde há um espaço de tempo considerável, mas que só apenas a partir de determinada altura é que esse mesmo risco é considerado como tal, devido à evolução do próprio conhecimento científico relativo ao risco e pela perceção/apreensão que as pessoas em geral passam a ter do risco.

O conceito de “está a aumentar” é aplicável ao risco profissional e segundo a Agência Europeia [004] quando:

- i) O número de perigos que contribuem para o risco estiver a aumentar, ou
- ii) A probabilidade da exposição aos perigos estiver a aumentar; ou
- iii) Os efeitos dos perigos sobre a saúde dos trabalhadores se estiverem a agravar”.

Porquê o enfoque nos riscos emergentes? A questão dos riscos novos e emergentes, no mundo do trabalho, tem sido alvo de uma atenção especial nos últimos anos. Os ambientes de trabalho estão em constante mudança sob a influência de novas tecnologias e de condições económicas, sociais e demográficas que se vão alterando. Deste modo é importante assumir que os riscos profissionais novos e emergentes podem ser causados por inovações técnicas ou por mudanças sociais ou organizacionais.

Assim, é necessário ter em conta novas formas de prevenção de forma a minimizar os “riscos emergentes (novos)” através de :

- i) Novas abordagens da partilha de conhecimentos;
- ii) Avaliação e gestão de riscos;
- iii) Promoção da saúde nos locais de trabalho.

Como soluções:

- i) Os gestores devem obter conhecimentos sobre os riscos emergentes (ex.psicossociais) no trabalho e a sua prevenção;

- ii) Devem também adotar-se de um plano faseado e metódico para prevenção destes riscos no trabalho;

Todos devem ser partes envolvidas no processo de gestão preventiva (ex: gestores intermédios e os trabalhadores).

2.3 Causas de riscos emergentes

Ao longo dos tempos, os processos de trabalho têm sofrido profundas alterações, nomeadamente ao nível das exigências físicas e mentais das tarefas, da conceção ergonómica dos postos de trabalho, da introdução de novas tecnologias, das novas exigências dos consumidores e da introdução de novos modelos de organização e de gestão do trabalho. Os novos riscos profissionais atualmente a emergir, encontram-se intimamente relacionados com tais alterações, encontrando-se mesmo em algumas delas as causas principais da sua emergência.

Segundo a OIT – Organização Mundial do Trabalho [005], os novos riscos profissionais emergentes, poderão ser causados por mudanças organizacionais ou sociais, ou ainda por inovações tecnológicas, nomeadamente:

- “Novas tecnologias e novos processos de produção, por exemplo nanotecnologias e biotecnologias
- Novas condições de trabalho, por exemplo cargas de trabalho mais elevadas, intensificação das tarefas devido à restrição de efetivos, más condições associadas à migração laboral, empregos numa economia informal
- Formas emergentes de emprego, por exemplo emprego independente, outsourcing, contractos temporários”

No âmbito da Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho, tem sido veiculada a ideia de que peritos na área dos riscos emergentes, vêm definindo um conjunto de riscos emergentes integrados em áreas de atividades distintas. Assim a nível europeu as áreas emergentes consideradas no âmbito de ações de investigação/previsão foram a dos riscos físicos, a dos riscos biológicos, a dos riscos psicossociais e a dos riscos químicos.

Capítulo 3 Definições de Nanotecnologia

3.1 Breve história

Os entusiastas dizem que a nanotecnologia é a coisa mais importante que aconteceu na Terra desde a Revolução Industrial. Que, átomo a átomo, molécula a molécula, ela possibilitará refazer o mundo criado pelo ser humano, desencadeando uma onda de inovações em tudo.

“Why cannot we write the entire 24 volumes of the Encyclopedia Britannica on the head of a pin”

Em 29 de Dezembro de 1959, no seu discurso na reunião anual da Sociedade Americana de Física, Richard Feynman [006] apontou para o mundo as vastas oportunidades presentes nos materiais, quando os mesmos possuem dimensões próximas do nível atômico, nascendo assim a nanotecnologia, afirma que os "Os princípios da física, pelo que eu posso perceber, não falam contra a possibilidade de manipular as coisas átomo por átomo. Não seria uma violação da lei, é algo que, teoricamente, pode ser feito mas que, na prática, nunca foi levado a cabo porque somos grandes de mais"

O estudo das nanotecnologias foi pela primeira vez publicado no final da década de 1950 a partir de uma palestra proferida por Richard Philips Feymann intitulado “Há muito espaço lá em baixo (*“There’s Plenty of Room at the Bottom”*)”. Queria ele dizer com isso que, de posse do nosso conhecimento dos átomos, poderíamos movê-los e liga-los de maneira que quiséssemos. O termo nanotecnologia, foi atribuído a Norio Taniguchi, um pesquisador japonês, ao referir-se a uma medida muito menor do que um micrómetro [007]

Aquando Eric Drexler [008] popularizou a palavra "nanotecnologia", nos anos 80, referia-se à construção de máquinas à escala molecular, de apenas uns nanómetros de tamanho: motores, braços de robô, inclusive computadores inteiros, muito mais pequenos do que uma célula. Drexler passou os seguintes dez anos a descrever e analisar esses incríveis aparelhos e a dar resposta às acusações de ficção científica.

3.2 O que é a nanotecnologia?

Segundo Maria Alencar [009] “a nanotecnologia é um termo genérico para um conjunto de tecnologias técnicas e processos para a preparação, caracterização, manipulação e controle de átomos ou moléculas para construir novos materiais em escala nanométrica, com novas propriedades, inerentes as suas dimensões”, ainda refere a mesma autora que as características dos materiais e produtos nanométricos devem impactar os mais diversos sectores industriais como por exemplo químico, farmacêutico, alimentos, agricultura, têxtil, construção civil, energia, dentre outros.

A nanotecnologia é o estudo da manipulação da matéria em escala atômica e molecular, ou seja, é a engenharia de máquinas minúsculas; a capacidade para construir coisas de baixo para cima, usando técnicas e ferramentas que estão a ser desenvolvidas hoje para fazer produtos completos e altamente avançados.

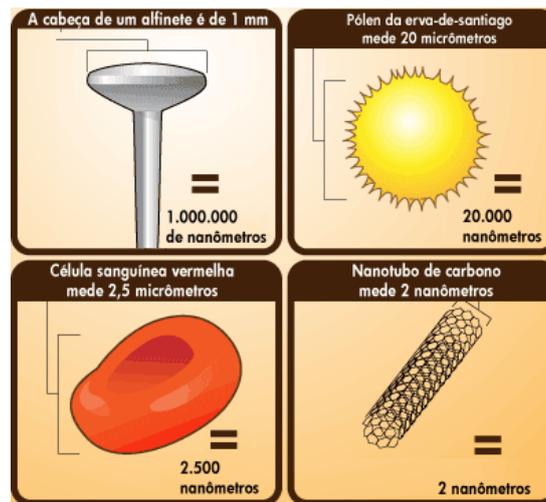


Figura 1 - Unidades das dimensões envolvidas (<http://redes-e-servidores.blogspot.pt/2011/01/nanotecnologia.html>)

A fim de compreender o mundo incomum das nanotecnologias, precisamos ter uma ideia das unidades das dimensões envolvidas. Um centímetro é de um centésimo de um metro, um milímetro é um milésimo de um metro, e um micrómetro é um milionésimo de um metro, mas todos estes ainda são enormes em comparação com a escala nanométrica. Um nanometro (nm) é um bilionésimo de um metro, menor do que o comprimento de onda da luz visível e uma centena de milésimos da espessura de um cabelo humano.

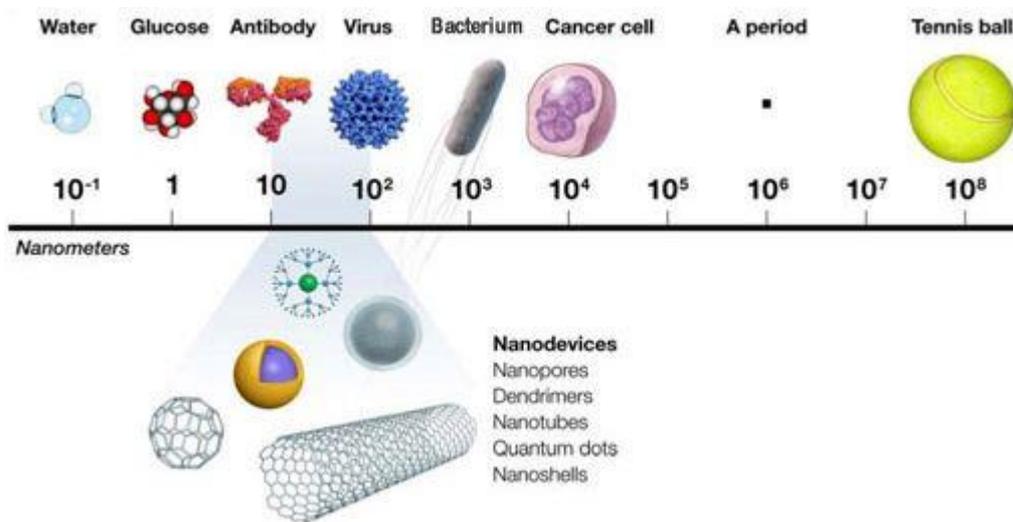


Figura 2 - Unidades das dimensões envolvidas (<http://redes-e-servidores.blogspot.pt/2011/01/nanotecnologia.html>)

Apesar de minúsculo, um nanometro ainda é grande em comparação com a escala atômica. Um átomo tem um diâmetro de cerca de 0,1 nm e o núcleo de um átomo é muito menor - cerca de 0,00001 nm.

Escala nanométrica

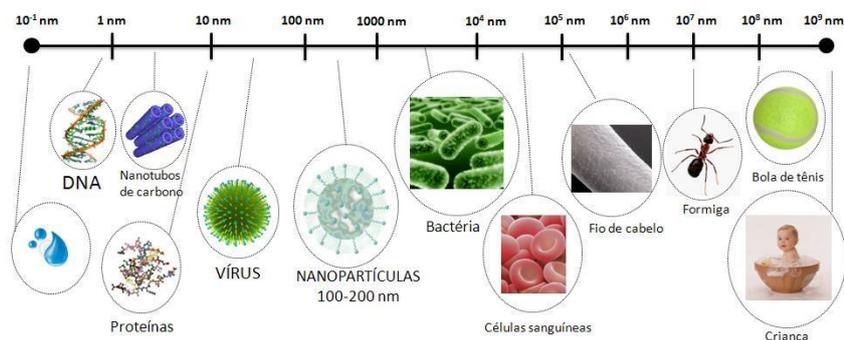


Figura: Cândice Felippi

Figura 3 - Escala manométrica (<http://entendendocosmetologia.blogspot.pt/>)

Em geral, a nanotecnologia lida com estruturas de medidas entre 1 a 100 nanômetros, em pelo menos uma dimensão, e envolve o desenvolvimento de materiais ou dispositivos dentro desse tamanho. A esta escala são muito importantes os efeitos da mecânica quântica visto que estamos de facto no que está no mundo quântico.

O objetivo da produção molecular é manipular átomos individualmente e coloca-los num padrão para produzir uma estrutura desejada.

Produtos, onde atualmente é utilizada a nanotecnologia:

- Filtros de proteção solares;
- Lcd's;
- Microprocessadores;
- Produtos cosméticos;
- Tecidos resistentes a manchas e que não amassam;
- Arquitetura de nanofios (energia eólica e solar);
- Tecidos impermeáveis;
- Sistemas de filtração de ar e água;
- Diversas aplicações na medicina, como cateteres, válvulas cardíacas, implantes ortopédicos e Próteses
- Diagnósticos ultra-rápidos
- Nanofármacos
- Nanorobôs

A nanotecnologia é considerada um fenómeno global, e é expectável que seja um dos principais responsáveis pela inovação tecnológica do século XXI.

Um grande número de empresas tem vindo a tomar iniciativas de modo a criar produtos específicos baseados em nanotecnologia

A cada semana, novos produtos contendo materiais em nanoescala, invisíveis, não regulamentados e não rotulados, chegam ao mercado mundial, algumas empresas: 3M, BASF, Bayer, BMW, Body Shop, Boeing, British Petroleum, Canon, Caterpillar, Ford, Fujitsu, General Electric, GM, Heinz, Henkel, Hewlett Packard, IBM, Kodak, LÓreal, Mercedes Benz, Microsoft, Mitsubishi, Motorola, NEC, Nestlé, Nike, Nikon, Pfizer, Philips, Sony, Toshiba, Toyota, Xerox, entre outras, na ausência de um modelo para prever o impacto potencial dos novos nanomateriais. Telma Paz e Paulo Reis [010] confirmam a ideia de que Portugal assume-se como um dos países pioneiros na investigação da aplicação de nanotecnologias, onde os desafios existentes no âmbito deste processo são imensas, é necessário tentar aproximar as empresas da investigação, assim, pretende-se que os projetos em fase de investigação sejam viáveis para o universo empresarial e estejam direcionados para o mercado.

3.3 Investigação e Desenvolvimento

Na Europa existem muitas diferenças entre os vários países quanto ao investimento público em nanotecnologia. Entre 2005 e 2007, Portugal encontrava-se em último lugar, sendo o investimento público em 2005 e 2006 de apenas 4 milhões de dólares, e em 2007 de 11 milhões de dólares [027].

No que se refere às publicações em Nanotecnologia, a Universidade de Aveiro detém 231 publicações, sendo a líder em Portugal nas publicações desta área

Actualmente, Portugal possui vários centros que realizam investigação e desenvolvimento em várias áreas da nanotecnologia, os quais se encontram principalmente localizados dentro das principais Universidades Portuguesas

Neste momento, Portugal também já possui uma rede de trabalho de nanotecnologia, denominado PortugalNano [028], que providencia informação das atividades e recursos nesta área, assim como outras informações relevantes.

As firmas podem alterar o seu padrão competitivo através da sua capacidade de inovar, da Camara [011], caracteriza a inovação como um processo, produto, forma de organização, nova fonte de matéria-prima ou novo mercado.

Ainda falta desenvolver métodos e ferramentas para poder medir, detetar e monitorizar nanomateriais fabricados e incorporados em produtos. Até hoje, devido à falta de conhecimento e as incertezas em algumas áreas críticas, não existem procedimentos definidos para avaliar riscos específicos.

Em Portugal das 63 respostas recebidas nenhuma delas utilizava nanomateriais e muitas delas desconheciam por completo o significado e as suas potencialidades e a incapacidade de avaliar os seus riscos

Questionamos a seguinte forma:

1. Qual o destino final dos nanomaterias?

2. Qual o destino das sobras?
3. Como estes materiais se dispersam no ambiente?
4. Sofrem transformações no ambiente?
5. Há grupos de pessoas mais sensíveis?
6. Quanto e em que grau a população humana está exposta aos nanomateriais fabricados?
7. Onde podem estar os possíveis problemas? Na natureza da partícula, nos produtos feitos, ou nos processos de fabricação?
8. Quais os materiais utilizados?
9. Quais os resíduos produzidos?
10. O que acontece quando nanopartículas chegam ao ar, à água e ao solo?
11. Elas (nanopartículas) se decompõem ou se aglomeram?
12. São solúveis?
13. São degradados?

Alguns estudos [011] destacam riscos de contaminação por nanopartículas indesejáveis libertadas, facilmente difundidas e transportadas em meio aquático, térreo e aéreo; facilidade de entrada de nanopartículas em células vivas.

Há ainda muito para se fazer no âmbito das aplicações tecnológicas e industriais, como afirma Vasco Teixeira [012] a aposta em nanotecnologia tem sido um meio fundamental para acrescentar valor a um determinado produto. Atualmente a nanotecnologia está a emergir como o domínio científico e tecnológico mais promissor e de maior expansão de I&D. As expectativas para que a nanotecnologia melhore a segurança e a qualidade de vida são extremamente elevadas e por outro lado oferece potenciais soluções para os problemas industriais através das técnicas de nanofabricação emergentes

Richard Feynman [006] apontou para o mundo as vastas oportunidades presentes nos materiais, quando os mesmos possuem dimensões próximas do nível atómico, nasceu assim a Nanotecnologia. Desde então, novas descobertas e novos materiais com propriedades singulares tem sido sintetizadas e processadas em escala de dimensão cada vez menores e em quantidades cada vez maiores. Colocando o trabalhador em contacto com materiais de elevado grau de pureza, com propriedades comportamento físico-químico e com interacções biológicas ainda não completamente conhecidas ou estudadas.

3.4 Revolução Tecnológicos *versus* Riscos

De acordo com Camila Guimarães [013], uma revolução tecnologia / industrial pode ser entendida basicamente, como sendo um momento histórico no qual um conjunto de fatores que englobam as esferas económicas, social e tecnológica da época, se alinham de tal forma a provocar fortes transformações no modo de vida. Ainda segundo esta autora e citando Cazadero [014] este cita três grandes conjuntos de fatores como impulsionadores de uma revolução tecnológica/industrial. “Primeiro, um acúmulo de inventos e inovações tecnológicas que alteram a produção de bens / mercadorias. Segundo, um conjunto de profundas transformações sociais que ocorrem antes e durante a revolução industrial,

resultante da assimilação dessa nova tecnologia. E, o terceiro conjunto é a metamorfose do sistema económico mundial, sendo que as revoluções industriais não transformam apenas as nações que se industrializaram, ou seja onde a origina a inovação tecnológica, mas se propaga para todos os países do mundo, à medida que alteram as forças de oferta e demanda. Ou seja, as revoluções industriais encerram um processo de alcance planetário”.

Uma revolução tecnológica e industrial desencadeada pela nanotecnologia já se iniciou. A nanotecnologia refere-se à manipulação da matéria na escala do nanómetro (um bilionésimo de metro), como refere Camila Guimarães [013-pag.16] é a ciência em nanoescala operando no reino dos átomos e moléculas individualmente. Embora a nanotecnologia ofereça oportunidades para a sociedade também envolve profundos riscos, as características inéditas da nanotecnologia levantam algumas hipóteses sobre as possibilidades e riscos trazidos por esta nova tecnologia. A manipulação da matéria em escala atómica ao ser processada industrialmente revela-se revolucionária, e as implicações sociais desse fenómeno se tornam evidente. É claro que a autora refere que os riscos sociais, ambientais e éticos ainda estão numa fase latente, estão lá, existe, o potencial esse ainda se encontra escondido, desconhecendo-se todos os riscos inerentes a uma descuidada manipulação em produtos nanoestruturados. Os emergentes campos da nanociência e nanotecnologia lideram sem precedentes de compreensão e de controlo das unidades estruturais de tudo o que é físico. Isto mudará sobremaneira como tudo será desenvolvido e fabricado [015]. Os materiais são alterados em uma escala que não é visível ao ser humano, nem mesmo com o auxílio de um microscópio convencional, ela permite manipular a matéria em uma escala muito pequena, medida em nanómetros, um fio de cabelo humano tem aproximadamente 5.000 nm de diâmetro e uma molécula de DNA tem aproximadamente 2,5 nm de largura, as mudanças nas propriedades dos materiais em escala nano causam alterações nas suas propriedades físicas dos materiais, esta microlocomoção dos materiais nanométricos tem um grande potencial e podem invadir barreiras, como a pele humana e membranas (como poderá ocorrer em membranas do cérebro e pulmão), os riscos inerentes à introdução de novas tecnologias, exige uma maior atenção nos seus efeitos entre as várias entidades. As novas descobertas transformam-se em novos produtos e estes chegam ao mercado consumidor, mas também geram resíduos que são despejados no meio ambiente, geram novos riscos desconhecidos para o trabalhador, no entanto, para a proteção do trabalhador deverá ser incluída acordos sobre princípios éticos em relação à dignidade humana, autonomia, a obrigação de não ferir e fazer o bem, nesse acordo deve realçar a necessidade da introdução de cláusulas nos acordos coletivos das categorias que possibilitem o conhecimento e 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. As entidades empregadoras precisam de avaliar os impactos das nanotecnologias à saúde e segurança do trabalhador, especialmente à manipulação de materiais nanoestruturados

Desde a primeira revolução industrial no século XVIII, algumas tecnologias desempenharam um papel chave a cada fase de crescimento assim a primeira Fase, teve início na Inglaterra no

princípio do século. Espalhou-se durante a segunda metade do século para outros países da Europa.

Invenção e uso de novos sistemas de transporte como, por exemplo, ferroviário e navios a vapor. Estas invenções eram para suprir a necessidade de transporte de mercadorias em larga escala, foram empreendimentos condutores das transformações económicas e sociais. Primeiro a aplicação das máquinas a vapor às tecnologias da indústria têxtil. Foi uma fase de transição do sistema de produção artesanal para o industrial, numa segunda fase, Teve início no final do século XIX e começo do século XX.

O lugar dinâmico do vapor foi ocupado em seguida pela indústria automobilística, pelos novos métodos de produção de aço, e pelas indústrias baseadas na ciência como a eletricidade e a química, pelos avanços na área de telecomunicações como, por exemplo, telefone e rádio. Houve também um significativo aperfeiçoamento nas tecnologias usadas nas máquinas industriais que se tornaram mais eficientes.

A partir da metade do século XX, foi o desenvolvimento da informática que irrompeu em cena para criar um novo cenário, a introdução do uso de novas fontes de energia como, por exemplo, a nuclear. Algumas décadas depois, com a invenção da internet, a informática multiplicou-se e articulou-se às telecomunicações. O desenvolvimento da Genética e da Biotecnologia, oferecendo novos recursos para a área médica e fortalecendo a indústria de medicamentos. Uma quinta fase já se desenha no horizonte, nos últimos anos do século XX, começaram a se tornar visíveis as manifestações daquele que, muitos acreditam, será o fio condutor das transformações do século XXI: a tecnologia de manipulação da matéria na escala de átomos e das moléculas a nanotecnologia [016]

Segundo Luísa Matos [002] e de acordo com a norma ISO/TS:2008² é definido nano-objecto como material de uma, duas, ou três dimensões externas com uma gama de tamanho de, aproximadamente, 1 a 100 nm (nanometros).

Existem 3 categorias de nano-objectos: nanotubos, nanofibras e nanopartículas. As nanopartículas e as partículas ultrafinas são as tridimensionais com diâmetro nominal inferior a 100 nm. Sendo as duas terminologias consideradas equivalentes, o termo nanopartícula é aplicado à partícula produzida intencionalmente e destinada a uso industrial, enquanto o termo partículas ultrafinas se aplica às que resultam de um processo de produção aparecendo como um subproduto ou resíduo. Muitos processos industriais produzem partículas que possuem dimensões de uma nanopartícula, mas efetivamente trata-se de partículas ultrafinas. Na Figura 4, apresentam-se imagens de materiais correntes que contêm partículas sub-micrométricas e com dimensões muito variadas, como é o caso de - partículas de toner (impressora laser) com uma granulometria base de alguns micrómetros, contendo partículas de óxido de ferro com cerca de 200nm e partículas à superfície com poucas dezenas de nm; -

²ISO / TS 27687:2008 Nanotecnologias - Terminologia e definições para nano-objectos - Nanopartículas, nanofibras e nanoplate

partículas de cinza de carvões com partículas (óxidos de silício) de dimensão também muito variada.”

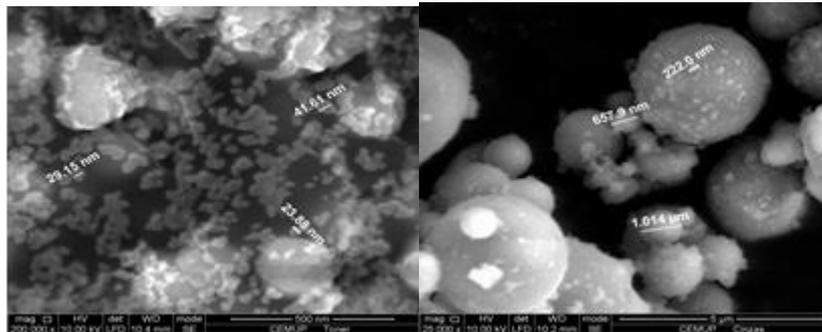


Figura 4 - Exemplos de partículas nanopartículas/ultrafinas

As nanopartículas podem apresentar-se em diversas formas, podendo ser utilizadas como tal ou para produzir novos materiais, denominados nanomateriais. Os nanomateriais são materiais constituídos totalmente, ou parcialmente, por nano-objects que lhes conferem propriedades melhoradas e específicas da dimensão nanométrica.[017]

Camila Guimarães [013], aborda de maneira diferente o conceito de nanotecnologia, ela afirma que nanotecnologia é a capacidade de criar coisas a partir do menor, do minúsculo, utilizando as técnicas e ferramentas que estão a ser desenvolvidas actualmente para colocar feito átomo e cada molécula no lugar desejado. Como afirma Maria Regina Gabardo da Camara [011], a nanotecnologia e as nanociências podem promover uma revolução em vários campos científicos e produtivos, gerando uma nova onda de destruição criadora, pois as propriedades das substâncias e produtos na escala nanométrica ou mesmo molécula, diferem se comparada às suas propriedades em escala tradicional, neste sentido Guilherme Cherutti, [018] diz que as nanopartículas sempre fizeram parte do ser humano. As proteínas e o DNA, presentes no organismo humano, são nanopartículas e quando algum material é incinerado ou combustível fóssil é consumido, partículas nanométricas são libertadas na atmosfera. Por este motivo, constata-se que a sociedade está rodeada por estas minúsculas partículas e que elas, desde sempre presentes no meio ambiente, fazem parte do cotidiano das pessoas. Entretanto, o estudo e a manipulação dessas partículas tão pequenas são bastante recentes.

A cada dia a nanotecnologia, que pode ser definida como uma ciência multidisciplinar que trabalha com estruturas nanométricas na escala de 1 a 100 nanómetros (nm), e cada vez está mais presente nos processos produtivos, no Sistema Internacional de Unidades, o prefixo “nano”

A exposição ocupacional a nanopartículas é um risco recente e simultaneamente com tendência a aumentar, o que o classifica como risco emergente.

“As nanopartículas entram no corpo humano por diversas vias, desconhecendo-se ainda a total dimensão dos danos que podem vir a causar em termos de saúde ao trabalhador exposto [001]

O dióxido de titânio e o óxido de zinco usados como nanopartículas na maioria dos bronzeadores solares produzem radicais livres nas células da pele, prejudicando o ADN.

O mesmo efeito de produzirem radicais livres foi observado em cosméticos que usam nanopartículas (a maior parte dos cremes anti-rugas e outros cosméticos de efeito rápido), convertendo-os numa contradição em si mesma, já que os radicais aceleram o envelhecimento das células.

Num estudo feito pelo Centro de Nanotecnologia Biológica e Ambiental da Universidade de Rice, Houston, informou que as nanopartículas acumulam-se nos órgãos de animais de laboratório (fígado e pulmões). Isso poderia dar origem a tumores, da mesma forma que um dano do ADN. Os nanotubos, similares e finíssimas agulhas, poderiam cravar-se nos pulmões, com efeitos parecidos aos provocados pelo amianto.

Um estudo solicitado pelo etcgroup³, concluiu que o tamanho das nanopartículas, mais que o material que as constitui, é um risco em si mesmo, porque aumenta exponencialmente seu potencial catalítico e o sistema imunológico não as deteta, embora elas atravessem, por exemplo, a barreira sanguínea que envolve o cérebro.

Um dos problemas é o tamanho das nanopartículas. Com a miniaturização, aumenta a superfície de contacto e, conseqüentemente, o potencial reativo ou catalítico dos elementos. Entretanto, quanto menor uma partícula, tanto maior é a sua reatividade; devido a isso, uma substância que é inerte em escala micro ou macro. Pelo seu tamanho, penetram através da pele e da corrente sanguínea, e o sistema imunitário não as reconhece. Ao entrarem em contacto com os tecidos vivos, as nanopartículas podem originar a aparição de radicais livres, causando inflamação ou danos aos tecidos, e posterior crescimento de tumores

Um grupo particularmente exposto aos efeitos das nanopartículas são os trabalhadores que participam do processo de fabricação ou da manipulação contínua dos materiais que as contém

Para Luisa Matos [002], as nanopartículas podem apresentar-se de diversas formas, podendo ser utilizadas como tal ou para produzir novos materiais, denominados nanomateriais. Os nanomateriais são materiais constituídos totalmente, ou parcialmente por nano-objectos que lhes conferem propriedades melhoradas e específicas de dimensão manométrica.

Estamos perante uma tecnologia emergente em que os riscos associados ao fabrico e à utilização de nanomateriais são ainda pouco conhecidos. Desconhecendo-se o impactodeste novo material sobre a saúde e o ambiente, é provável, que em qualquer caso, os trabalhadores estejam entre os primeiros a sofrer a exposição.

Apesar de que a nanotecnologia já esteja amplamente em contacto com a nossa vida quotidiana, já quase não existem estudos sobre os seus potenciais efeitos negativos. Há poucos estudos sobre os problemas que ela poderia acarretar para a nossa saúde e para o

³<http://www.etcgroup.org/>

ambiente e, praticamente, nenhum estudo quanto ao impacto político, militar e sobre as economias.

Colocam-se as seguintes questões:

Serão as nanopartículas perigosas aos trabalhadores?

Como os trabalhadores podem ser expostos?

As nanopartículas podem ser medidas?

A exposição aos trabalhadores pode ser controlada?

Os cientistas temem que o uso comercial do carbono em escala nanométrica por não possuir regulamentações, ou leis de controlo, pode gerar efeitos não esperados e indesejados ao meio ambiente, uma vez que alguns compostos são modificados atómicamente, e seus efeitos são desconhecidos. Mesmo com isso as empresas produzem toneladas de nanomateriais para utilização em cosméticos, tintas, revestimentos e tecidos. Para os pesquisadores é necessário antes de se lançar algo como a nanotecnologia no mercado sem que haja risco à população é necessário vencer alguns desafios como:

- Instrumentos para avaliar a exposição ambiental a nanomateriais;
- Métodos para avaliar a toxicidade dos nanomateriais;
- Modelos que possam prever o impacto potencial de novos nanomateriais sinterizados;
- Formas de avaliar o impacto de nanomateriais ao longo de seu ciclo de vida;
- Programas estratégicos para permitir pesquisas sobre os riscos da nanotecnologia

Os riscos de exposição a nano-objetos e a nanomateriais estão ligados às três vias de exposição potencial: inalação, ingestão e contacto dérmico. O aparelho respiratório constitui a via principal de penetração de nano-objetos no organismo humano. Os nano objetos uma vez inalados podem ser libertados ou depositados em diferentes regiões do sistema respiratório. Essa deposição, não é uniforme ao longo do sistema respiratório, varia em função do diâmetro, do grau de agregação e aglomeração e do comportamento no ar dos nano-objetos. Os nano-objetos também podem ser igualmente encontrados no sistema gastrointestinal, após serem ingeridos ou após deglutição depois de serem inalados. A penetração por contacto dérmico dos nano-objetos é uma hipótese ainda em estudo. As propriedades superficiais e de elasticidade dos nano-objetos, bem como o sebo natural da pele, o suor, o tipo de poros, as irritações da pele, são no entanto, fatores que podem favorecer a sua penetração percutânea.

Todas as exposições são afetadas pela concentração, duração e frequência da exposição.

Há pouca informação disponível sobre os riscos das nanopartículas em ambientes de trabalho. O Instituto Nacional de Saúde e Segurança Ocupacional (NIOSH) está conduzindo ma pesquisa para determinar se elas acarretam um risco à saúde de trabalhadores expostos[020]

Em última análise, o objetivo da NIOSH (NTRC) é desenvolver informação, conhecimento e orientação para proteger a força de trabalho da nanotecnologia. Consequentemente, há uma necessidade de abordar todos os elementos na gestão de risco, logo o processo de gestão do

potencial local de trabalho de exposição a nanopartículas durante sua síntese, fabricação e incorporação em novos materiais e dispositivos consiste nas etapas a seguir para determinar o risco apropriado. A estratégia de gestão, que NIOSH apresenta, engloba os seguintes cinco pontos:

1. Identificar e caracterizar a saúde e risco de segurança;
2. Realização de risco dose-resposta avaliação;
3. Avaliar o grau de exposição;
4. Caracterizar o risco com base de exposição;
5. Controle e gestão em desenvolvimento e procedimentos

Para os vários pontos assinalados pela estratégia de gestão, que a NIOSH apresenta, existe a caracterização dos pontos referenciados (*NIOSH Nanotechnology Research and Guidance Strategic Plan, 2013-2016 "Protecting the Nanotechnology Workforce"*), assim :

1.Lacunas na Protecção dos Trabalhadores

Identificação de Perigos

"Há razões para acreditar isso pode ser prejudicial? "

NIOSH Focus

Pesquisa toxicologia
Avaliação de efeitos sobre a saúde
Pesquisa de segurança

2.Lacunas na Protecção dos Trabalhadores

Caracterização do perigo

"Como e em que condições poderia ser prejudicial?"

NIOSH Focus

- Pesquisa Toxicológica
- Avaliação de campo
- Epidemiológica e perigo pesquisa de vigilância

3.Lacunas na Protecção dos Trabalhadores

Avaliação da exposição

"Haverá exposição em condições do mundo real?"

NIOSH Focus

- A investigação Pesquisa Toxicológica
 - Avaliação de efeitos na saúde
- Pesquisa de segurança metrológica
 - Avaliação de campo
- Pesquisa de tecnologia de controlo
- Equipamento de protecção individual (EPI) pesquisa

4.Lacunas na Protecção dos Trabalhadores

Caracterização de Risco

"É substância perigosa e haverá exposição?"

NIOSH Focus

- Avaliação de risco
- Modelagem de dose-resposta
 - Caracterização exposição
- Investigação epidemiológica

5.Lacunas na Protecção dos Trabalhadores

Gestão de Riscos

"Desenvolver procedimentos para minimizar as exposições".

NIOSH Focus

- A comunicação de risco
- Orientação para o desenvolvimento, controles, limites de exposição, EPI, e vigilância médica
- A disseminação da informação
 - Investigação adesão

Em primeiro plano a NIOSH tem quatro objectivos:

- 1) Determinar se as nanopartículas e nanomateriais representam riscos de acidentes de trabalho e doenças;
- 2) Evitar acidentes de trabalho, através da aplicação de novos produtos de influência das nanotecnologias, incluindo revestimentos para vestuário, retardadores de fogo, telas de protecção, catalisadores para a redução de emissões, etc;

- 3) Promover locais de trabalho saudáveis, através de intervenções e recomendações;
- 4) Aumentar a segurança no local de trabalho global e saúde através de colaborações nacionais e internacionais em pesquisa e orientação nanotecnologia.

O Centro de Pesquisa Nanotecnologia NIOSH (NTRC) [020] é a peça central do trabalho da agência no campo, identificou 10 áreas críticas de pesquisa que serão utilizados para abordar os quatro critérios, de acordo com sumário executivo do plano:

- 1) Avaliação da exposição;
- 2) Toxicidade e dose interna;
- 3) Epidemiologia e vigilância;
- 4) Avaliação de riscos;
- 5) Métodos de medição;
- 6) Controles de engenharia;
- 7) Incêndio e explosão;
- 8) Segurança, recomendações e orientação;
- 9) Comunicação e informação;
- 10) Aplicações.

Efectivamente as nanotecnologias e nanomateriais são hoje um novo e importante desafio para a prevenção e promoção da saúde no trabalho. Prevê-se que até 2020 cerca de 20% de todos os produtos fabricados no mundo sejam realizados graças às nanotecnologias, apesar dos progressos alcançados, ainda são pouco conhecidos os riscos inerentes ao fabrico e utilização destes materiais e tecnologias.

Serão as nanopartículas perigosas para os trabalhadores? No seguimento de Luisa Matos [002], há pouca informação disponível sobre os riscos das nanopartículas em ambiente de trabalho. O Instituto Nacional de Saúde e Segurança Ocupacional (NIOSH) tem em curso uma pesquisa para determinar se elas acarretam um risco à saúde de trabalhadores exposto

A nanotecnologia molecular é um avanço tão importante que inclusive até podia ser comparada à Revolução Industrial, no entanto, com uma diferença destacável, no caso da nanotecnologia o grande impacto será perceptível em apenas alguns anos, atingindo a humanidade desprevenida com os riscos que tal impacto acarreta.

Alguns pontos necessários para levar em consideração:

- a) A nanotecnologia originará mudanças na estrutura da sociedade e no sistema político.
- b) A nanotecnologia poderá vir a ser a causa de uma nova corrida ao armamento entre dois países concorrentes, isto porque, os custos de produção de armas e aparelhos de espionagem terão uma redução significativa, além disso, podem vir a ser fabricados produtos menores, potentes e numerosos.

- c) A produção pouco dispendiosa e a duplicação de projectos podem originar grandes mudanças na economia.
- d) O uso excessivo da exploração de produtos baratos poderá desencadear importantes danos ao meio ambiente.
- e) O intuito por parte da administração ao controlar estes e outros riscos poderá levar à aprovação de uma normativa excessivamente rígida que, por sua vez, poderá originar uma procura no mercado negro, aumentando consideravelmente os riscos, visto que se tornaria fácil traficar produtos pequenos e bastante perigosos, assim como, as nanofábricas.
- f) Existem riscos de diversa natureza e elevada gravidade, os quais nem sempre terão a mesma solução.

O objectivo principal do estudo é avaliar os principais aspectos e da utilização de nanotecnologias em vários sectores de actividade onde possam estar inseridas técnicas de trabalho ou procedimentos, visando à redução ou eliminação dos riscos envolvidos nessa actividade de forma a uma rápida adopção de medidas de prevenção e normas para proteger os trabalhadores.

Alertar para este risco emergente, que se pode encontrar numa diversidade de actividades e para qual os Técnicos de Segurança do Trabalho, entre outros profissionais, deverão estar sensibilizados. A avaliação e análise de riscos emergentes ocupacionais assumem um papel determinante na identificação precoce de medidas de prevenção eficientes [001]

As Nanociências e Nanotecnologias (N&N) são abordagens à investigação e desenvolvimento que se referem ao estudo dos fenómenos e manipulação de materiais às escalas atómica, molecular e macromolecular, onde as propriedades diferem significativamente das de grande escala.[021]

O físico Andrew Maynard [022], do Centro Internacional Woodrow Wilson, em Washington, suspeita que algumas substâncias podem ser nocivas. “Alguns elementos da tabela periódica tornam-se explosivos quando reduzidos a dimensões “nano”, diz Maynard., segundo ele, sinais eletrónicos em frequências específicas provocam explosões, quando as partículas ficam menores elas desenvolvem novas propriedades das quais não se conseguem antever. [023]

Conclui-se assim, por todas estas razões, que ainda há um longo caminho a percorrer, para um perfeito e correto conhecimento dos possíveis efeitos e principalmente no desenvolvimento de mecanismos que possam evitar o aparecimento de danos. Não é possível nesta fase do conhecimento (ou desconhecimento) avaliar o impacte deste risco emergente ao nível da sociedade, da produtividade e da sustentabilidade das próprias indústrias responsáveis pela produção de nanopartículas, ou cujo processo implica a libertação de partículas ultrafinas [001]

As nanotecnologias [024] não são uma indústria, mas, certamente, estarão presentes em todos os sectores industriais. Partindo-se desta ideia de base, é importante que se conheça, de modo claro e atualizado, não apenas o escopo das mesmas, como também a sua definição, à luz dos

interesses das indústrias, na medida em que estes pontos acabam tendo uma imbricação natural com a política de patentes e as questões relacionadas com a propriedade industrial.

Hoje, na área da nanotecnologia, cientistas e engenheiros estão assumindo o controlo de átomos e moléculas individualmente, manipulá-los e colocá-los para usar com um extraordinário grau de precisão. Palavra da promessa de nanotecnologia está se espalhando rapidamente, e o ar é espesso com notícias de avanços da nanotecnologia. Os governos e as empresas estão investindo bilhões de dólares em nanotecnologia e alianças políticas e linhas de batalha estão começando a forma. Consciência pública da nanotecnologia está claramente em ascensão, também, em parte porque as referências a ele são cada vez mais comuns na cultura popular e o crescente interesse e os gastos em nanotecnologia. “A nanotecnologia é considerada um fenómeno global, e é expectável que seja um dos principais responsáveis pela evolução tecnológica do século XXI, devido à intensa investigação que tem sido realizada nesta área e às descobertas feitas por todo o mundo. Tanto os países desenvolvidos como os países emergentes têm vindo a aumentar os seus recursos na promoção da nanociência e nanotecnologia com o objetivo de obterem uma posição de liderança nesta área. Para além disso, um grande número de empresas tem vindo a tomar iniciativas de modo a criar produtos específicos baseados na nanotecnologia. De acordo com o projeto “Project on Emerging Technologies ” os investimentos em investigação e desenvolvimento nesta área, a nível mundial, rondam os \$9 biliões por ano. Em 2015, estima-se que os produtos de consumo com aplicações de nanotecnologia terão um valor de \$ 1 trilhão no mercado global” [025]

Neste contexto surge, ainda, a necessidade de informações e uma maior compreensão sobre a perceção pública da nanotecnologia, e como os diferentes atores, pesquisadores, governo, indústrias e sociedade trabalham a questão dos riscos e benefícios das nanotecnologias. Neste âmbito, e emergem as abordagens da nanotecnologia, ecotoxicologia, e genotoxicologia como ferramentas fundamentais para o enfrentamento destas questões. No momento em que já se conta milhares de produtos que se apropriaram do conhecimento das nanotecnologias, sem a existência de um quadro regulamentar constituído para a sua comercialização, fica evidente que há muito para ser

O termo *nano* é um prefixo grego que significa *anão*. A nano escala é atribuída a tudo que apresente como tamanho característico de 0,1 a 100 nanómetros (nm). Com isso, pode-se atribuir à nanotecnologia a manipulação de átomos em uma escala de 1 bilhão de vezes menor que o metro ou 1 milhão de vezes menor que o milímetro.

A nanotecnologia, como já referido constitui uma revolução tecnológica, que, provavelmente, se irá impor mais rapidamente do que qualquer outra revolução, face ao seu carácter altamente disruptivo e uma vez que, pode ser aplicada a qualquer ramo de atividade.

O alerta é importante, pois embora o crescimento da nanotecnologia seja exponencial, no que diz respeito à pesquisa de medidas de prevenção e conhecimento do risco a dinâmica é muito lenta.

Muitos serão os trabalhadores expostos a nanopartículas, quer, seja porque são trabalhadores de actividades que implicam a libertação de partículas ultrafinas.

Ainda há poucos estudos sobre os impactos das nanopartículas na Saúde e no meio Ambiente e consequentemente na Segurança e Saúde no trabalho.

Há muito a fazer para um perfeito e correto conhecimento dos possíveis efeitos e principalmente no desenvolvimento de mecanismos que possam evitar o aparecimento de possíveis danos.

Os riscos emergentes oferecem um desafio não só às tecnologias tradicionais de avaliação de riscos na vertente ocupacional, mas também aos equipamentos existentes. Deste modo, é importante gerar novas metodologias de medição e avaliação, incorporando nestas, critérios inovadores como sejam o tamanho, a área de superfície, entre outros.

Nanopartículas: salienta-se que “o termo nanotecnologia, designa as tecnologias ligadas à criação e manipulação de materiais para desenvolver materiais e produtos nanométricos e explorar as suas novas propriedades físico-químicas” Segundo a opinião dos peritos a investigação até então realizada, não se tem debruçado muito com a segurança e saúde relacionada com a utilização desta tipologia de partículas. No entanto não têm dúvida em afirmar que as mesmas se introduzem no corpo humano. Afirmam mesmo que se desconhece a gravidade dos seus danos para a saúde dos trabalhadores, havendo no entanto indicações de existir a possibilidade de provocar, entre outros, cancro, estados de intoxicação e problemas cardiopulmonares. Veiculam igualmente a necessidade de se estabelecerem as características comportamentais, toxicológicas e físico-químicas das diferentes nanopartículas, assim como de se conceberem métodos eficazes para a sua medição e deteção, tanto no corpo humano como no meio ambiente. Trata-se efetivamente de uma tecnologia emergente em que os riscos associados à utilização e fabrico de nanomateriais são ainda muito pouco conhecidos, sendo que é uma área de atividade que tem aplicações em vários sectores como por exemplo nos cuidados de saúde, produção de energia não poluente, indústria química, biotecnologia, eletrónica, construção e agricultura. Prevê-se que (OIT, 2010) “até 2020, aproximadamente 20% de todos os produtos fabricados no mundo usarão as nanotecnologias”. [026]~

3.5 Aplicações da nanotecnologia

A nanotecnologia é muito diversificada, indo desde a extensão da física de dispositivos convencionais até abordagens completamente novas baseadas em auto-montagem molecular, do desenvolvimento de novos materiais com dimensões na escala nanométrica até à investigação da possibilidade de controlar diretamente a matéria em escala atómica

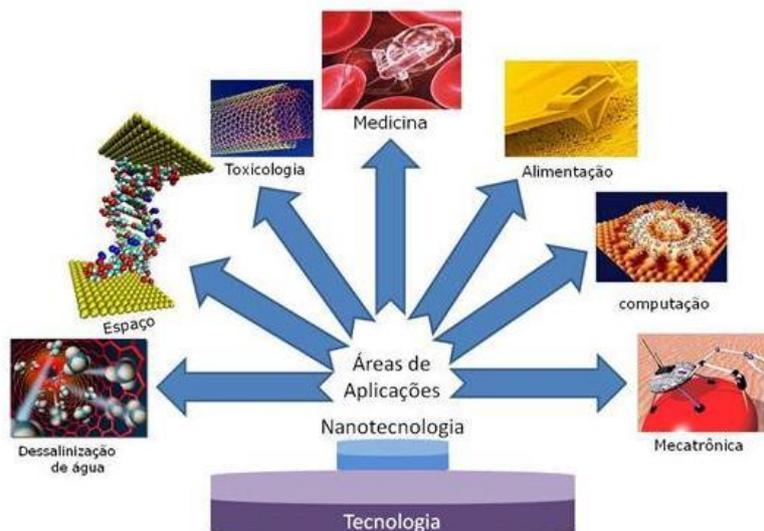


Figura 5 - Áreas de aplicações em Nanotecnologia (<http://entendendocosmetologia.blogspot.pt/>)

A nanotecnologia abrange praticamente todas as áreas dos sectores industriais e de serviços. Muitas são as aplicações e exige uma demanda de conhecimentos multidisciplinares, baseados como já foi referido na física, química, biologia, ciência e engenharia de materiais entre outras áreas

De acordo com os especialistas quanto mais a matéria forem divididos em fragmentos pequenos, mais reativa ela é, por isso, mais perigosa. Existe mais de 500 produtos acondicionando nanopartículas já são comercializados, e em quantidades cada vez maiores. As substâncias mais frequentes são o óxido de titânio e o óxido de silício, usados em cremes corporais.

Há uma convergência multidisciplinar sem precedentes de cientistas dedicados ao estudo de um mundo tão pequeno que não podemos vê-lo. Esse mundo é o campo da nanotecnologia, o reino dos átomos e das nanoestruturas. A nanotecnologia é tão nova que ninguém tem a certeza absoluta daquilo que poderá vir a trazer.

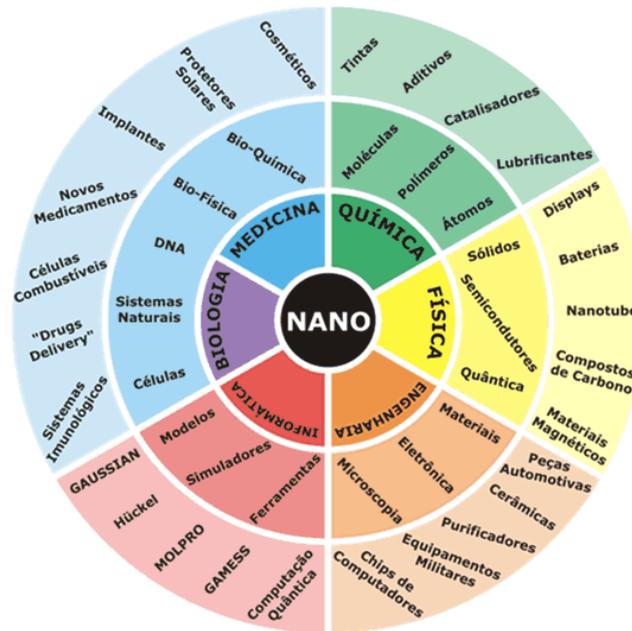


Figura 6 - Áreas de aplicações em Nanotecnologia

3.6 Na indústria têxtil

Júlia Atroch, [36] diz que a tecnologia possui uma extensa e complexa ramificação de ideias, nas quais tem as pesquisas em nanotecnologia como uma das mais promissoras e inovadoras propostas de crescimento para o sector têxtil. Esta afirmação é possível, pois ele poderá permitir a criação de artefactos com propriedades inéditas, além de melhorar o desempenho dos que já existem.

Um dos maiores fatores para a criação do vestuário fio a necessidade de nos protegermos do meio ambiente. Sendo o vestuário, um elemento cultural, dele surgiu a moda, esta com propósitos estéticos desencadeou a revolução social e tecnológica.

O princípio básico da nanotecnologia é a construção de estruturas e novos materiais a partir dos átomos, na área têxtil, é uma área promissora, que está a dar apenas os seus primeiros passos mostra, contudo, resultados surpreendentes

A manipulação do átomo ao nível atômico, permite a manipulação molecular e supra molecular permitindo o desempenho em nanotecnologia, busca entender a propriedade e características de suas estruturas de maneira a possibilitar o desenvolvimento de novas composições mais eficientes, chegando até a reconstruir objetos a partir de uma partícula de átomo ou molécula, a qual é um bilionésimo de vezes menor que o metro.

Os tecidos são essencialmente confeccionados por fibras ou filamentos que podem ser encontradas na natureza ou desenvolvidas no laboratório. Udale [37] diz que as fibras devem apresentar propriedades físicas e químicas que permitem a construção do fio têxtil e podem ser de origem natural (animal, vegetal e mineral) ou química (artificial e sintética). As fibras

naturais possuem propriedades de conforto consideradas como um padrão para o desenvolvimento das fibras químicas.

Elas devem se associadas aos valores desejados pelos consumidores ao uso final do tecido. Por exemplo, o tratamento de fibras e/ou tecidos para a produção de artefactos com anti-microbial, auto limpeza, resistência, diferencial estético e conforto, os quais podem ser construídos através da nanotecnologia. Há ainda uma tecnologia desenvolvida a partir das nanopartículas cujo objetivo é manter o usuário mais confortável, através de tecidos com absorção e secagem mais rápida do suor, resistência a manchas e tecidos desenvolvidos com nanopartículas de cerâmicas agregadas ao polipropileno, o que aumenta a rigidez do material.

Maria Elisa,[38] diz que a nanotecnologia consiste em um importante segmento do sector têxtil, pois dá novas características a fibras, fios e tecidos, além de ser um mercado significativo e crescente. Aplicada ao sector têxtil divide-se em: as nano-fibras e fibras contendo nano partículas, e, acabamento/revestimentos contendo nano substâncias. Permitindo a produção de materiais com funções especiais, tais como: bacteriana, de fácil limpeza, repelentes a água / insectos e anti-odor

Para Eufinger [39], o uso de nanotecnologia no sector têxtil permite a produção de materiais com funções especiais, tais como, como já foi mencionado os produtos antibacteriana, proteção UV, de fácil limpeza, repelentes à água, repelentes a insectos e anti-odor.

A empresa Rhodia em 1992, lançou a microfibras, que ficou conhecida como “Tecido inteligente”, juntamente com os técnicos da Universidade de São Paulo e pesquisadores da Rhodia, foi possível descobrir, por exemplo, que a aplicação da microfibras em roupas desportivas proporcionava aos atletas uma economia de 10% na energia gasta, durante a prática desportiva.

Diferente das fibras sintéticas, os tecidos inteligentes, construídos através da nanotecnologia, são definidos de maneira a suprir as 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 dos seus usuários.

Atualmente as empresas experimentam nanotecnologia em produtos de alta tecnologia como coletes à prova de bala, mais leves, resistentes e maleáveis que os convencionais.

Fala-se de uma geração de novos materiais: roupas que não suam, que repelem líquidos. A explicação para isso é que as nanopartículas permitem mudar as propriedades dos tecidos, podendo chegar a matar vírus e bactérias, bloquear toxinas, permitindo a troca de calor do corpo e lavá-los sem perder todas essas propriedades

O mercado da indústria têxtil já disponibiliza alguns artigos:

- Tecidos especiais – Em 1990 a Rhodia lançou no mercado o primeiro fio bacteriostático. Após algumas lavagens a função desaparecia. Actualmente existem vários produtos com essas funções, inclusive, com a triagem dos raios UVA e UVB, que aceleram a troca térmica e tiram o suor da parte interna do tecido.

- Camisa em algodão em spray – Um líquido feito de fibras de algodão capaz de “pulverizar” uma camisa directamente no corpo. O líquido seca ao atingir a pele, garantindo um visual totalmente para o usuário.
- Calça jeans para ciclistas de Levi’s – A Levi’s lançou uma calça especialmente projectada para atender as necessidades dos ciclistas, utilizando tratamento NanoSphere que torna o tecido resistente à água e muito mais durável e que protege contra os odores.
- Luminez – A Luminez é uma tecnologia que combina tecnologia electrónica e tecidos. Usa LED’s de alta eficiência para espalhar a luz de forma segura.
- Emanas – É o fio de poliamida da Rhodia que possui cristais bioactivos no seu DNA. Entre os benefícios do fio está a redução dos sinais de celulite, além de diminuir a fadiga muscular ao actuar no equilíbrio térmico do corpo e aumenta a elasticidade da pele. Também absorve o calor do corpo humano devolvendo-o na forma de raios infravermelho, que penetram na pele estimulando a microcirculação sanguínea e o metabolismo celular.
- A Cimarron lançou a linha scratch-and-sniff (esfregue e sinte), que associa aromas de fruta à cor das calças- como laranja, limão, morango e menta, com o cheiro resistindo a 20 lavagens. A aplicação da essência é feita pelo processo de micro cápsulas que libertam a fragrância mediante a fricção com o uso da roupa
- Tecido que repele líquidos e manchas à base de óleo e água, devido a uma fórmula a qual se aplica o Teflon.

Capítulo 4 Os Riscos Associados

4.1 Distinção entre Perigo e Risco

De acordo com a NP 4397:2008 [32], Perigo define-se como fonte, situação ou ato com potencial para o dano, em termos de lesões ou afeção da saúde, ou uma combinação destes, Manuel M. Roxo [29] refere que a noção de risco distingue-se da noção de perigo, porquanto essa distinção releva de uma importância instrumental em qualquer das dimensões de operacionalização da prevenção, isto é o “*conjunto das disposições ou medidas tomadas ou previstas em todas as fases da actividade da empresa, tendo em vista evitar ou diminuir os riscos profissionais*”. Por Perigo entende-se uma propriedade intrínseca ou uma “situação inerente com capacidade de causar lesão ou danos para a saúde das pessoas, a noção do risco pode parecer evidente, pois faz parte da vida quotidiana, no entanto no contexto laboral ela é mais complexa e dinâmica, não é estática, faz parte de uma preocupação organizacional.

Também Francisco Carneiro [30] diz que por perigo entende-se “*fonte, situação, ou acto com potencial para o dano em termos de lesão ou afeção da saúde, ou uma combinação destes*”. Remete para algo com potencial para causar dano, podendo esse potencial de perigo ser quantificado. Um perigo não conduz necessariamente a danos, mas a existência de um perigo significa a possibilidade de ocorrerem danos.

Na Norma Portuguesa 4397:2008 [32], Risco vem definido como a combinação da probabilidade de ocorrência de um acontecimento ou de exposição perigosos e da gravidade das lesões ou afeções da saúde que possam ser causados pelo acontecimento ou pela exposição. Para Roxo, o risco, responde à combinação da frequência ou probabilidade e das consequências que podem derivar da materialização de um perigo.

Na convenção OIT (2002) definiu-se Risco Profissional como a combinação da probabilidade da ocorrência de um fenómeno perigoso com a gravidade

Para alguns autores, são três os elementos críticos que servem para definir o risco: perdas potenciais, a significância dessas perdas e a incerteza, enquanto para outros como afirma, van der Pligt, J. [33], são só duas as componentes constituintes do risco: a probabilidade e a severidade de resultados possíveis adverso e negativos. Apesar de conceptualmente distintas, o risco tem sido indiferenciadamente como qualquer uma destas duas dimensões e, na maior parte das vezes esta ambiguidade só fica resolvida quando se atenta o contexto em que o risco foi referenciado

4.2 Percepção de Risco da Nanotecnologia

Como objecto de estudo e referido anteriormente, a maior parte das pessoas desconhece o termo nanotecnologia, a pequena percentagem que ouve falar de nanotecnologia pela primeira vez, pode criar falsos julgamentos, julgando que estas tecnologias e o processo que lhe está subjacente possam por o ambiente ou a saúde humana em risco, mesmo com alguma

informação o conhecimento relativo às nanotecnologias é de desconfiança, esta deve-se ao facto da pouca informação existente.

De facto quando as pessoas já têm alguma informação podem julgar determinado objecto mas, como podem ocorrer tais julgamentos e com consenso entre as pessoas se não existe à partida conhecimento algum do assunto.

4.3 Enquadramento Legal

O Código do Trabalho, Lei n.º 7/2009, de 12 de Fevereiro de 2009 e Lei 102/2009, de 10 de Setembro de 2009 estabelecem como obrigação do empregador, a integração no conjunto das atividades da empresa, estabelecimento ou serviço e a todos os níveis a avaliação dos riscos para a segurança e saúde dos trabalhadores, com adoção de convenientes medidas de prevenção

4.4 Fases da Avaliação de Riscos

O risco em contexto laboral pode ser interpretado como a combinação da probabilidade de ocorrência de um acontecimento perigoso ou exposição a um factor de risco com a severidade da lesão ou doença que pode ser causada pelo acontecimento ou exposição. Segundo Roxo [29], o risco responde à necessidade de lidar com situações de perigo futuro, isto é, que ele pode ser medido pela combinação das consequências do acontecimento e da possibilidade deste ocorrer (probabilidade ou frequência).

O risco é entendido como uma combinação da probabilidade e da(s) consequência(s) da ocorrência de um determinado acontecimento perigoso. Graficamente pode-se representar o risco num gráfico bidimensional, em que num dos eixos é representada a probabilidade ou frequência de ocorrência de um determinado perigo e no outro eixo a severidade ou consequência dessa ocorrência. No caso de se efetuar uma análise quantitativa do risco, as curvas de igual risco são hipérbolas equiláteras, conforme se representa na Figura abaixo

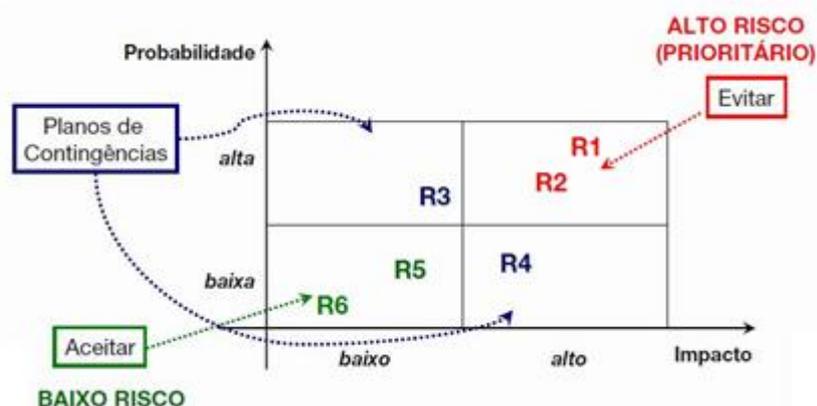


Figura 7 - Matriz de risco in <http://sevenempresarial.blogspot.pt/>

A avaliação de riscos é o processo de avaliação dos riscos para a saúde e a segurança dos trabalhadores decorrentes de perigos no local de trabalho. É, pois, uma análise sistemática de todos os aspetos do trabalho, que identifica:

Aquilo que é suscetível de causar lesões ou danos;

A possibilidade de os perigos serem eliminados e, se tal não for o caso;

As medidas de prevenção ou proteção que existem, ou deveriam existir, para controlarem os riscos

A avaliação de riscos em cinco etapas

Fase 1. Identificação dos perigos e das pessoas em risco

Fase 2. Avaliação e prioridade dos riscos

Deve considerar-se:

1. A probabilidade de um perigo ocasionar dano;
2. A gravidade provável do dano;
3. A frequência da exposição dos trabalhadores (e o número de trabalhadores expostos).

Fase 3. Decisão sobre medidas preventivas

Nesta fase, há que avaliar:

1. Se é possível eliminar o risco;
2. Se tal não for o caso, de que forma é possível controlar os riscos de modo a que estes não comprometam a segurança e a saúde das pessoas expostas.

Na prevenção e no controlo dos riscos, importa ter em conta os seguintes princípios gerais de prevenção:

1. Evitar os riscos;
2. Substituir o que é perigoso pelo que é isento de perigo ou menos perigoso;
3. Combater os riscos na origem;
4. Conferir às medidas de protecção colectiva prioridade em relação às medidas de protecção individual (por exemplo, controlar a exposição a vapores através de ventilação do local em vez de recorrer a máscaras respiratórias);
5. Adaptar-se ao progresso técnico e às mudanças na informação;
6. Procurar melhorar o nível de protecção.

Fase 4. Adopção de medidas

É importante envolver os trabalhadores e os seus representantes no processo. Para que as medidas sejam eficazmente aplicadas, é necessário elaborar um plano que especifique:

As medidas a aplicar;

1. Quem faz o quê e quando;
2. Quando deve a aplicação estar concluída.

É essencial definir prioridades para os trabalhos destinados a eliminar ou prevenir riscos.

Fase 5. Acompanhamento e revisão

Importa não descurar a realização de controlos regulares destinados a verificar a aplicação efectiva ou a eficácia das medidas de prevenção e protecção, bem como a identificação de novos problemas.

A avaliação de riscos deve ser revista regularmente, em função da natureza dos riscos e do grau provável de mudança na actividade laboral, ou na sequência das conclusões da investigação de um acidente ou de um «quase acidente». A avaliação de riscos não é uma actividade que se possa realizar «de uma vez por todas».

4.5 Controlo de Risco - Princípios Básicos da Prevenção

De acordo com o art.º 6.º da Directiva 89/391/CE e o art.º 15 da Lei 102/209, de 10 de Setembro

Artigo 6º

Obrigações gerais das entidades patronais

1. No âmbito das suas responsabilidades, a entidade patronal tomará as medidas necessárias à defesa da segurança e da saúde dos trabalhadores, incluindo as actividades de prevenção dos riscos profissionais, de informação e de formação, bem como à criação de um sistema organizado e de meios necessários.

A entidade patronal deve zelar pela adaptação destas medidas, a fim de atender a alterações das circunstâncias e tentar melhorar as situações existentes.

2. A entidade patronal aplicará as medidas previstas no primeiro parágrafo do número anterior com base nos seguintes princípios gerais de prevenção:

- a) Evitar os riscos;
- b) Avaliar os riscos que não possam ser evitados;
- c) Combater os riscos na origem;
- d) Adaptar o trabalho ao homem, especialmente no que se refere à concepção dos postos de trabalho, bem como à escolha dos equipamentos de trabalho e dos métodos de trabalho e de produção, tendo em vista, nomeadamente, atenuar o trabalho monótono e o trabalho cadenciado e reduzir os efeitos destes sobre a saúde;
- e) Ter em conta o estágio de evolução da técnica;
- f) Substituir o que é perigoso pelo que é isento de perigo ou menos perigoso;
- g) Planificar a prevenção com um sistema coerente que integre a técnica, a organização do trabalho, as condições de trabalho, as relações sociais e a influência dos fatores ambientais no trabalho;

h) Dar prioridade às medidas de proteção coletiva em relação às medidas de proteção individual;

i) Dar instruções adequadas aos trabalhadores.

A Lei n.º 102/2009, de 10 de Setembro define, no seu artigo n.º 15.º, as obrigações gerais do empregador, em matéria de segurança e saúde no trabalho. O empregador deve, nomeadamente, assegurar ao trabalhador condições de segurança e saúde em todos os aspetos do seu trabalho.

O empregador deve, para tal, organizar os serviços adequados, internos ou externos à empresa, estabelecimento ou serviço, mobilizando os meios necessários, nomeadamente nos domínios das atividades de prevenção, da formação e da informação, bem como o equipamento de proteção que se torne necessário utilizar.

Os artigos n.ºs 73.º a 110.º, da Lei n.º 102/2009 obrigam as entidades empregadoras a organizar, na empresa ou estabelecimento, as atividades de segurança e saúde no trabalho, as quais constituem, ao nível da empresa, um elemento determinante na prevenção de riscos profissionais e de promoção e vigilância da saúde dos trabalhadores.

Aos serviços de segurança e saúde no trabalho cabe:

Assegurar as condições de trabalho que salvaguardem a segurança e a saúde física e mental dos trabalhadores;

Desenvolver as condições técnicas que assegurem a aplicação das medidas de prevenção que possibilitem o exercício da atividade profissional em condições de segurança e de saúde para o trabalhador, tendo em conta os princípios de prevenção de riscos profissionais;

Informar e formar os trabalhadores no domínio da segurança e saúde no trabalho;

Informar e consultar os representantes dos trabalhadores para a segurança e saúde no trabalho ou, na sua falta, os próprios trabalhadores

4.6 Valorização do Risco

Segundo Roxo [29], a valoração do risco é a etapa final da avaliação dos riscos e corresponde a um processo através do qual se fazem juízos de valor sobre a aceitabilidade do risco. Cortés Díaz [31] diz que valorizar ou priorizar o risco é um processo que compara os riscos estimados (quantitativa e qualitativamente) com indicadores de referência.

A valorização do risco permite:

- a) Atribuir níveis de risco a partir dos desvios entre indicadores de referência e os valores estimados, aferindo a sua magnitude;
- b) Estabelecer prioridade de intervenção em função dos níveis de risco, do número de trabalhadores expostos e do tempo necessário à implementação de prevenção e proteção

4.7 Gestão do Risco

Segundo Carneiro [30] gestão do risco é o processo conjunto de controlo do risco e de avaliação do risco que permite a monitorização e acompanhamento dos riscos durante a fase de operação da tarefa. Ainda Roxo, [29] diz que ao processo conjunto de avaliação de risco e de controlo de riscos chama-se gestão de risco que compreende a aplicação sistemática de políticas de gestão, procedimentos e práticas de trabalho para analisar, valorar e controlar o risco.

4.8 Métodos da Avaliação de Riscos

Não há uma forma de medir o risco ou de apresentar uma estimativa do mesmo há vários métodos, uns de carácter indutivo e outros de carácter dedutivo, com aspetos comuns.

“Estes métodos, uns de carácter indutivo e outros de carácter dedutivo, têm necessariamente aspectos comuns. De acordo com as suas características próprias, as razões porque foram desenvolvidos, os fins a atingir, os meios utilizados, são integrados em diferentes categorias. A título de exemplo, em função da importância relativa de cada uma das suas componentes de "identificação" e de "quantificação" do risco, é habitual distingui-los como métodos qualitativos, métodos semi-quantitativos e métodos quantitativos”.

Assim, nas fases de estimativa e valorização podem ser empregues diferentes tipos de métodos [30]

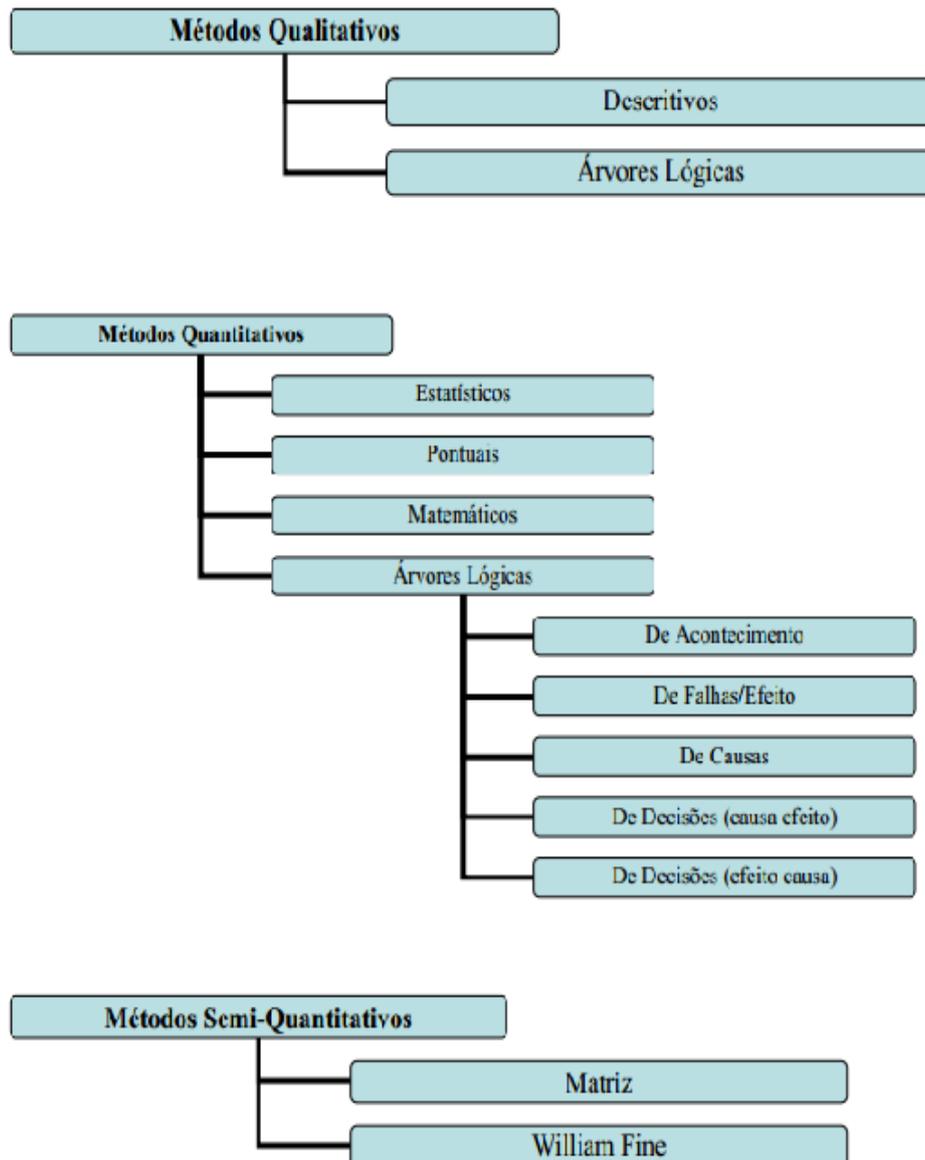


Figura 8 - Tipos de métodos de análise de risco [30]

- Métodos de Avaliação Qualitativos (MAQl);
- Métodos de Avaliação Quantitativos. (MAQt);
- Métodos de Avaliação Semi-Quantitativos (MASqt)

4.8.1 Métodos Qualitativos

Métodos Qualitativos

Descrevem, sem chegar a uma quantificação global, os pontos perigosos de uma instalação e as medidas de segurança existentes, sejam de tipo preventivo ou de protecção. Identificam também quais as conjugações de acontecimentos que podem gerar uma situação perigosa e quais as formas de evitar que ocorram [34].

Este tipo de método é adequado para estimar situações simples, cujos perigos possam ser facilmente identificados pela observação.

Os métodos qualitativos podem ser dos seguintes tipos:

- Estudo de riscos no posto de trabalho;
- Estudos de movimentação;
- Estudos de implantação;
- Planos de sinalização;
- Fluxogramas;
- Listas de verificação;
- Tabelas de reacções químicas perigosas, etc

4.8.2 Métodos Quantitativos

Métodos Quantitativos

Segundo Cabral [34], estes tipos de métodos quantificam o que pode acontecer e atribuem um valor à probabilidade e à severidade, com recurso a técnicas sofisticadas de cálculo e a modelos matemáticos. Também aqui se podem distinguir diversos tipos de análise.

Baseiam-se num modelo matemático, em que se atribui um valor numérico aos diversos factores que causam ou agravam o risco, bem como àqueles que aumentam a segurança, permitindo estimar um valor numérico para o risco efectivo. De entre os métodos ditos quantitativos, podem citar-se:

Métodos estatísticos

- índices de frequência e de gravidade
- índices de fiabilidade
- taxas médias de falha, etc.

Métodos matemáticos

- modelos de falhas
- modelo de difusão de nuvens de gás

Métodos pontuais

– Gretener, Purt, Eric, MESERI, Dow

4.8.3 Métodos Semi – Quantitativos

Estes métodos atribuem índices às situações de risco identificadas e estabelecem planos de actuação, tais como o Método da Matriz e o Método de William Fine. Quando a avaliação pelos métodos qualitativos é insuficiente, é preferível optar pelos métodos semi-quantitativos,

4.8.4 Método da Matriz Simples

De acordo com, o método CRAM 4x4 é um método qualitativo, que recorre a uma matriz que integra, para cada uma das variáveis Gravidade (G) e Probabilidade (P), uma escala de 4 níveis.

4.8.4.1 Como funciona a Matriz de Risco?

Basicamente, a Matriz de Risco apresenta nos seus eixos escalas de probabilidade de ocorrência e impacto corporativo para um dado factor de risco (não existe alocação formal para as escalas entre horizontal e vertical).

Desenhada a estrutura da matriz, cada um dos factores de risco identificado (a identificação dos factores de risco é a primeira etapa de um sistema de Gestão do Risco) deve ser avaliado (qualitativamente, a priori) em termos de probabilidade e impacto, e posicionado na Matriz de Risco. A região vermelha engloba os riscos que devem ser tratados prioritariamente.

4.8.4.2 Eixo da Probabilidade

A escala das probabilidades é regra geral, mais facilmente associável a técnicas quantitativas ou histórico de eventos. A maior parte das referências existentes sugere escalas com 3 a 9 classes de probabilidade. por exemplo, uma escala de 5 classes: A - Quase certo, B - Provável, C - Possível, D - Improvável, E - Raro.

Naturalmente, essa escala deve ser ajustada às particularidades da organização, mas uma prática interessante é associar uma escala quantitativa.

Probabilidade de incorrer em risco	Frequência Observada / Esperada	Classe
Muito Alta: a ocorrência do risco é praticamente inevitável	> 10%	A
Alta: ocorrência em risco frequente	2,5 a 10%	B
Moderada: ocorrência em risco ocasional	0,5 a 2,5%	C
Baixa: relativamente pouca ocorrência em risco	0,05 a 0,5%	D
Remota: ocorrência em risco improvável	Até 0,05%	E

Eixo do Impacto

A escala de Impacto deveria levar em conta, como um mínimo, as consequências económico-financeiras e as consequências estratégico-operacionais de um dado evento de risco.

Quando da avaliação do Impacto, o usual é que não se levem em conta eventuais contramedidas existentes (é sempre importante lembrar que a matriz trata os riscos de acordo com sua natureza inerente). Por essa razão, é comum associar ao risco algum tipo de código que identifique se ele já tem algum mitigador em acção.

4.90 sentido e alcance do princípio da avaliação de riscos.

A avaliação de riscos é o ponto nodal de toda a legislação relativa à prevenção de riscos profissionais, conferindo-lhe o Direito da Segurança e Saúde no Trabalho “um lugar central nas abordagens preventivas” [35].

O princípio da avaliação de riscos é o segundo dos nove princípios gerais de prevenção afirmados pela Directiva Quadro da SST (Directiva 89/391/CEE), no artigo 6.º, n.º 2. Esta Directiva, ao pôr o acento tónico na prevenção, é considerada um dos principais marcos de evolução no sentido de uma nova visão dos riscos profissionais⁴, “que coloca no epicentro da gestão da segurança e saúde do trabalho a actividade de avaliação de riscos enquanto configuradora da acção de controlo (e gestão) de riscos subsequente”⁵.

Avaliar os riscos que não podem ser eliminados significa desenvolver todo um processo através do qual se visa ter dos riscos o conhecimento necessário à definição de uma estratégia preventiva. Como ensina Cabral [34,35], procurando explicitar os objectivos da avaliação dos riscos, “só a avaliação de riscos permite conhecer «o quê», ou seja o conhecimento suficiente das interacções do trabalho sobre as quais há que intervir (...)” para “determinar como e quando intervir”.

A avaliação de riscos é dirigida a obter a informação necessária que apoie o empregador na tomada de decisão sobre a adopção de medidas preventivas e sobre a eleição do tipo de medidas. De facto, o conhecimento dos riscos é o pressuposto fundamental da decisão sobre quais são as acções adequadas, designadamente no que respeita à escolha e hierarquização das situações de risco a enfrentar, da diminuição dos trabalhadores expostos, da identificação das medidas de controlo de risco mais adequadas, da configuração das acções de informação e de formação e da ulterior avaliação da eficácia das medidas adoptadas.

⁴MONTEIRO FERNANDES (no prefácio à obra de ROXO (2011: 13), escreve: “A política legislativa em matéria de segurança e saúde no trabalho, originariamente centrada no objectivo de garantir, em certa medida, ao trabalhador individual, meios de reparação das consequências dos acidentes e doenças que poderiam decorrer da sua prática profissional, polariza-se hoje – decorrido um século – no propósito, bem diverso de assegurar que as organizações produtivas se configurem e funcionem como «sistemas preventivos» e (...) «abertos» à ventilação decorrente da participação, por diversas formas, dos agentes (indivíduos e colectividades) interessados.

⁵ ROXO, 2003:16. No mesmo sentido, MAÇORANO/TAVARES/OLIVEIRA, 2010: 13.

A avaliação de riscos surge, assim, configurada como um processo que suporta e garante a “congruência da gestão dos riscos profissionais”, englobando duas fases fundamentais: a análise de riscos e a sua valoração. A doutrina, ainda que com diferenças de pormenor, é praticamente unânime em elencar as etapas fundamentais da avaliação de riscos⁶: i) Identificação do risco (que inclui a identificação dos perigos⁷, v.g. fontes de danos, tipo e magnitude dos danos, componentes do trabalho que podem ser afectados por esses danos, modos pelos quais os danos podem produzir-se), bem como a identificação dos trabalhadores potencialmente expostos a riscos derivados desses perigos; ii) Estimativa do risco (qualificação e quantificação do risco), isto é, medir a sua magnitude, assumindo como indicadores a probabilidade de ocorrência do dano e o grau de severidade ou gravidade do mesmo; iii) Valoração do risco, procurando determinar, por comparação da estimativa realizada com os padrões de referência da segurança e saúde, se o risco é ou não aceitável e, em caso afirmativo, qual o respectivo grau de aceitabilidade.

Daí o conceito de avaliação de riscos proposto por Cabral [35] “Processo de identificar, estimar e valorar os riscos para a segurança e saúde dos trabalhadores, visando obter a informação necessária à tomada de decisão relativa às acções preventivas a adoptar.” Ainda segundo o mesmo autor, é com base na informação proporcionada pela avaliação que é possível “passar à acção sobre os riscos, visando a sua eliminação ou, se tal não for possível, a sua minimização”, através do processo de controlo de riscos.

4.100 enquadramento que o princípio da avaliação de riscos assume na legislação nacional relativa à gestão SST na empresa.

A Lei 102/2009, de 10 de Setembro, é o diploma nacional que regula a promoção da segurança e saúde no trabalho, procurando assegurar o cumprimento dos nove princípios gerais de prevenção, em obediência à “matriz metodológica sequencial e determinada”⁸fixada pela Directiva-Quadro. O artigo 15.º, n.º 1, da Lei 102/2009, impõe ao

⁶CABRAL, 2011: 93-96; ROXO, 2003:36-40;ROXO, 2011: 109;

⁷ Sobre a diferença entre os conceitos de perigo e de risco e a consequente distinção entre a identificação de perigos e de riscos, veja-se CABRAL, 2011: 93-94.

⁸ ROXO, 2011: 108. Segundo a leitura que a doutrina faz desta matriz metodológica, a gestão da segurança e saúde no trabalho estrutura-se em três planos distintos, mas complementares: a avaliação de riscos, o controlo de riscos e a comunicação de riscos. A avaliação de riscos agrega o primeiro e segundo princípios gerais de prevenção: evitar os riscos e avaliar os riscos que não possam ser evitados. Ao controlo de riscos correspondem os princípios terceiro a oitavo: combater os riscos na origem, adaptar o trabalho ao homem, especialmente no que se refere à concepção dos postos de trabalho, à escolha dos equipamentos e métodos de trabalho e de produção; ter em conta o estágio de evolução da técnica; substituir o que é perigoso pelo que é isento de perigo ou menos perigoso; planificar a prevenção com um sistema coerente que integre a técnica, a organização do trabalho, as condições de trabalho, as relações sociais e a influência dos factores ambientais no trabalho; dar prioridade às medidas de protecção colectiva em relação às medidas de protecção individual. Finalmente, o plano da comunicação de riscos assegura o nono princípio geral de prevenção: dar instruções adequadas aos trabalhadores.

empregador a obrigação de prevenção, traduzida em “assegurar a segurança e saúde dos trabalhadores em todos os aspectos relacionados com o trabalho” e o artigo 15.º, n.º 2, estabelece que é obrigação do empregador “zelar, de forma continuada e permanente, pelo exercício da actividade em condições de segurança e de saúde para o trabalhador”, tendo em conta os princípios gerais de prevenção enunciados nas alíneas a) a i), que coincidem, em traços gerais com os nove princípios gerais da Directiva-Quadro⁹.

O artigo 15.º, n.º 3, dá destaque especial ao princípio da avaliação de riscos, ao estabelecer que “as medidas de prevenção implementadas devem ser antecedidas e corresponder ao resultado das avaliações dos riscos associados às várias fases do processo produtivo, (...) de modo a obter como resultado níveis eficazes de protecção da segurança e saúde do trabalhador”. De acordo com o artigo 15.º, n.º 10, na aplicação da sua estratégia de prevenção, “o empregador deve organizar os serviços adequados, internos ou externos à empresa, estabelecimento ou serviço, mobilizando os meios necessários, nomeadamente nos domínios das actividades técnicas de prevenção, da formação e da informação, bem como o equipamento de protecção que se torne necessário”, devendo, ainda, segundo o artigo 15.º, n.º 9, estabelecer as medidas de resposta a situações de emergência.

Como escreve Roxo [35], “a lei supõe, assim, a criação de um sistema de gestão de segurança e saúde no trabalho cuja acção se apoia em dois grandes pilares: a avaliação de riscos e a planificação”. Ora, como resulta do que ficou escrito no ponto anterior, a avaliação de riscos é o pressuposto e o critério das ulteriores actividades de controlo de riscos e de comunicação de riscos, logo da planificação.

A Lei 102/2009 não contém prescrições específicas sobre o desenvolvimento da avaliação de riscos, ficando, assim, a tarefa densificação do conceito de avaliação de riscos entregue à doutrina ou a outros instrumentos normativos¹⁰

Da conjugação do n.º 2 e do n.º 3 do artigo 15.º, da Lei 102/2009, resulta que a avaliação de riscos é uma actividade que tem de ser desenvolvida de forma continuada e permanente, isto é, a avaliação dos riscos é um processo dinâmico e nunca concluído, “pois inclui nas suas finalidades o processo de reavaliação para nova tomada de decisão”. Na verdade, como foi sublinhado pelo TJCE, os riscos evoluem constantemente em função, designadamente, do

⁹ CABRAL, 2011:79-81, alerta para o facto de a formulação da lei nacional se desviar parcialmente da Directiva-Quadro. O autor apresenta uma análise comparativa entre os dois normativos, evidenciando que enquanto a Directiva impõe expressamente ao empregador a obrigação de avaliação de riscos, a lei nacional limita-se a referir que o empregador deve integrar a avaliação dos riscos profissionais no conjunto das actividades da empresa. Destaca, para além disso, a Lei nacional refere a adopção de medidas adequadas de protecção, quando devia referir-se a medidas de prevenção, o que é contraditório com a filosofia de prioridade da prevenção.

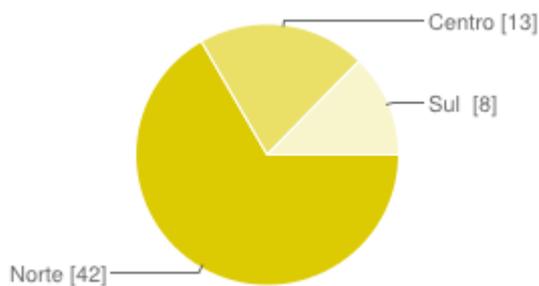
desenvolvimento progressivo das condições de trabalho e da investigação científica em matéria de riscos profissionais.

Capítulo 5 Discussão de resultados e Conclusões

5.1. Resultados e discussão

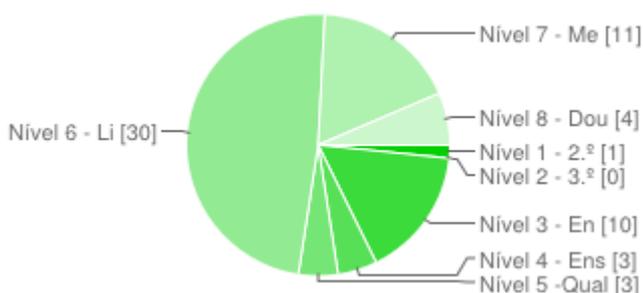
Neste capítulo iremos apresentar e analisar os resultados obtidos nos 63 questionários rececionados, que representam 9,1% do total dos enviados. Gostaríamos de salientar que embora o número de respostas não tenha sido muito elevado, permite contudo efetuar uma análise genérica acerca desta temática. O questionário enviado encontra-se em anexo (Anexo 3).

Para uma caracterização geral das respostas obtidas verifica-se que em termos geográficos, a maioria é proveniente da zona Norte, com 67%, seguida da zona Centro com 21% das respostas e por último a zona Sul com 13% das respostas. Podemos sugerir que esta distribuição geográfica poderá estar associada à quantidade de empresas e indústrias existentes em cada zona do país.



Localização

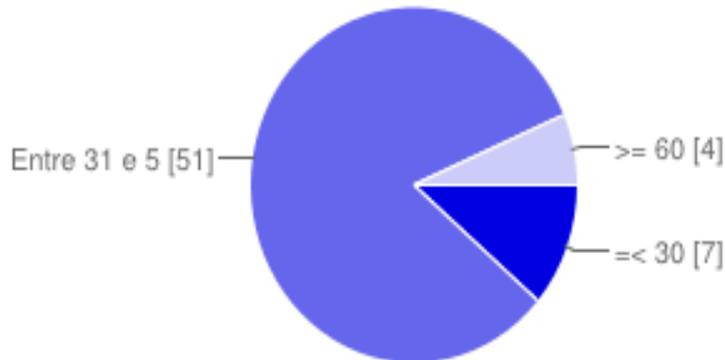
Em termos de escolaridade constatou-se que os inquiridos são maioritariamente Licenciados, Nível 6, com 30% conforme mostra o gráfico, o que somado com os de Nível 7 e 8 perfaz um total de 54%. Assim, verifica-se que a maioria das respostas obtidas tem proveniência de pessoas que de alguma forma já estiveram em contacto com a realidade da nanociencia e nanotecnologia.



Formação

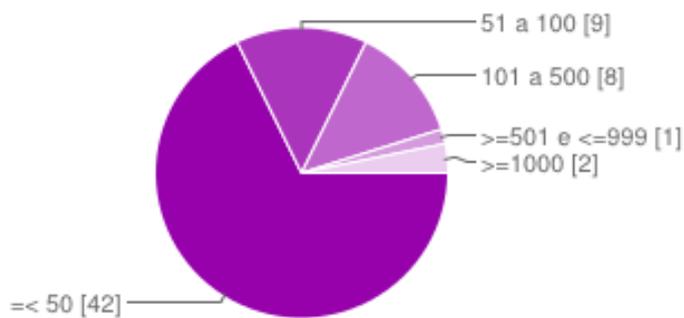
Em termos de idade, 82% dos que responderam estavam na faixa etária entre os 31 e os 59 anos, e com 11% pessoas com idades iguais ou inferiores a 30 anos. Com idade igual ou superiores a 60 anos constituem 4% do total dos questionários obtidos.

Idade

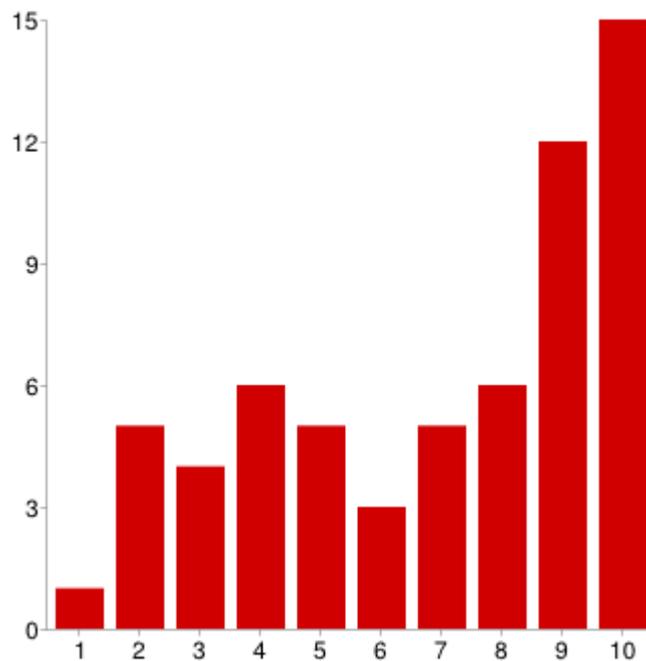


Quanto à dimensão das empresas, reflectida pelo número de colaboradores, verificou-se que 68% tem 50 ou menos trabalhadores, 15% entre 51 e os 100 trabalhadores, 2% das empresas consideram ter entre 501 a 999 trabalhadores e apenas 3% com um número igual ou superior a 1000 trabalhadores. Isto mostra que a maioria das respostas obtidas provém de empresas ou indústrias de pequena e média dimensão.

Número de colaboradores na empresa



O primeiro aspeto tratado neste questionário consistiu em verificar qual a opinião geral que os inqueridos têm em relação à nanotecnologia. O gráfico e tabela seguintes resumem as respostas obtidas. Verificou-se que a maioria dos inqueridos manifestava grande desconhecimento em relação ao tema proposto.

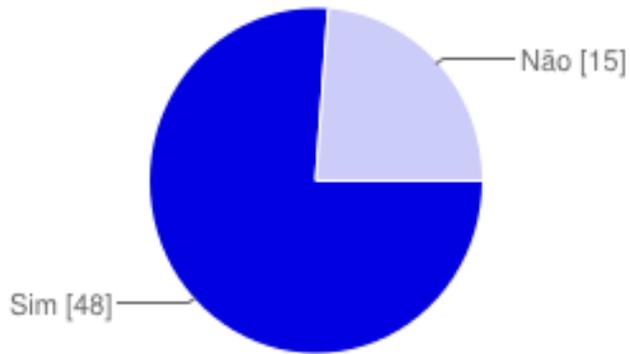


1	1	2%
2	5	8%
3	4	6%
4	6	10%
5	5	8%
6	3	5%
7	5	8%
8	6	10%
9	12	19%
10	15	24%

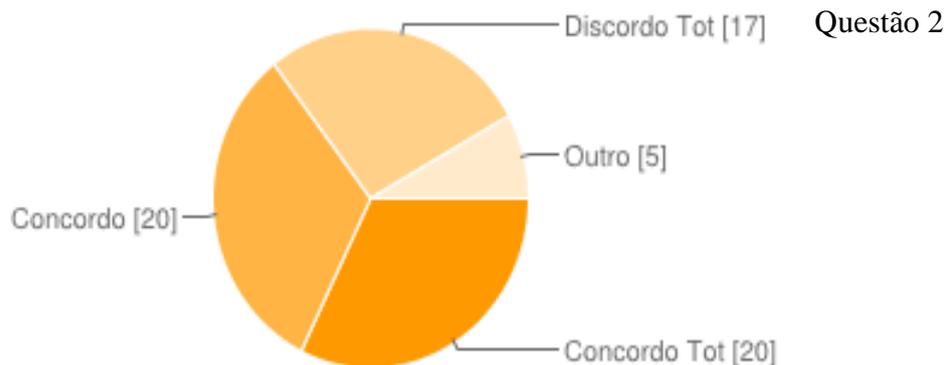
24% dos inquiridos afirmou ter não conhecimentos na área de nanotecnologia, embora a maioria dos inquiridos não respondesse correctamente às questões direccionadas para o conhecimento dos tópicos em nanotecnologia.

Assim, os inquiridos na questão 1) “Na sua perspectiva, existe correlação directa entre riscos e novos riscos emergentes” assumiram claramente que existe uma correlação directa entre riscos e novos riscos emergentes. Apenas 15% dizem não existir uma correlação directa o que revela um desconhecimento da actualidade em termos de riscos laborais. De salientar que 37% não responderam a esta questão.

Questão 1



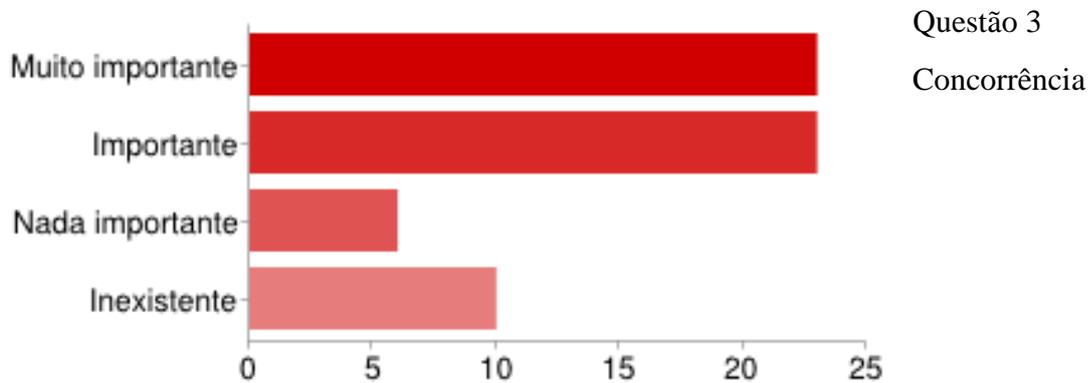
Na questão 2) "Os novos riscos emergentes (Nanotecnologia) é um tema importante para a sua empresa?". Com esta questão pretendeu-se avaliar a importância que a Nanotecnologia pode ter para a empresa, verificando-se que a maioria dos inquiridos concorda que os riscos associados as nanotecnologias são um tema importante para a sua empresa (64%) entre o Concordo Totalmente e o Concordo, o Discordo Totalmente com 27% e Outros com 8%



Nesse seguimento questionou-se aos inquiridos como vê o desenvolvimento das novas tecnologias na empresa ou industria onde labora, nomeadamente as recorrentes das nanotecnologias, colocando-se os seguintes itens:

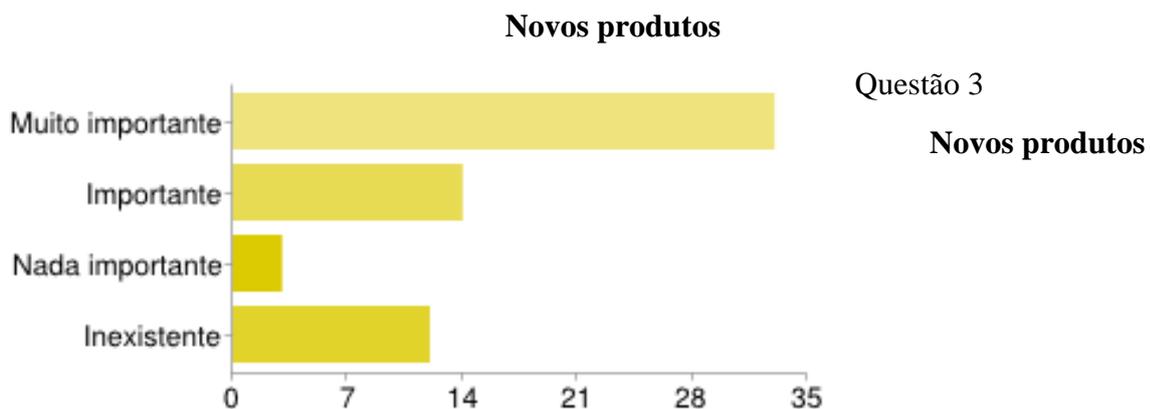
- Em relação à concorrência
- Novos produtos
- Actualização de linhas de produção
- Preço
- Procura de novos mercados

Em relação à sua concorrência e do mesmo modo como as respostas obtidas para a questão anterior os inquiridos consideram Muito Importante e Importante a concorrência dos seus produtos no mercado. Contudo, 26% das respostas consideram que este factor é “Nada importante” ou “Inexistente”.



Concorrência

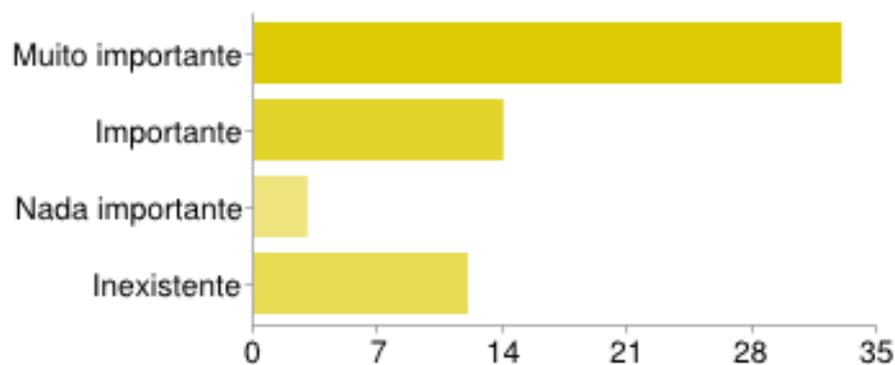
Mais de três quartos (76%) das respostas obtidas, consideram a introdução ou alteração de **novos produtos** recorrentes das nanotecnologias entre Muito Importante e Importante contra 24% que consideram Nada importante ou até inexistente. A resposta obtida é muito semelhante à anterior em termos percentuais o que nos faz concluir que a maior parte das pessoas ponderam a importância de reformular as suas linhas de produção recorrendo às novas tecnologias.



No item Actualização de linhas de produção, também as respostas dão uma maior importância ao Muito importante com 53% e Importante com 23%, as respostas Nada importantes e Inexistente com 5% e 19% respectivamente.

Questão 3

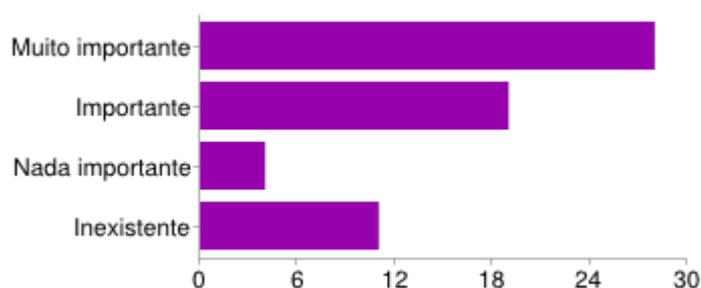
Actualização de linhas de produção



No gráfico seguinte, relativamente às respostas acerca do tema **Preço**, 47% das repostas recebidas, consideram que os produtos decorrentes da nanotecnologia poderão ter um impacto Muito importante e importante contra os 15% das repostas recebidas que consideram Nada importante ou inexistente.

Questão 3

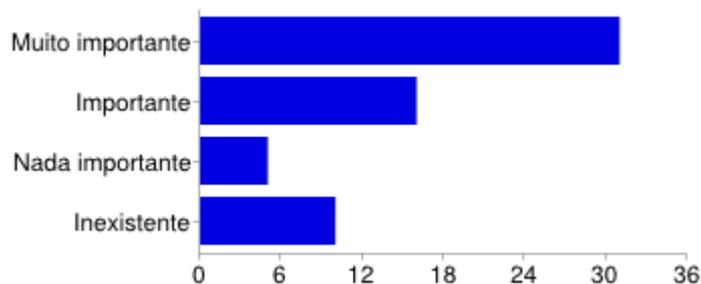
Preço



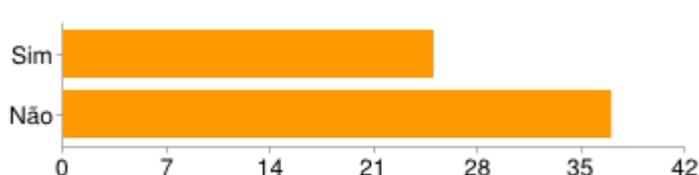
A necessidade de procura de novos mercados, o que estará associado à apresentação de novos produtos ou serviços, ou produtos mais eficientes ou a um preço relativo mais competitivo, parece ser uma realidade assumida pois 76% das repostas consideram Muito importante e importante contra os 24% que não valorizam a questão da Procura de novos mercados.

Questão 3

Procura de novos mercados



A questão 4 questiona-se se a aplicação de Nanotecnologias no sector industrial é: uma situação positiva ou negativa, **uma necessidade de “sobrevivência”**, 37% considera que a aplicação de nanotecnologia na sua empresa tem um efeito negativo, contra os 25% que dizem ter um efeito positivo. 38% não responderam a esta questão o que mostra alguma desconhecimento acerca das potencialidades ou o comum receio inicial pela mudança de métodos e processos de fabrico.



Questão 4

A aplicação de nanotecnologia é uma necessidade de “sobrevivência”

Estes mesmos inquiridos quando se coloca a mesma questão, se a **consideram Positiva indicam que sim, que é uma situação importante**. 46% das respostas recebidas indicam que a aplicação de nanotecnologia é uma situação importante no sector industrial, 16% dizem não ser positivo. Salientamos que confrontando este resultado com os dos quadros “localização” e “formação” verifica-se que a maior parte dos inquiridos são provenientes maioritariamente da Zona Norte e em termos de escolaridade são maioritariamente nível 7.

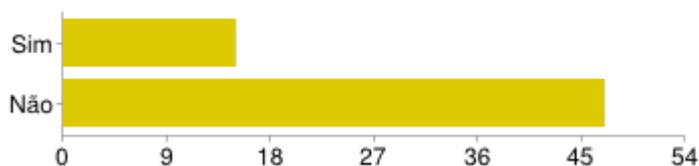


Questão 4

A aplicação de nanotecnologia é positivo ou negativo

Quando se questiona se as empresas utilizam **novas linhas de produção**, nomeadamente as que possam utilizar nas linhas de produção nanomateriais, 46% dizem que não, só 12% das respostas recebidas dizem que utilizam novas linhas de produção. No inquérito enviado, Constatou-se que 68% dos inquiridos são empresas com igual ou inferior a 50 trabalhadores, 15% das empresas entre 51 e 100 trabalhadores e os restantes 11% em empresas com mais de 100 trabalhadores.

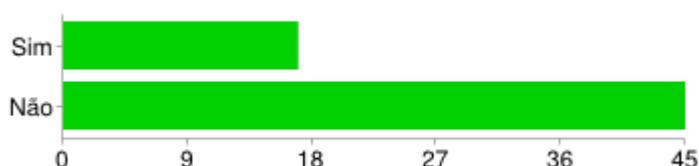
Verifica-se que 83% das empresas tem 100 trabalhadores ou menos que, comparativamente com as grandes empresas, são as pme que investem mais, nomeadamente em novas linhas de produção que possam utilizar linhas de produção nanomateriais, constata-se também que são as pme a investir em novos conhecimentos, com uma abertura a novas “ferramentas” de trabalho.



Questão 4

Novas linhas de produção

No seguimento da resposta anterior, também se questionou se as empresas onde colaboram **recorrem a novas tecnologias**, recebendo-se 45% de respostas negativas e apenas 15% afirmam recorrer às novas tecnologias



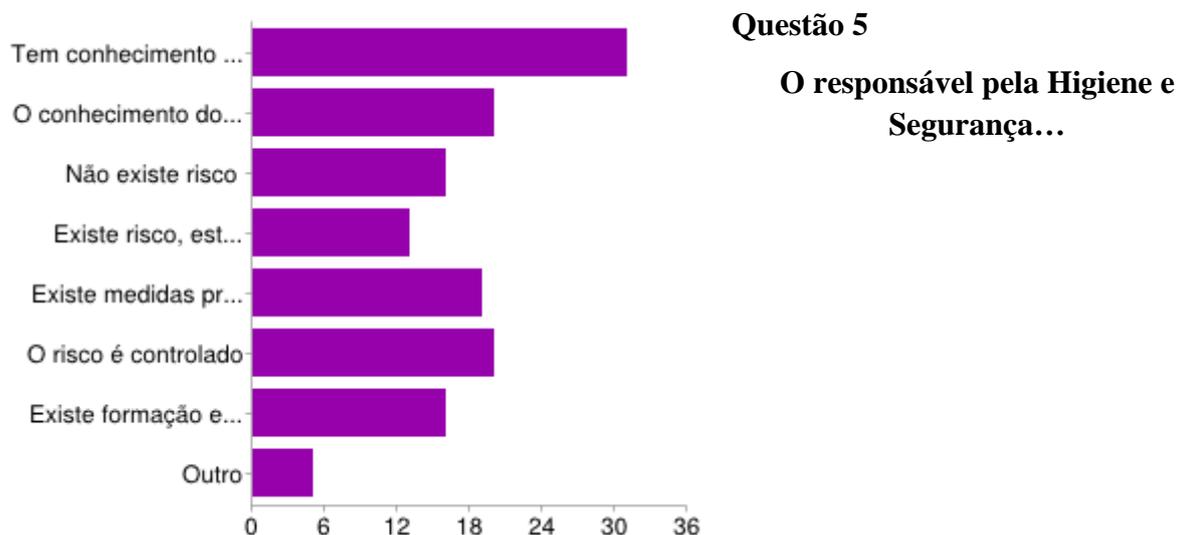
Questão 4

Recorrem a novas tecnologias?

Na questão 5 questiona-se os procedimentos do responsável pela Higiene e Segurança, colocando-se as seguintes questões:

1. Tem conhecimentos dos riscos?
2. O conhecimento dos riscos é comunicado aos trabalhadores?
3. Não existe risco?
4. Existe risco, este é comunicado aos trabalhadores?
5. Existe medidas preventivas à exposição do risco?
6. O risco é controlado?
7. Existe formação e informação aos trabalhadores?
8. Outro

O gráfico seguinte mostra a distribuição das respostas obtidas.



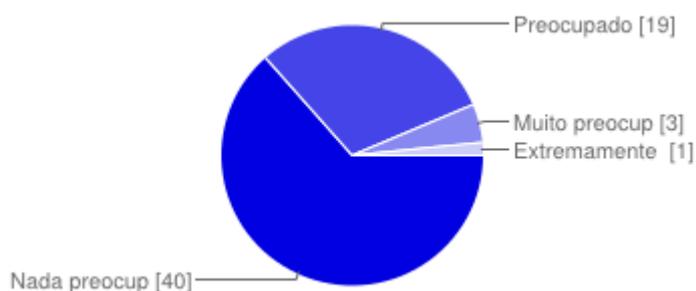
Em termos percentuais o quadro seguinte mostra o mesmo resultado.

1. Tem conhecimentos dos riscos	22%
2. O conhecimento dos riscos é comunicado aos trabalhadores	14%
3. Não existe risco	11%
4. Existe risco, este é comunicado aos trabalhadores	9%
5. Existe medidas preventivas à exposição do risco	14%
6. O risco é controlado	14%
7. Existe formação e informação aos trabalhadores	11%
8. Outros	4%

Salienta-se que 22% das respostas recebidas indicam que o **responsável pela Higiene e Segurança** tem conhecimento dos riscos, que as empresas inquiridas com os serviços de higiene e segurança controlados comunica de forma ineficiente risco aos trabalhadores (14%), não sendo também o risco controlado (14%) e também a reduzida existência medidas preventivas à exposição do risco (14%).

Na questão 6, questionando-se se os riscos possíveis resultantes da aplicação da Nanotecnologia no sector industrial é algo que o **deixa preocupado**, obteve-se **63% de respostas de que não estão preocupados**. Apenas 2% revelam estar muito preocupados com esta temática.

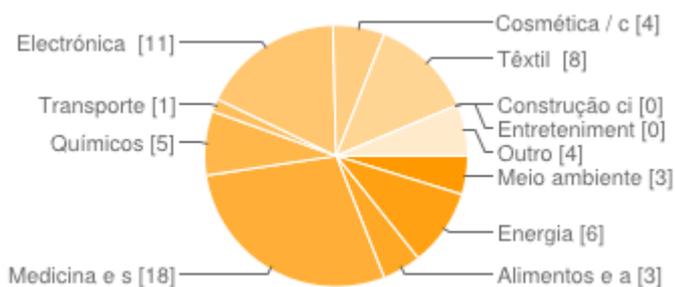
Preocupado	30%
Muito preocupado	19%
Extremamente preocupado	2%



Questão 6

Riscos possíveis resultantes da aplicação da Nanotecnologia no sector industrial

Na questão 7, procura-se saber quais os sectores que terá mais oportunidade de mercado para Nanomateriais. As áreas de medicina e saúde e electrónica apresentam a maioria da respostas.

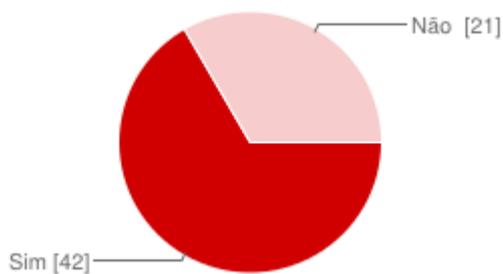


Sectores com mais oportunidade de mercado

Meio ambiente	5%
Energia	10%
Alimentos e agricultura	5%
Medicina e saúde	29%
Químicos	8%
Transporte	2%
Electrónica e tecnologia de informação	17%

Cosmética e cuidados pessoais	6%
Têxtil	13%
Construção civil	0%
Entretenimento	0%
Outro	6%

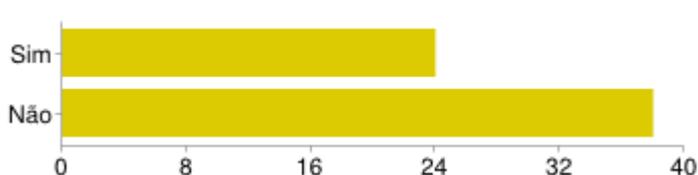
Questão 8, concorda com a seguinte frase” A Nanotecnologia é uma das muitas forças poderosas em direcção ao futuro que tem a **força de um “tsunami”**”? .67% dos inquiridos afirmam que a Nanotecnologia é uma ferramenta poderosa, ficando a ideia de que têm a percepção da potencialidade da utilização da nanotecnologia, embora 33% ache que a nanotecnologia não será assim tão importante num futuro próximo. Verifica-se que, e conforme o inquérito enviado e as respostas recebidas, que 72% dos inquiridos são detentores de grau académico superior, isto é, 48% do nível 6, 18% do nível 7 e, apenas 6%, que representa 4 respostas recebidas, com o nível 8.



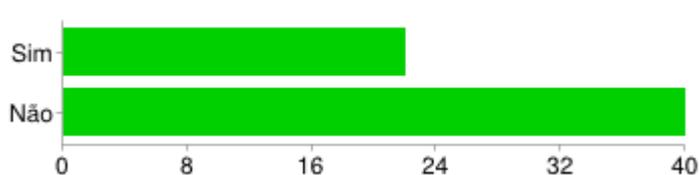
Nanotecnologia tem a força de um “tsunami”

Em termos de riscos, colocou-se a seguinte questão: Considera que a **aplicação de Nanotecnologias, pode trazer riscos éticos, sociais e ambientais?**

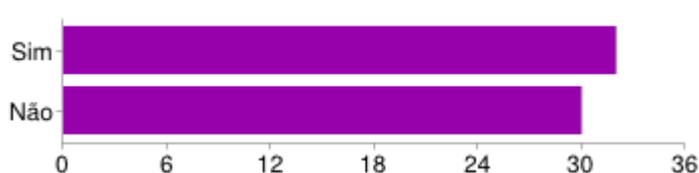
Praticamente os inquiridos consideram existir riscos excepto nos riscos ambientais onde a percentagem dos inquiridos é superior aos que não consideram não existir risco.



Riscos sociais



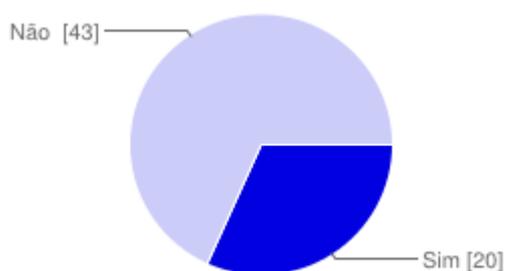
Riscos éticos



Riscos ambientais

Com a seguinte questão: O conceito e a aplicação de Nanomateriais / Nanotecnologias é um tema importante a pensar num futuro próximo para a sua empresa?

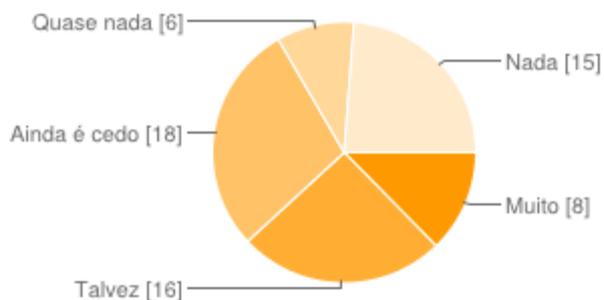
46% dos inqueridos dizem que não, que a aplicação de Nanotecnologia não é um tema importante a pensar num futuro próximo para a sua empresa, enquanto que 32% pondera a utilizar ou que considera que o tema é um assunto a pensar num futuro próximo.



Nanotecnologia / Nanomateriais é um tema importante a pensar num futuro próximo para a sua empresa.

Colocou-se a seguinte questão: Acredita que a **Nanotecnologia beneficiará os seus produtos?**

Com as respostas de Muito / Talvez e Ainda é muito cedo para dizer, ficou com 67% das respostas (13% Muito / 25% Talvez / 29% Ainda é cedo para dizer), nas respostas Quase nada e nada com 34% das respostas dadas. (10% Quase nada e 24% Nada)

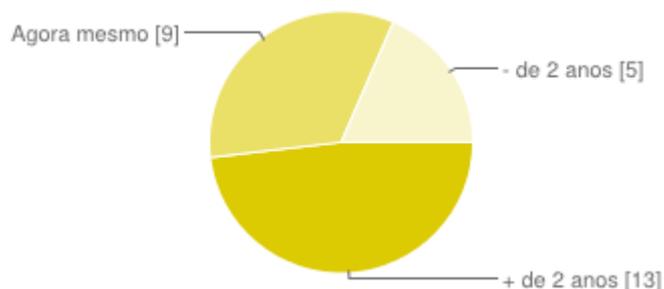


Acredita que a Nanotecnologia beneficiará os seus produtos

Aos 67% que responderam sim, perguntou-se a **previsão de tempo** em que poderá a beneficiar os seus produtos, 48% dos inqueridos dizem esperar beneficiar a longo prazo, isto

é, a mais de dois (2) anos, enquanto 33% espera ter benefícios a muito curto prazo e 19% de alguma forma já beneficia (directamente ou indirectamente) pelo menos há dois (2) anos.

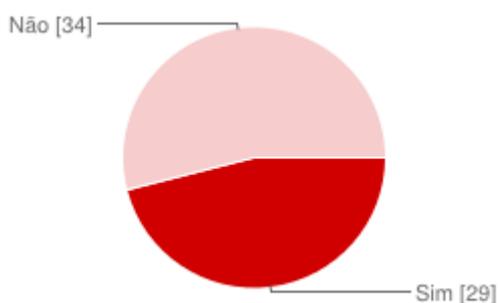
Previsão de tempo



Na questão 13, questionou-se os inquiridos se a **Nanotecnologia será factor de competitividade no seu sector**. Nesta questão também notou-se uma divisão de opinião onde 46% dos inquiridos diziam que sim, que a nanotecnologia será um factor de competitividade contra os 54% que dizem que não será factor de competitividade no seu sector.

Questão 13

A Nanotecnologia será factor de competitividade no seu sector



Nos vários sectores da nossa economia colocou-se a seguinte questão: Nos sectores abaixo discriminados, **aponte cinco (5) que serão mais fortemente impactados pelo desenvolvimento em Nanotecnologias**.

Agricultura e pecuária	2%
Fabricação de produtos têxteis	12%
Fabricação de couros	2%
Fabricação de produtos de madeira	2%
Fabricação de celulose, papel e produtos de papel	4%
Edição, impressão e reproduções de gravações	2%
Fabricação de produtos químicos, incluindo fármacos	13%
Fabricação de artigos de borracha e de material plástico	6%
Fabricação de máquinas e equipamentos	6%

Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais eléctricos	7%
Fabricação de material electrónico e de aparelhos e equipamentos de comunicação	10%
Fabricação de equipamentos de instrumentação médico-hospitalares, instrumentos de precisão e ópticos	12%
Fabricação e montagem de veículos automóveis	6%
Fabricação de móveis e indústrias diversas	1%
Electricidade, gás e água quente	3%
Construção	6%
Limpeza urbana e esgoto e actividades relacionadas	0%
Outro	4%

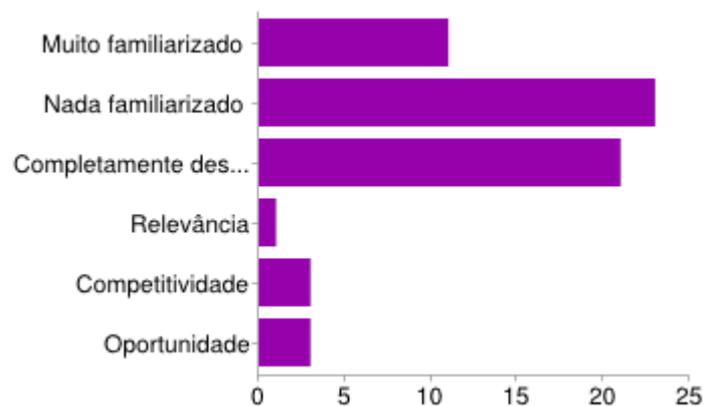
Os cinco (5) sectores com maior percentagem foram os sectores de Fabricação de produtos químicos, incluindo fármacos com 13% das respostas dadas, a seguir e com a mesma percentagem os sectores de Fabricação de produtos têxteis e a Fabricação de equipamentos de instrumentação médico-hospitalares, instrumentos de precisão e ópticos com 12%, com 10% das respostas dadas a Fabricação de material electrónico e de aparelhos de e equipamentos de comunicação, e por último com 6% a Fabricação de artigos de borracha e de material plástico.



Cinco (5) sectores que serão mais fortemente impactados pelo desenvolvimento em Nanotecnologia

Este sector é direccionado para testar os conhecimentos sobre alguns conceitos de Nanotecnologia, áreas de **aplicação e tópicos**

a) Materiais compósitos



Muito familiarizado 11 18%

Nada familiarizado 23 37%

Completamente desconhecido 21 34%

Relevância 1 2%

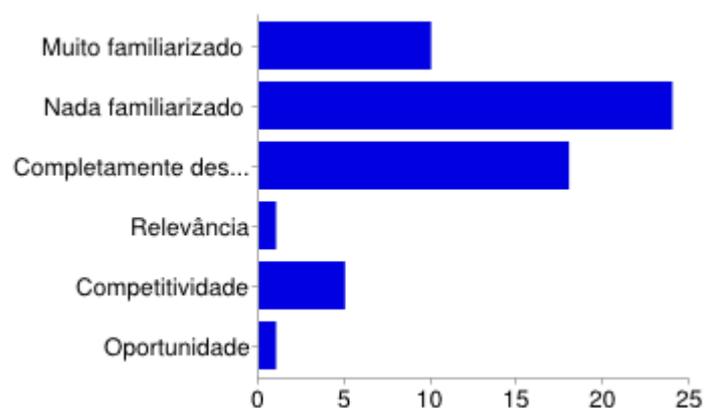
Competitividade 3 5%

Oportunidade 3 5%

Os materiais compósitos são na generalidade desconhecidos pela amostragem, com uma percentagem de 71% entre o Nada familiarizado e Completamente desconhecido.

b) Revestimentos nano

O conceito também é desconhecido para uma grande parte dos inquiridos, com 72% das respostas dadas, como Completamente desconhecido e Nada familiarizado.



Muito familiarizado 10 17%

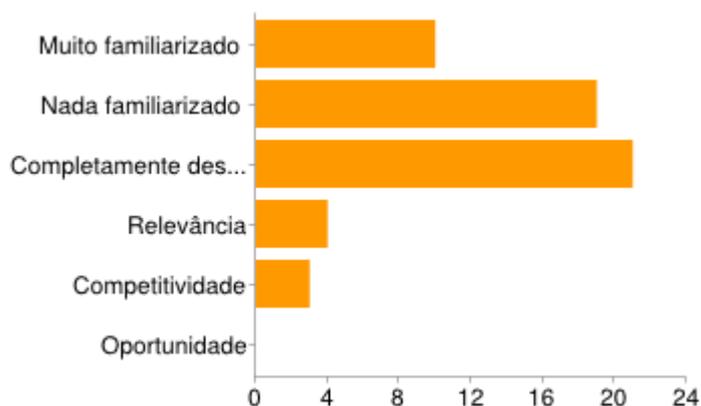
Nada familiarizado 24 41%

Completamente desconhecido 18 31%

Relevância 1 2%

Competitividade	5	8%
Oportunidade	1	2%

c) Nanotubos, nanofios e nanofitas



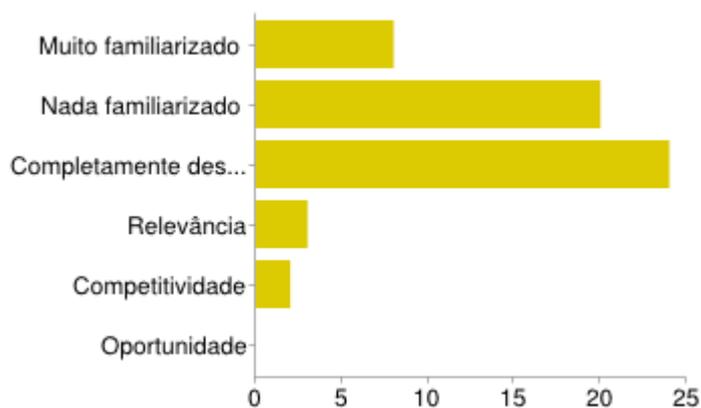
O desconhecimento e onada familiarizado fazem 72% das respostas recebidas dos inquiridos.

Muito familiarizado	10	18%
---------------------	----	-----

Nada familiarizado	19	33%
Completamente desconhecido	21	37%

Relevância	4	7%
Competitividade	3	5%
Oportunidade	0	0%

d) Nanofilmes e interfaces



Muito familiarizado	6	11%
---------------------	---	-----

Nada familiarizado	21	37%
Completamente desconhecido	24	42%
Relevância	5	9%
Competitividade	1	2%
Oportunidade	0	0%

e) Materiais baseados em nanotubos de carbono

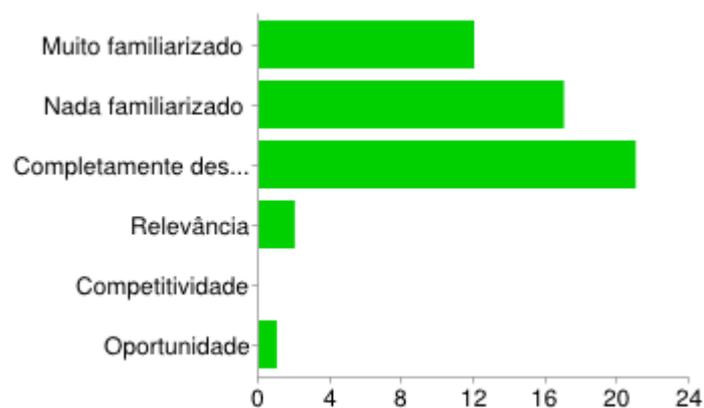


Muito familiarizado 8 14%

Nada familiarizado	20	35%
Completamente desconhecido	24	42%

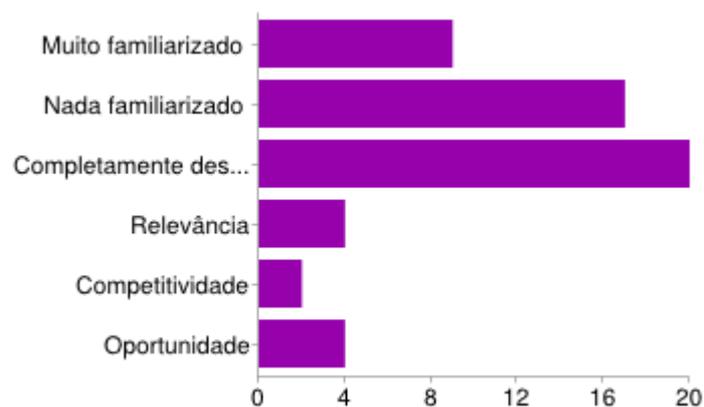
Relevância 3 5%
 Competitividade 2 4%
 Oportunidade 0 0%

f) Polímeros



Muito familiarizado	12	23%
Nada familiarizado	17	32%
Completamente desconhecido	21	40%
Relevância	2	4%
Competitividade	0	0%
Oportunidade	1	2%

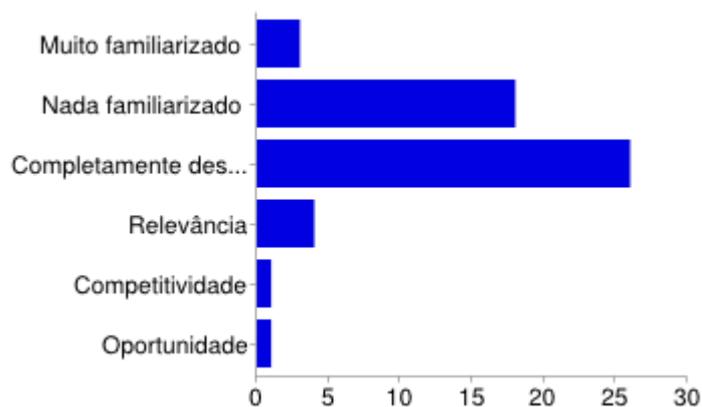
g) Produção de nanopartículas



Muito familiarizado	9	16%
Nada familiarizado	17	30%
Completamente desconhecido	20	36%

Relevância	4	7%
Competitividade	2	4%
Oportunidade	4	7%

h) Colóides e interfaces

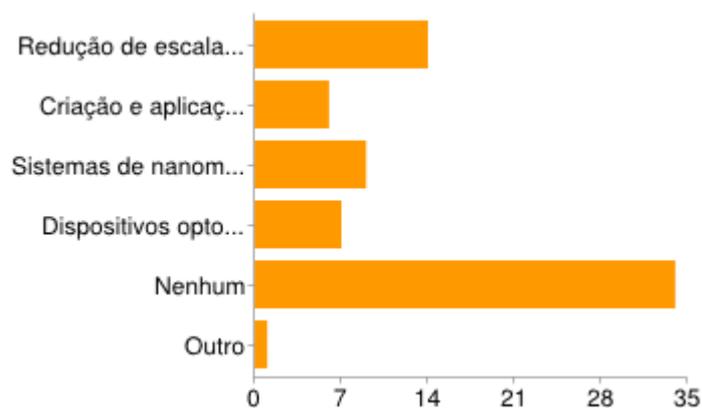


Muito familiarizado	3	6%
---------------------	---	----

Nada familiarizado	18	34%
Completamente desconhecido	26	49%

Relevância	4	8%
Competitividade	1	2%
Oportunidade	1	2%

Perguntou-se aos inquiridos com qual dos seguintes **tópicos está mais familiarizado**, da lista apresentada abaixo.



Redução de escala de dispositivos microelectrónicos, gerando dispositivos nanoeléctricos
20%

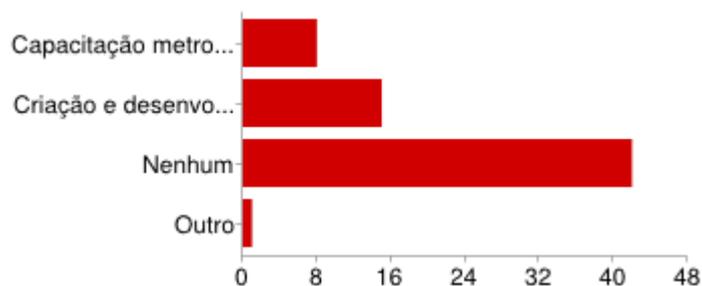
Criação e aplicação de técnicas nanolitográficas 8%

Sistemas de nanomanipulação, nanofabricação e nanossíntese 13%

Dispositivos optoeletrónicos e fotónicos 10%

Nenhum	48%
---------------	------------

Outro	1%
-------	----

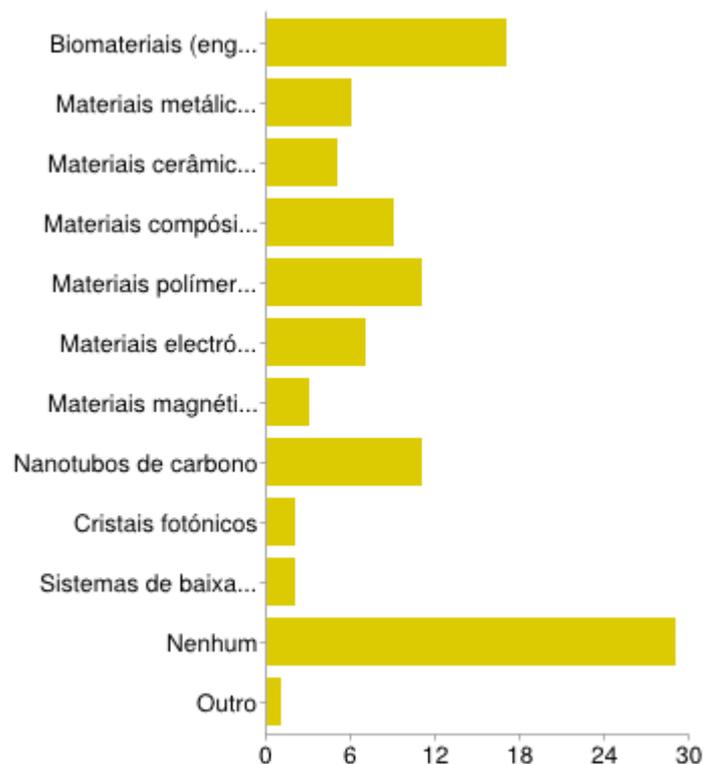


Capacitação metrológica na escala nano 12%

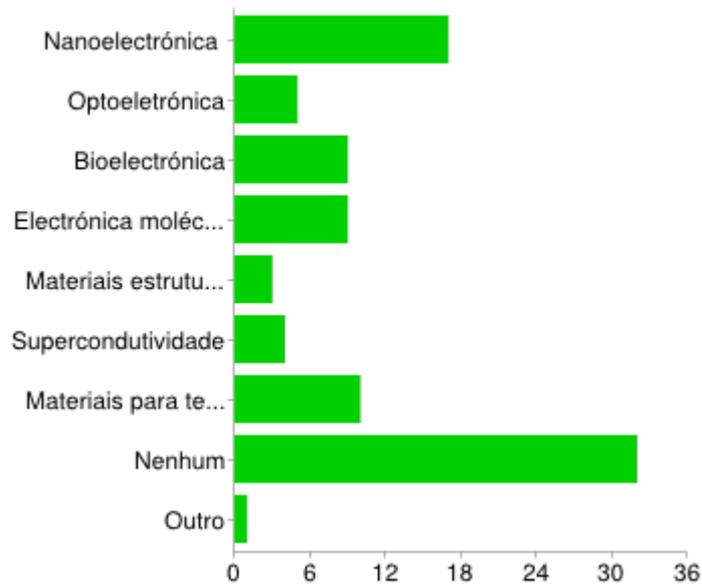
Criação e desenv. de instrum. de medida e componentes viabilizados pela nanotecnologia	23%
---	------------

Nenhum	64%
--------	-----

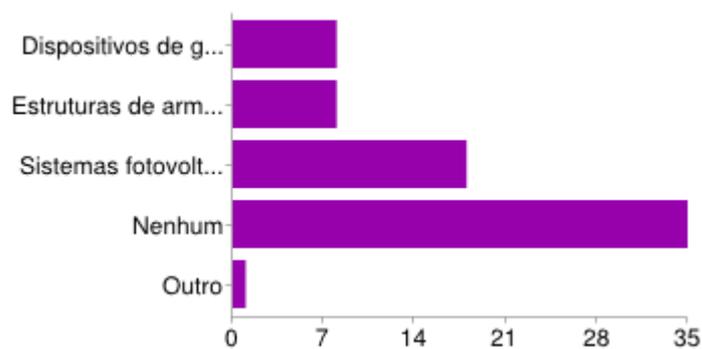
Outro	2%
-------	----



Biomateriais (engenharia da saúde)	17%
Materiais metálicos (novas ligas)	6%
Materiais cerâmicos e vidros	5%
Materiais compósitos (polímeros compósitos)	9%
Materiais polímeros (novos polímeros)	11%
Materiais electrónicos e ópticos (electrónica e fotónica)	7%
Materiais magnéticos (spintrónica)	3%
Nanotubos de carbono	11%
Cristais fotónicos	2%
Sistemas de baixa dimensionalidade	2%
Nenhum	28%
Outro	1%



Nanoelectrónica	19%
Optoelectrónica	6%
Bioelectrónica	10%
Electrónica molecular	10%
Materiais estruturais de alto desempenho	3%
Supercondutividade	4%
Materiais para terapêutica, cosmética e saúde	11%
Nenhum	36%
Outro	1%



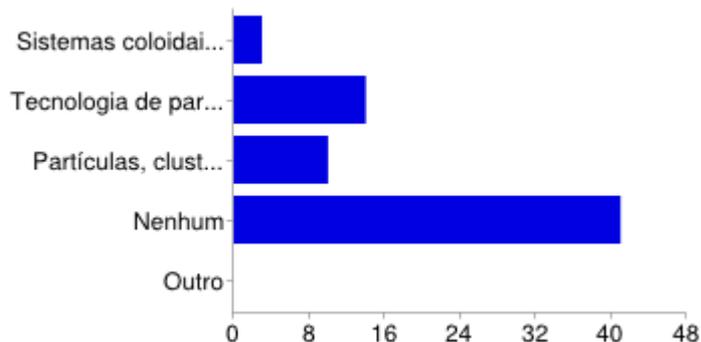
Dispositivos de geração, Eléctrodos e membranas de células de combustível	11%
---	-----

Estruturas de armazenamento. Supercapacitores, novas baterias 11%

Sistemas fotovoltaicos nanoquímicos 26%

Nenhum 50%

Outro 1%



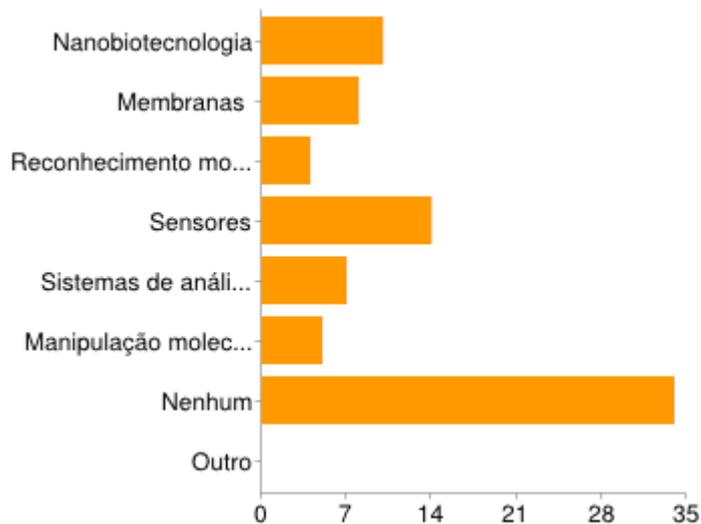
Sistemas coloidais, inclusive filmes e espumas 4%

Tecnologia de partículas: fabricação e aplicação 21%

Partículas, clusters e catálise 15%

Nenhum 60%

Outro 0%



Nanobiotecnologia 12%

Membranas	10%
Reconhecimento moléculas	5%
Sensores	17%
Sistemas de análise e diagnóstico	9%
Manipulação molecular (pesquisa atômica e molecular e matéria condensada)	6%
Nenhum	41%
Outro	0%

5.2. Conclusões e trabalhos futuros

No presente trabalho procuramos traçar um padrão de relacionamento entre a nanotecnologia e o conhecimento das empresas actuais sobre as várias terminologias em Nanotecnologia. A aplicação deste inquérito permitiu ver o padrão de relacionamento entre os tópicos lançados no inquérito proporcionando identificar os vários tipos de conhecimento no meio empresarial Português, os dados obtidos neste inquérito mostram um grande desconhecimento do tema.

É importante divulgar informações sobre os impactos da nanotecnologia na saúde dos trabalhadores e ao meio ambiente bem como divulgar e propor ações de prevenção e medidas de controlo dos riscos derivados da nanotecnologia. A informação às empresas e a participação das Universidades e do Governo na elaboração de regras e procedimentos na produção de nanotecnologia é de extrema importância,

Com a elaboração desta dissertação, podemos concluir que existe uma grande lacunana legislação e é uma das principais questões-chave e prioridades das entidades legisladoras e reguladoras nacionais no âmbito da regulamentação. É indiscutível a importância que a Nanotecnologia e os Nanomateriais têm na sociedade atual e no desenvolvimento económico, pelas suas diversas aplicações e benefícios decorrentes. Contudo, para desenvolver produtos seguros, é essencial que a investigação em segurança e o desenvolvimento nanotecnológico caminhem lado a lado, a importância da legislação/regulamentação das nanociências, nanotecnologias e nanomateriais.

Como forma a melhorar, modificar o cenário seria relevante a elaboração de uma proposta, para suscitar efectivamente normas para regulamentar essa atividade tecnológica em Portugal

Este estudo poderá ajudar outros pesquisadores ou profissionais da área de segurança do trabalho a percepção dos riscos existentes no manuseamento em produtos nanomateriais e incentivar também que outros estudos possam ser realizados nesta área.

Como diz o Prof. Vasco Teixeira *“há ainda muito caminho a percorrer no que diz respeito às aplicações tecnológicas e industriais, pelo que a aposta em investir em I&D no domínio da nanotecnologia tem sido fundamental para acrescentar valor aos produtos”*

Bibliografia

[001] Agencia Europea Segurança Saúde no trabalho, Fact 60

[002] Matos, Santos & Barbosa (2010). “*A problemática das nanopartículas no contexto ocupacional*”

[003] Drexler, K. Eric (1986). “*Engines of creation the coming era of Nanotechnology*”

[004] <https://osha.europa.eu/pt/publications/factsheets/60>, acesso em 20 de Setembro 2012

[005] <https://osha.europa.eu/pt/riskobservatory>, acesso em 20 de Setembro de 2012

[006] <http://blog.modernmechanix.com/theres-plenty-of-room-at-the-bottom/>, acesso em 12 de Novembro de 2013.

[007] Damacena, Fernanda D.L., “*As Nanotecnologias e a Sociedade de Risco*” Universidade do Vale do Rio dos Sinos

[008] Drexler, Eric (2011). “*Nanotechnologists*”. Books LLC, Wiki Series

[008A] Drexler, Eric (1986). *Engines of Creation, “The Coming Era of Nanotechnology”* http://xaonon.dyndns.org/misc/engines_of_creation.pdf Acesso em 10 de Agosto de 2013

[009] Alencar, Maria Simone de Menezes (2008), “*Estudo de futuro através da aplicação de técnicas de prospecção tecnológica: O caso da nanotecnologia*” Universidade Federal do Rio de Janeiro

[010] Paz, Telma e Paulo Reis (2013). Um evento ainda mais completo e agregador, Pontos de vista, pág. 44-45

[011] Camara, Marcia R. Gabardo. “*Nanociências, Nanotecnologias e Políticas Públicas em Países seleccionados*”.

[012] Teixeira, Vasco (2013), A nanotecnologia não é um “quebra cabeças”, Pontos de Vista, pág.40-43

[013] Guimarães, Camila Felipin (2010). “*Desenvolvimento da Nanotecnologia em Empresas Brasileiras e suas Potenciais Implicações para o Emprego*” (pag.22). Tese de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná

[014] Cazadero, Manuel (1995). “*Las Revoluciones Industriales*”. Fondo de Cultura Económica

[015] National Nanotechnology Initiative. (2009). <http://www.nsf.gov/crssprgm/nano/> acesso 14 de Setembro de 2013

[016] Roco, C; Bainbridge (2001), “*Societal Implications of Nanotechnology*”

[017] <http://www.inrs.fr/accueil/risques/chimiques/focus-agents/nanomateriaux.html>, acesso 20 de Novembro de 2013

[018] Cherutti, Guilherme e Wilson Engelmann (2011). “*Nanotecnologias e o direito do consumidor: O Direito fundamental à informação e sua necessidade de afetivação nas relações de consumo envolvendo nanoprodutos*”.

[019] <http://www.cdc.gov/niosh/>, acesso 08 de Janeiro de 2014

[020] NIOSH Nanotechnology Research and Guidance Strategic Plan, 2013-2016 “*Protecting the Nanotechnology Workforce*”

[021] “*Nanosciences and Nanotechnologies: An action plan for Europe 2005-2009*”http://ec.europa.eu/research/industrial_technologies/pdf/nano_action_plan_en.pdf, acesso 15 de Outubro de 2013

[022] Maynard, Andrew D. (2006). “*Nanotechnology: A Research Strategy for Addressing Risk*”. Pen3

[023] “Os riscos da nanotecnologia”, <http://revistaepoca.globo.com/Revista/Epoca/0,,EDG78783-6010-484,00.html>, acesso 15 de Outubro de 2013

[024] Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) (2011) “*Nanotecnologias: subsídio para a problemática dos riscos e regulação*”

[025] Instituto Nacional da Propriedade Industrial (2010). “*Evolução da Nanotecnologia abordagem Nacional e Internacional*”

[026] Observatório Europeu dos Riscos (2009). “*Os novos riscos emergentes para a segurança e saúde no trabalho*”

[027] Eugénio, Joane e Fatal Vanessa (2010). “*Evolução da Nanotecnologia Abordagem Nacional e Internacional*” inipi, instituto nacional da propriedade privada

[028] <http://www.nanopt.org/14EN/index.php?m=h>, acesso 03 de Fevereiro de 2014

[29] Roxo, Manuel M (2003). “*Segurança e Saúde do Trabalho: Avaliação e Controlo de Riscos*” Almedina

[30] Carneiro, Francisco C da Silva, (2011) Tese de mestrado “*Avaliação de riscos: Aplicação a um processo de construção*”. Universidade de Aveiro, Departamento de Engenharia Civil

[31] Diaz, José Maria Cortés (2007). “*Técnicas de Prevención de Riesgos Laborales e Higiene del Trabajo*” Editorial Tebar, SL. Madrid

[32] NP 4397:2008 “*Sistemas de Gestão da Segurança e Saúde do Trabalho*”

[33] van der Pligt, J. (2002). “*Cognition and affect in risk perception and risky decision-making*”. In C. von Hofsten & L. Bäckman (Eds.) *Psychology at the turn of the millennium, Social, developmental, and clinical perspectives*, Vol. 2, pp. 247-270. Hove, England: Psychology Press

[34] Cabral, F. (2010). “*Segurança, Higiene e Saúde no Trabalho*”. Verlag Dashöver. Lisboa

[35] Cabral, F. e Roxo, M. (2008). “*Segurança e Saúde do no Trabalho*” Legislação Anotada. Coimbra. Almedina

[36] Queiroz, J. Atroch (2011). “*Aplicações da nanotecnologia em artefactos têxteis*”

[37] Udale, Jenny (2009). “*Fundamentos de design de moda: tecidos e moda*”. Porto Alegre. Bookman

[38] Martinez, Maria Elisa Marciano (2013). “*Avaliação do emprego de nanotecnologia no sector têxtil brasileiro por meio de documentos de patentes*” ALTEC 2013

[39] <http://www.azonano.com/>. Acesso a 30 de Janeiro de 2014

Anexo 1 - Glossário

Aerogel - Espécie de espuma, cujo principal componente é o silício. A condutividade térmica dos aerogéis é extremamente baixa, resultando em excelentes propriedades isolantes. São os materiais de menor densidade conhecida.

Aerosol, aerossol - Suspensão de partículas pequenas (0,01-10 microns) de um sólido ou líquido em um gás. Os raios solares incidem sobre essas partículas e sofrem reflexão, refração ou difusão. Partícula sólida ou líquida, em tamanho de colóide, dispersa em meio gasoso.

AES - Acrônimo de *Auger Electron Spectroscopy*. Uma técnica de espectroscopia. Ver *Espectroscopia Auger*.

AFM - Acrônimo de *Atomic Force Microscope* (*Microscópio de força atômica*)

APCVD - Acrônimo de *Atmospheric Pressure Chemical Vapour Deposition*. Processo CVD realizado a pressão atmosférica; normalmente resulta em filme de menor qualidade em relação ao CVD a baixas pressões (LPCVD). Ver *CVD*

Auto montagem -Em soluções químicas, a auto montagem resulta do movimento aleatório de moléculas e da afinidade entre os sítios de ligação. Refere-se também à junção de superfícies complementares na interação molecular.

BioMEMS -MEMs utilizados em aplicações biomédicas. Ver *MEMS*.

Biomimética -Estudo de estruturas e funções biológicas com a finalidade de gerar produtos artificiais baseados nas propriedades de produtos naturais.

Biopolímero - Polímero encontrado na natureza. DNA e RNA são exemplos de biopolímeros. Ver *Polímero*.

Biossensor -Sensor capaz de detectar substâncias biológicas (p. ex., bactérias, hormônios). Os biossensores geralmente utilizam sensores feitos de materiais biológicos ou que imitam tais materiais.

Bit quântico -Ver *Ponto quântico*

Bottom Up -Construir objectos maiores a partir de blocos estruturais pequenos. A nanotecnologia busca usar átomos e moléculas como blocos estruturais. Muito utilizado na química, para criar estruturas a partir de moléculas. Antónimo de *top down*.

Buckyball -Tipo de fulereno. Estrutura de carbono, de forma esférica. Ver *Fulereno*

Catálise heterogénea -Processo químico no qual o catalisador e o reagente se encontram em fases distintas. Normalmente o catalisador é sólido, e os reagentes e produtos são líquidos ou gases, com a reacção catalítica ocorrendo na superfície do sólido.

Catálise homogénea -Processo em que o catalisador e o reagente apresentam a mesma fase (geralmente gás ou líquido). A catálise da transformação de moléculas orgânicas por ácidos ou bases é um dos tipos mais comuns de catálise homogénea.

Célula de combustível -Dispositivo que permite converter directamente em energia eléctrica a energia de uma reacção química. A célula de combustível mais simples gera energia eléctrica a partir da “queima” de hidrogénio em uma reacção química sem produção de chama. Para “queimar” o hidrogénio a célula de combustível necessita de uma fonte de oxigénio, geralmente obtido do ar. O único subproduto deste tipo de célula é a água.

Cirurgia celular -Modificação das estruturas celulares utilizando nano-máquinas médicas.

Reparo Molecular - Análise e correcção física de estruturas moleculares do corpo utilizando nanomáquinas médicas.

CMOS -Acrónimo de *Complementary Metal-Oxide-Semiconductor*. É um tipo de circuito integrado onde se incluem elementos de lógica digital (portas lógicas, flip-flops, contadores, decodificadores, etc.), microprocessadores, microcontroladores, memórias RAM, etc.

CNT-Acrónimo de *Carbon NanoTubes* (nanotubos de carbono). Ver *Nanotubos de carbono*.

Colóides -Partículas sólidas extremamente pequenas, que não se decantam em uma solução ou meio. A fumaça é um exemplo de colóide composto de partículas sólidas em um gás. Os

colóides são estados intermediários entre partículas dissolvidas e partículas em suspensão (que se decantam).

Compósito -Material constituído de dois ou mais componentes, que apresenta propriedades diferentes daquelas dos seus constituintes. Os compósitos possuem duas fases: uma matriz (fase contínua) e uma fase dispersa (partículas, fibras). O concreto é um exemplo de material compósito, em que o cimento é a matriz e os vergalhões são a fase dispersa. O compósito apresenta propriedades superiores às das fases tomadas isoladamente.

Computador quântico Computador cujo funcionamento se baseia em propriedades da mecânica quântica, como a sobreposição, resultantes de componentes à escala nanométrica, molecular, atômica e subatômica. Os computadores quânticos poderão revolucionar a indústria de computadores em um futuro não muito distante.

Confinamento quântico -Aprisionamento de elétron no interior de nanocristais.

Constante de Planck -Constante fundamental da física quântica, proposta por Max Planck em 1900. Planck sugeriu que a energia electromagnética não pode assumir qualquer valor, mas sim valores múltiplos de uma quantidade fundamental de energia, denominada quantum. Essa descoberta marca o início da física quântica, que permite explicar o comportamento de sistemas em escala nanométrica.

Co-polimerização - Consiste na utilização de mais de um tipo de *monómero* para a produção de um polímero, resultando em um produto com propriedades diferentes daquelas dos monómeros constituintes.

Cristal piezoelétrico -Cristal dielétrico que gera uma diferença de potencial quando sujeito a um esforço mecânico ou que pode mudar de forma quando sujeito a uma diferença de potencial elétrico.

CVD -Acrónimo de *Chemical Vapour Deposition*. Técnica utilizada para a produção de revestimentos superficiais (filmes finos). É o método de deposição mais comum na indústria de semicondutores. O filme é depositado em função de uma reacção química entre os reagentes gasosos a elevadas temperaturas na vizinhança do substrato. O produto sólido da reacção é depositado na superfície do substrato. Utilizado tanto para deposição de semicondutores (cristalinos ou não), isoladores e metais. São variações do CVD: APCVD

(atmospheric pressure CVD; ou seja, CVD à pressão atmosférica), LPCVD (low pressure CVD, ou seja, CVD a baixa pressão), EPCVD (Enhanced Plasma CVD), MOCVD (Metal-Organic CVD), LCVD (laser CVD) e outros.

Defeito de Frenkel - Defeito cristalino. Combinação de lacuna com elemento intersticial capaz de deslocar-se em um cristal.

Defeito de Schottky - Defeito pontual em um sólido cristalino. O mesmo que *lacuna*.

Defeitos cristalinos Defeitos (imperfeições) na estrutura de um sólido cristalino.

Dendrímero Moléculas sintéticas poliméricas tridimensionais formadas a partir de um processo de fabricação em nanoescala. Os dendrímeros são construídos a partir de monômeros, adicionando-se novos ramos, passo a passo, até criar uma estrutura em forma de árvore.

Diamantóide Estruturas semelhantes à do diamante, de maneira geral. São estruturas rígidas, com redes tridimensionais de ligações covalentes. Os diamantóides podem ter resistência 100 a 250 vezes superior à do titânio, com densidade muito menor.

Difração de raios-X - Espalhamento de raios-X após atravessar um cristal, resultando em um padrão de interferência que é usado para determinar a estrutura cristalina do material.

Direcionamento de drogas, drug delivery - Utilização de componentes físicos, químicos ou biológicos para a liberação controlada de concentrações de um agente terapêutico.

Dispositivo microfluídico - Dispositivo que contém um ou mais canais, em que ao menos uma das dimensões é inferior a 1 mm. Alguns fluidos normalmente utilizados em dispositivos microfluídicos são: amostras de sangue, suspensões contendo bactérias, proteínas ou anticorpos. As pequenas quantidades necessárias e o preço relativamente baixo dos dispositivos microfluídicos torna-os interessantes para aplicações biomédicas clínicas. Uma possível aplicação do campo da microfluídica é a fabricação de kits de diagnósticos portáteis, para uso caseiro, que eliminem a necessidade de análises laboratoriais demoradas.

EBL - Acrônimo de *Electron Beam Lithography*. Uma técnica de litografia. Ver *Litografia por feixe de elétrons*

EELS - Acrónimo de *Electron Energy Loss Spectroscopy* (espectroscopia por perda de energia de elétron).

Efeito de campo -Alteração local do valor normal da concentração de portadores de carga em um semiconductor, induzida por um campo eléctrico.

Elétron Auger -Elétron ejectado de um sólido como resultado de um processo de bombardeio de átomos por íons de alta energia. A energia de um elétron Auger fornece informações sobre o átomo específico do qual ele foi ejectado.

Electrónica molecular -Qualquer sistema que contenha dispositivos electrónicos precisos de dimensões nanométricas, especialmente se construído de partes moleculares mais discretas que os materiais encontrados, hoje em dia, em dispositivos semicondutores.

Elipsometria -Método mais comum para medir a espessura de filmes finos. Baseia-se na detecção da mudança de fase de um feixe de luz polarizada ao ser reflectido pela superfície.

Emissão de campo -Emissão de electrões da superfície de um condutor metálico no vácuo (ou no interior de um isolante) por influência de um campo eléctrico. Na emissão de campo, os electrões atravessam a barreira de potencial da superfície devido ao efeito quântico de tunelamento. Também conhecida como emissão a frio. Ver *tunelamento electrónico*

EPCVD - Acrónimo de *Enhanced Plasma Chemical Vapour Deposition*. Uma técnica de deposição de filmes finos. Ver *CVD*.

Epitaxia -Crescimento de uma camada de cristais de determinada substância (mineral, metal) sobre cristais de outra substância, de forma que a orientação cristalográfica da camada formada seja igual à do substrato.

Epitaxia por feixe molecular - Processo de deposição física (baseado principalmente em evaporação), realizado em ultra alto vácuo (menor que 10^{-8} torr) e com uma temperatura de substrato geralmente abaixo de 800 oC. Devido ao fluxo directo (sem obstáculos) do material a ser depositado e à pureza química da superfície do substrato, é possível obter um crescimento controlado de camadas epitaxiais extremamente finas. É o método de deposição com maior precisão utilizado na área de semicondutores.

Espectrômetro de massa -Aparelho usado para identificar os tipos de moléculas presentes em determinadas substância. As moléculas são ionizadas e forçadas a atravessar um campo electromagnético, sofrendo deflexão. A partir da deflexão, é possível calcular a massa atômica das moléculas e, portanto, determinar a composição química do material.

Espectroscopia AES, Espectroscopia Auger - Do Acrônimo *Auger Electron Spectroscopy* (espectroscopia de electrões Auger). Método para caracterização superficial baseado na determinação da energia dos electrões Auger ejetados por uma superfície sólida bombardeada por íons de alta energia. Só permite a detecção de elementos com número atômico superior a 2. Ver *Electron Auger*.

Espectroscopia de fluorescência - Técnica utilizada para medir a interação de energia radiante com a matéria, por meio da passagem, através de um monocromador, de luz emitida por fluorescência, registando-se o espectro de emissão da fluorescência.

Espectroscopia de Infravermelho por transformada de Fourier - Método de caracterização usado para determinar a composição química de materiais com base nas bandas de absorção de espectro. As amostras devem ser transparentes à radiação infravermelha.

Espectroscopia de massa de íons secundários - Método de caracterização de materiais, em que os átomos ejetados de uma superfície são identificados a partir de suas massas (espectroscopia de massa).

Espectroscopia de ressonância magnética nuclear - Técnica analítica usada para determinar a estrutura de moléculas. Na ressonância magnética nuclear, a molécula é posicionada no interior de um campo magnético intenso, que alinha os núcleos atômicos. Em seguida, é aplicado um campo electromagnético oscilatório e mede-se a radiação absorvida ou emitida pela molécula. Nem todos os átomos podem ser detectados por NMR, já que os núcleos devem possuir momento magnético não nulo.

Espectroscopia NMR - Acrônimo de *Nuclear Magnetic Resonance*. Ver *Espectroscopia de ressonância magnética nuclear*

Espectroscopia Raman Análise da intensidade do espalhamento Raman, no qual a luz é espalhada ao atravessar um meio e sofre uma alteração de frequência e de fase. As informações resultantes são úteis para determinar a estrutura molecular da substância.

Excimer laser -Ver *Laser de Excímero*

Falha de empilhamento -Tipo de defeito que ocorre em monocristais. Desalinhamento de planos cristalinos, frequentemente observado no crescimento epitaxial.

Ferrofluido Fluido (normalmente óleo) no qual se encontram em suspensão pequenas partículas de ferro, magnetita ou cobalto. Os ferrofluidos são superparamagnéticos e podem ser movidos com a utilização de campos magnéticos. Foram criados pela NASA para controlar o fluxo de combustíveis líquidos no espaço.

Filme de Langmuir-Blodgett - Ver *Langmuir-Blodgett*

Filme fino -Material cuja espessura é tão pequena que suas características são determinadas principalmente por efeitos bidimensionais, diferindo das propriedades do material

tridimensional (bulk). São muito utilizados em semicondutores.

Fio quântico -Outra forma de ponto quântico; porém, em vez de ser um “ponto” unidimensional, o fio quântico possui duas dimensões – ou seja, possui “comprimento” e permite que os electrões se desloquem em forma de partícula. São normalmente construídos sobre um semicondutor e (entre outras coisas) são usados para produzir feixes laser de alta intensidade, que podem funcionar em modo pulsado a vários gigahertz. Ver *ponto quântico*.

Física quântica -Ramo da física que se baseia na teoria quântica. As leis clássicas da física geralmente não se aplicam na escala de interesse da nanotecnologia. Assim, os fenómenos que ocorrem à escala atómica devem ser descritos de acordo com a física quântica. Por exemplo, em escala nanométrica os corpos podem seguir trajetórias distintas do que seria previsto pela teoria clássica, uma vez que podem se comportar como onda ou partícula. Isso decorre do facto de que a energia só pode ser emitida ou absorvida pela matéria em unidades discretas, denominadas *quanta* (*quantum*, no singular). Ver *Constante de Planck*.

Fluorescência de raios-X -Método usado para determinar a composição química de sólidos. Processo no qual a matéria absorve fótons de alta energia e emite fótons de energia mais baixa.

Essa diferença é responsável por vibrações moleculares. Técnica analítica de grande precisão e baixo custo para determinação dos elementos presentes em uma amostra.

Fotoluminescência -Luz emitida por um corpo devido a excitação por alguma forma de radiação electromagnética nas regiões ultravioleta, visível ou infravermelha do espectro electromagnético.

FTIR -Acrónimo de *Fourier - Transform Infrared Spectroscopy* (*Espectroscopia de Infravermelho por transformada de Fourier*). Técnica de espectroscopia, usada para determinar composição química.

Fulerenos -Forma molecular de carbono descoberta em 1985. A mais comum é o buckminsterfulereno (C₆₀), com 60 átomos de carbono formando uma estrutura esférica. Existem fulerenos maiores, com 70 a 500 átomos de carbono.

Grafeno -Estrutura planar formada por átomos de carbono, com ligações sp². É uma forma alotrópica do carbono. É o equivalente, em 2 dimensões, da grafita tridimensional. Os nanotubos de carbono são folhas de grafeno 'enroladas'. Ver *fulerenos*.

Grafita (grafite) -Uma das formas cristalinas do carbono. Ao contrário do diamante, a grafita é um condutor, e pode ser usada, por exemplo, como eléctrodo de uma lâmpada eléctrica de arco voltaico. A condutividade e outras características físicas da grafita, como planidade, clivagem e características lubrificantes se devem ao arranjo dos átomos no material, formando estruturas em forma de folhas (ver *grafeno*), atraídas por ligações fracas (van der Waals). Nas "folhas", os átomos estão organizados como hexágonos, a semelhança de favos em uma colmeia, onde cada átomo de carbono ocupa um vértice. Como nesta estrutura cada carbono se liga a outros 3 átomos, "sobra" uma ligação para cada átomo. Estes electrões formam uma grande ligação "deslocalizada" entre os átomos de carbono, semelhante à ligação metálica. A

condutividade se dá ao longo da folha, de forma que no sólido há variação da condutividade dependendo da direcção em que for medida (mais alta ao longo das folhas e menor perpendicularmente a estas). O acoplamento fraco entre as folhas da grafita contribui para outra propriedade industrial importante: o pó é usado como um lubrificante sólido.

Grey Goo -"Gosma cinzenta", massa cinzenta. Termo cunhado por Eric Drexler, em 1986.

Refere-se a um cenário de ficção científica em que nanorrobôs auto-replicantes sairiam do controle, começariam a se "reproduzir" e consumiriam toda a matéria orgânica, acabando com a vida na Terra.

HEED -Acrónimo de *High Energy Electron Diffraction* (difração de electrões de altaenergia). Método usado para estudar a estrutura cristalina de sólidos.

HRTEM, Microscópio electrónico de transmissão de alta resolução - Acrónimo de *High Resolution Transmission Electron Microscope* (Microscópioelectrónico de transmissão de alta resolução)

IBL-Acronônimo de *Ion Beam Lithography*. Uma técnica de litografia. Ver *litografia por feixe de íons*.

Junção p-n -Semicondutores dos tipos “p” e “n” colocados em contacto, criando uma barreira de potencial, cuja altura depende da tensão aplicada entre as duas regiões.

Junções -Em electrónica, a interface entre dois tipos diferentes de materiais em diodos transístores e outros dispositivos semicondutores.

Lab-on-a-chip, laboratório -Sistemas de análise miniaturizados, que fazem com que um chip funcione como **um chip** laboratório químico. Permitem, por exemplo, a realização de diagnósticos médicos *in situ* e monitoramento ambiental.

Lacuna -Defeito pontual em um sólido cristalino. Falta de um átomo em uma célula unitária da rede cristalina. O mesmo que *Defeito de Schottky*.

Langmuir-Blodgett -Técnica de nanofabricação usada para criar películas extremamente finas (monocamadas e camadas moleculares isoladas), conhecidas como “filmes de Langmuir-Blodgett”.

Laser de excímero -Laser químico, com comprimento de onda extremamente curto (abaixo de 200 nm), na faixa do ultravioleta. Frequentemente utilizado como fonte de radiação para fotolitografia de alta resolução.

LCD -Acrónimo de *Liquid Crystal Display* (visor de cristal líquido). Ver *Visor de cristal líquido*.

Visor de cristal líquido -Tecnologia utilizada em visores de tela plana. O funcionamento é baseado no seguinte princípio: o alinhamento dos cristais pode ser alterado por uma corrente elétrica. Dependendo do alinhamento, a luz poderá ser bloqueada por um filtro polarizado. Ao colocar diversos cristais emissores de luz vermelha, azul e verde próximos uns dos outros, é possível criar um visor (display) colorido. A vantagem é que os cristais podem ser dispostos de forma a criar um arranjo denso, resultando em um visor de alta definição.

LCVD -Acrônimo de *Laser Chemical Vapour Deposition*. Uma técnica de deposição de filmes finos. Ver *CVD*

LED -Acrônimo de *Light Emitting Diode* (diodo emissor de luz). Tradicionalmente, os LEDs são criados com base em dois semicondutores. Quando a corrente elétrica atravessa o semicondutor em determinada direção, o LED emite luz de determinada frequência (ou seja, determinada cor), a qual depende de características físicas do semicondutor. Apresentam vida útil longa e consomem pouca energia. Os LEDs apresentam resolução inferior à dos LCDs, motivo pelo qual são utilizados em painéis grandes, como outdoors.

Lei de Moore Observação feita por Gordon E. Moore (co-fundador da Intel), em 1965, de que cada novo circuito integrado de memória possuía o dobro da capacidade do anterior e que eram lançados a cada 18-24 meses, indicando um crescimento exponencial da capacidade e redução da dimensão dos componentes. De acordo com essa tendência, em 2012 a dimensão dos componentes dos chips estará na faixa de 50nm. Um dos problemas em se construir chips com componentes nanométricos seria a dissipação de calor.

Ligas com memória de forma - Classe especial de ligas metálicas que conseguem se “lembrar” da forma original e retornar à mesma após serem deformadas. Esta capacidade é conhecida como efeito de memória de forma. A primeira liga com memória de forma descoberta, e que é mais utilizada, chama-se Nitinol.

Lipossoma -Um tipo de nanopartícula constituída de lipídios à semelhança de uma célula viva. Bastante utilizado no tratamento de doenças infecciosas e câncer. Foi o primeiro tipo de nanopartícula utilizado para desenvolver agentes terapêuticos com novas características.

Litografia -Processo de gravação de padrões em materiais. Derivado do grego, o termo litografia significa, literalmente, “escrever na pedra”. É utilizado para se referir à técnica

de ataque químico, escrita ou impressão em nível microscópico, em que as dimensões dos caracteres situam-se na casa dos nanômetros. Ver nanolitografia.

Litografia por feixe de electrões - Técnica litográfica baseada em um feixe de electrões focado. Não há utilização de máscara. A gravação é feita directamente por meio de varredura com o feixe de electrões. A resolução obtida é inferior a 100 nm. A litografia por feixe de electrões (EBL) é frequentemente usada para fabricar máscaras de alta resolução para fotolitografia e litografia por raios-X.

Litografia por feixe de íons, Litografia por feixe iónico - Técnica litográfica baseada em feixe de íons acelerados. Devido ao menor espalhamento dos íons, a litografia por feixe de íons apresenta melhor resolução que a litografia por feixe de electrões. [7]

LPCVD - Acrónimo de *Low Pressure Chemical Vapour Deposition*. Processo CVD realizado a baixas pressões. Em comparação com o CVD a pressão atmosférica (APCVD), resulta em filmes de melhor qualidade e pureza. Ver *CVD*.

Luminescência - Luz fria emitida por uma fonte em consequência da passagem de electrões de níveis energeticamente mais elevados para níveis mais baixos. Existem diversos tipos de luminescência. Quimioluminescência resulta de determinadas reacções químicas. Triboluminescência é produzida pelo atrito ou impacto de cristais, etc.

Magnetron sputtering - Tipo de sputtering no qual o plasma é confinado por um campo magnético. A eficiência da ionização é maior, consequentemente aumentando a densidade de íons e a taxa de deposição. Ver *Sputtering*.

Materiais inteligentes - Materiais e produtos com comportamentos complexos devido à incorporação de nanodispositivos. Termo usado também para produtos que têm a capacidade de responder a alterações ambientais. Por exemplo, uma parede que mude de cor em função da temperatura.

Materiais nanoporosos - Materiais contendo aberturas nanométricas, usados em filtros, sensores e redes de difracção. Por exemplo, no sequencia de DNA, os materiais nanoporosos possuem aberturas minúsculas que permitem a passagem de fitas individuais de DNA.

BEM -Acrónimo de *Molecular Beam Epitaxy* (epitaxia por feixe molecular). Uma técnica usada para o crescimento de filmes finos. Ver *Epitaxia por feixe molecular*.

MEMS -Termo genérico que se refere a dispositivos eletro-mecânicos de dimensões micrométricas (do inglês *MicroElectroMechanical Systems*).

MET -Acrónimo de Microscópio Electrónico de Transmissão. Ver *Microscópio electrónico de transmissão*

Método de Czochralski -Processo para a obtenção de sólidos monocristalinos. É o método mais comum para a produção de wafers de semicondutores de grande diâmetro (por exemplo, wafers de Si de 300mm).

MEV -Acrónimo de Microscópio Electrónico de Varredura. Ver *Microscópio Electrónico de Varredura*

Microencapsulamento -Encapsulamento individual de partículas extremamente pequenas.

Microfluídica -Campo multidisciplinar que envolve física, química, engenharia e biotecnologia e estuda o comportamento de fluidos em volumes milhares de vezes menores que o de uma gota. Os componentes baseados em microfluídica formam a base dos dispositivos denominados “lab-on-a-chip”, que processam volumes da ordem de microlitros e nanolitros e permitem realizar análises com alta precisão. As técnicas de fabricação utilizadas para criar dispositivos microfluídicos são relativamente baratas, permitindo a produção em massa de dispositivos complexos. De forma semelhante à microelectrónica, a microfluídica permite a produção de dispositivos com alto grau de integração para realização de várias funções em um mesmo chip.

Microscópio de força atómica - Aparelho no qual se mede a deflexão de uma ponta que se move próxima à superfície do material. O resultado é uma imagem da superfície com resolução atómica.

Microscópio de tunelamento - Instrumento que permite a visualização de superfícies com resolução da ordem de grandeza dos átomos, através da medição da variação da corrente de tunelamento entre a ponta do microscópio e a amostra, em função da posição (x,y) da ponta, o que pode ser interpretado como a imagem da superfície.

Microscópio electrónico de transmissão - Microscópio que utiliza um feixe de electrões de alta intensidade e permite examinar objectos com grande resolução. O feixe de electrões atravessa a amostra e a imagem é projectada em uma tela fluorescente, onde se forma uma imagem, devido ao desvio dos electrões pela estrutura.

Microscópio electrónico de varredura - O microscópio electrónico de varredura é um microscópio que funciona com base em um feixe fino de electrões de alta energia incidente na superfície de um material condutor ou recoberto com filme condutor. A interacção produz a reflexão (espalhamento) de parte do feixe ou a emissão de electrões secundários; em ambos os casos, os electrões, colectados por um detector, geram a imagem.

MOCVD - Acrónimo de *Metal-Organic Chemical Vapour Deposition*. Técnica usada para o crescimento de camadas finas de semicondutores, em que ocorre a decomposição de compostos metalorgânicos próximo à superfície do substrato aquecido. Ver *CVD*.

Monómero - Molécula que pode se unir quimicamente a outros monómeros, formando um polímero. Do grego *mono* "um" e *meros* "parte".

MOSFET - Acrónimo de *Metal-Oxide-Semiconductor Transistor* (transistor de efeito de campo metal-óxido-semicondutor). Um tipo de transistor.

MWNT - Acrónimo de *Multi Walled NanoTubes* (nanotubos de paredes múltiplas).

Nanobiotecnologia - A nanobiotecnologia estuda as propriedades de nanoestruturas biológicas em escala molecular. O estudo envolve a compreensão da física e da química dos fenómenos biológicos e eventuais aplicações, manipulação e criação de dispositivos bio-nanoestruturais.

Nanocaracterização - Estudo das propriedades químicas e físicas de materiais em escala nanométrica ou atómica.

Nanocompósito - Nanomaterial composto de um ou mais materiais com características diferentes, como objectivo de aproveitar as melhores propriedades de cada um deles. Nos nanocompósitos, a carga (silicatos, metais, nanotubos de carbono, etc – de dimensões nanométricas) funciona como reforço mecânico da matriz, que é normalmente um polímero.

Nanocristal -Partícula nanométrica, composta de algumas centenas ou dezenas de átomos,dispostos ordenadamente, de acordo com uma estrutura cristalina. Como o arranjo cristalino termina na superfície do cristal, os átomos da superfície possuem menos vizinhos que aqueles do interior do cristal. O formato do nanocristal deve ser aquele que minimiza a energia livre, ou “tensão superficial”. Isso explica porque os nanocristais são estruturas compactas cuja forma se aproxima à de uma esfera, tanto quanto permitido pela ordem cristalina e o número total de átomos do nanocristal. Devido à elevada superfície de exposição, os nanocristais podem ser quimicamente muito reactivos e instáveis. Por exemplo, nanopartículas (nanocristais) de prata são muito eficazes contra micróbios. Os nanocristais podem ser usados como blocos estruturais para materiais nanoestruturados (enfoque “*bottom up*”).

Nanoelectrónica -Aplicações nanotecnológicas na área da electrónica. Tais aplicações são particularmente promissoras nos campos de memórias para armazenamento de informações, miniaturização de componentes electrónicos, nanocomputadores, sensores, etc.

Nanoescala -Escala dimensional de ordem nanométrica.

Nanolitografia -Litografia em escala nanométrica. Ver *litografia*

Nanomanipulação -Manipulação em escala atómica ou molecular, visando produzir estruturas para fins específicos.

Nanometrologia -Nanometrologia é a ciência das medições em escala nanométrica. É particularmente importante para a produção de nanomateriais e, principalmente, nanodispositivos com um grau de precisão elevado, permitindo uma implementação confiável das técnicas de nanotecnologia.

Nanorrobôs -Máquinas com dimensões nanométricas.

Nanotubos de carbono -Os nanotubos de carbono (CNT) foram observados pela primeira vez por Sumio Iijima, em 1991. Possuem uma estrutura composta por uma ou mais folhas de grafeno (ver *grafeno*), formando uma estrutura cilíndrica. Podem ter paredes simples (SWNT) ou paredes múltiplas (MWNT).

Nanotubos de paredes simples - Ver *nanotubos de carbono*.

Nanovidro - Vidro poroso; SiO₂ poroso. A porosidade criada no material permite reduzir sua constante dielétrica, k .

NEMS - Acrónimo de *Nano-electromechanical Systems*. Termo genérico que se refere a dispositivos de dimensões nanométricas. Ver *MEMS*.

NMOS - Acrónimo para *n-channel metal-oxide-semiconductor*. Por exemplo, transistor NMOS.

NMR - Acrónimo de *Nuclear Magnetic Resonance spectroscopy* (espectroscopia de ressonância magnética nuclear). Técnica usada para determinar a estrutura de moléculas. Ver *Espectroscopia de ressonância magnética nuclear*.

OLED - Acrónimo de *Organic Light Emitting Diode*. Um tipo de LED. Ver *LED*.

Parâmetro de rede - Ver *rede cristalina*

PECVD - Acrónimo de *Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition*. Processo de deposição no qual o material a ser depositado é gerado em um plasma. Ver *CVD*.

Piezoelétrico - Ver *Cristal piezoelétrico*.

PLED - Acrónimo de *Plastic Light Emitting Diode*. Um tipo de LED. Ver *LED*

Poço quântico - Junção P-N-P na qual a camada "N" tem dimensão de ~10 nm (limite entre a física tradicional e os efeitos quânticos) e em que se cria uma "armadilha" para os electrões. Se for criada uma hetero estrutura com camadas suficientemente finas, a interferência quântica começará a afectar significativamente o movimento dos electrões. A estrutura mais simples em que tal efeito pode ser observado é nos poços quânticos, que consistem em uma fina camada de semiconductor de banda estreita colocada entre camadas mais espessas de um material de banda larga.

Poeira inteligente -São dispositivos minúsculos dotados de comunicação sem fio, que servem para medir, por exemplo, luz e temperatura (entre outras coisas), para aplicações em monitoramento ambiental, saúde, segurança, etc. A “poeira” pode ser dispersa no ambiente, criando uma rede de informações úteis para controle de clima, etc.

Polímero -Macromolécula formada por uma longa cadeia de moléculas denominadas monômero. Material com alto peso molecular, composto de sub unidades que se repetem. Os polímeros podem ser orgânicos, inorgânicos ou organometálicos; sintéticos ou naturais. Ver monômero.

Polimorfismo -Capacidade de uma substância química de se cristalizar em duas ou mais formas, com diferentes estruturas, por exemplo: diamante, grafita e fulerenos são polimorfos de carbono.

Ponto quântico -Pontos quânticos são estruturas cristalinas nanométricas com capacidade de modificar a luz. Considera-se que o ponto quântico possui maior flexibilidade que outros materiais fluorescentes, tornando-o adequado a aplicações computacionais onde a luz é utilizada para processar informações. Os pontos quânticos são também chamados de transístor de um só elétron (*single electron transistor*) e bit quântico (*quantum bit*). Pode ser definido como uma partícula de matéria tão pequena que a adição de um único elétron produz alterações significativas em suas propriedades. O termo “quântico” serve para recordar que o comportamento do elétron em tais estruturas deve ser descrito em termos da teoria quântica. Os átomos são exemplos de pontos quânticos. Algumas estruturas compostas de poucas centenas de átomos também se comportam como pontos quânticos (seleneto de cádmio, nanocristais de arsenieto de gálio, clusters).

Potencial zeta -Em físico-química, o potencial zeta é medido por eletroforese. É a medida do potencial (em mV) de um colóide em suspensão, na fronteira entre a camada de Stern e a camada difusa.

PVD -Acrônimo de *Physical Vapour Deposition*. Consiste na deposição de filmes finos por meio da transferência física de material (por exemplo, evaporação térmica e sputtering), da fonte para o substrato. A composição química do material depositado não se altera durante o processo. Ver CVD.

Qubit -Termo da computação quântica análogo ao bit. Os Qubits possuem sobreposição. Ou seja, ao contrário dos bits normais, os qubits podem ser 1 e 0 ao mesmo tempo.

Química computacional -Ramo da química teórica que tem por finalidade criar programas de computador para calcular as propriedades das moléculas (por exemplo, energia total, momento do dipolo e frequência de vibração).

Quimioluminescência -Ver *luminescência*

Rede cristalina -Em cristalografia, arranjo periódico regular de átomos em um espaço tridimensional.

RHEED -Acrónimo de *Reflection High Energy Electron Diffraction*. Tipo de HEED, na qual os electrões incidem em ângulo rasante sobre a superfície a ser analisada.

Sala limpa -Espaço fechado, com elevado grau de limpeza e, possível controlo de humidade e temperatura. Utilizado na fabricação de semicondutores. O grau da sala limpa é definido em termos de partículas por pé cúbico, p.ex: Classe 10 = máximo de 10 partículas (superiores a 0,5 microm) por pé cúbico.

SAM -Acrónimo de *Scanning Auger Microscopy* (Microscopia Auger)

Semicondutor do tipo n -Semicondutor no qual a concentração de electrões é maior que a concentração de lacunas; e a corrente é transportada principalmente pelos electrões.

Semicondutor do tipo p -Semicondutor no qual a concentração de lacunas é maior que a concentração de electrões; e a corrente é transportada principalmente pelas lacunas.

Sílica nanoporosa -Ver *nanovidro*

SIMS -Acrónimo de *Secondary Ion Mass Spectroscopy* (Espectroscopia de massa de íons secundários). Ver *Espectroscopia de massa de íons secundários*.

Spintrónica -Dispositivos electrónicos cujo funcionamento se baseia no spin dos electrões. Ao contrário da electrónica convencional, que se baseia no número e na energia das cargas (e cujo desempenho é limitado pela velocidade e dissipação), a spintrónica se baseia na direcção

dos spins e no acoplamento eletrónico, permitindo maior velocidade com menor consumo de energia.

Sputtering -Técnica usada para depositar filmes finos sobre um substrato. Baseia-se na aplicação de uma elevada tensão eléctrica a um gás sob baixa pressão, de forma a gerar um plasma de electrões e íons. Os íons atingem um alvo constituído do material a depositar, arrancando átomos do mesmo e fazendo com que se depositem sobre o substrato.

Sputtering reactivo -Processo de deposição por sputtering no qual o material ejetado do alvo reage quimicamente com outros elementos presentes na mistura gasosa, formando um composto a ser depositado sobre o substrato. Por exemplo, o sputtering de Si em um plasma contendo oxigénio resulta na deposição de SiO₂.

STM -Acrónimo de *Scanning Tunneling Microscope* (microscópio de tunelamento). Ver *Microscópio de tunelamento*

Super-rede -As super-redes metálicas artificiais são filmes finos com várias camadas, produzidos por meio da deposição alternada de dois elementos por técnicas de deposição a vácuo ou sputtering. Diversos elementos e compostos podem ser usados para produzir super-redes e a gama de propriedades resultantes depende tanto das redes individuais como da interacção entre elas.

SWNT -Acrónimo de *Single Walled Nanotubes* (nanotubos de paredes simples).

TEM -Acrónimo de *Transmission Electron Microscope* (microscópio electrónico de transmissão). Ver *Microscópio electrónico de transmissão*.

Textrónica -Termo formado a partir de “Têxtil” e “Electrónica”. Refere-se a novos tecidos criados a partir da re-engenharia nanoelectrónica (“tecidos inteligentes”), com propriedades como mudar de cor ou reagir ao frio ou calor.

Top down -Consiste na fabricação de pequenos componentes a partir da utilização de objetos maiores como ferramentas, laser, etc. Antónimo de *Bottom Up*.

Tribologia -Estudo dos fenómenos de atrito, desgaste e lubrificação entre duas superfícies.

Tunelamento electrónico, tunelamento de electrões -Passagem de electrões através de uma barreira que, de acordo com os princípios da mecânica clássica, não poderia ser transposta. Um exemplo de tunelamento é a passagem de um electrón através de uma fina camada isolante colocada entre dois supercondutores. O tunelamento é um efeito da mecânica quântica, que não pode ser explicado pela teoria clássica.

UPS -Acrónimo de *Ultraviolet Electron Spectroscopy*. Método para caracterização de materiais, baseado na emissão de fotoelectrões de um sólido por meio de irradiação por luz ultravioleta.

XPS -Acrónimo de *X-Ray Photoelectron Spectroscopy*. Método de análise usado para determinar a composição química de superfícies sólidas. A análise se baseia na determinação da energia dos electrões emitidos pelo sólido em consequência de sua irradiação com raios-X monocromáticos.

XRF -Acrónimo de *X-Ray Fluorescence* (fluorescência de raios-X). Método usado para determinar a composição química de sólidos. Ver *Fluorescência de raios-X*.

Anexo 2 - Lista de Termos

Aerogel	Aerogel
Aerosol, aerossol	Aerosol
AFM	AFM, Atomic force microscope
APCVD	APCVD
Auto montagem	Self-assembly
BioMEMS	BioMEMS
Biomimética	Biomimetics
BioNEMS	BioNEMS
Biopolímero	Biopolymer
Biosensor	Biosensor
Bit quântico	Quantum bit
Bottom Up	Bottom Up
Buckyball	Buckyball
Catálise heterogênea	Heterogeneous catalysis
Catálise homogênea	Homogeneous catalysis
Célula de combustível	Fuel cell
Cirurgia celular	Cell surgery
Cirurgia Molecular	Molecular surgery
CMOS	CMOS
Colóide	Colloid
Compósito	Composite
Computador quântico	Quantum computer
Confinamento quântico	Quantum confinement
Constante de Planck	Planck's constant
Co-polimerização	copolymerization
Cristal fotônico	Photonic crystal
Cristal piezoelétrico	Piezoelectric crystal
CVD	CVD, Chemical Vapour Deposition
Defeito de Frenkel	Frenkel defect
Defeito de Schottky	Schottky defect

Defeitos cristalinos	Crystal defects
Dendrímero	Dendrimer
Diamantóide	Diamondoid
Difração de raios-X	X-ray diffraction
Direcionamento de drogas	Drug delivery
Dispositivo microfluídico	Microfluidic device
EBL	EBL
EELS	EELS
Efeito de campo	Field effect
Eléctron Auger	Auger electron
Eletrónica molecular	Molecular electronics
Elipsometria	Ellipsometry
Emissão de campo	Field emission
EPCVD	EPCVD
Epitaxia	Epitaxy
Epitaxia por feixe molecular	MBE, Molecular Beam Epitaxy
Espectrômetro de massa	Mass spectrometer
Espectroscopia AES	AES spectroscopy
Espectroscopia Auger	AES spectroscopy
Espectroscopia Raman	Raman spectroscopy
Falha de empilhamento	Stacking fault
Ferrofluido	Ferrofluid
Filme fino	Thin film
Fio quântico	Quantum wire
Física quântica	Quantum physics
Fluorescência de raios-X	XRF, X-ray Fluorescence
Fotoluminiscência	Photoluminescence
Fulereo	Fullerene
Grafeno	Graphene
Grafita	Graphite
Grafite	Graphite

HEED	HEED
IBL	IBL, Ion Beam Lithography
Junção p-n	p-n junction
Junções	Junctions
Lacuna	Vacancy
Laser de excímero	Excimer laser
LCD	LCD, Liquid Crystal Display
LCVD	LCVD
LED	LED, Light Emitting Diode
Lei de Moore	Moore's Law
Liga com memória de forma	Shape Memory Alloy
Lipossoma	Liposome
Litografia	Lithography
Litografia por feixe de electrões	Electron beam (e-beam) lithography, EBL
Litografia por feixe de íons, Litografia por feixe iónico	Ion Beam Lithography
LPCVD	LPCVD
Luminescência	Luminescence
Magnetron sputtering	Magnetron sputtering
Materiais inteligentes	Smart Materials
Materiais nanoporosos	Nanoporous materials
MBE	BEM, Molecular Beam Epitaxi
MEMS	MEMS, Microelectro Mechanical Systems
MET	TEM, Transmission Electron microscope
Método de Czochralski	Czochralski method
MEV	SEM, Scanning Electron Microscope
Microencapsulamento	Microencapsulation
Microfluídica	Microfluidics
Microscopia Auger	SAM
Microscópio de força atómica	AFM, Atomic force microscope
Microscópio de tunelamento	STM, Scanning Tunneling
MOCVD MOCVD,	Metal-Organic Chemical Vapor Deposition

Monômero	Monomer
MOSFET	MOSFET
Nanobiotecnologia	Nanobiotechnology
Nanocaracterização	Nanocharacterization
Nanocompósito	Nanocomposite
Nanocristal	Nanocrystal
Nanoelectrónica	Nanoelectronics
Nanoescala	Nanoscale
Nanolitografia	Nanolithography
Nanomanipulação	Nanomanipulation
Nanometrologia	Nanometrology
Nanorrobô	Nanobot, nanorobot
Nanotubos de carbono	Carbon nanotubes
Nanotubos de paredes simples	Single-walled carbon nanotubes (SWNT)
Nanovidro	Nanoglass
NMOS	NMOS
OLED OLED,	Organic LED
Parâmetro de rede	Lattice constant
PECVD	PECVD
Piezoelétrico	Piezoelectric
PLED	PLED
Poço quântico	Quantum well
Poeira inteligente	Smartdust
Polímero	Polymer
Polimorfismo	Polymorphism
Ponto quântico	Quantum dot
Potencial zeta	Zeta potential
PVD	PVD
Qubit	Qubit
Química computacional	Computational chemistry
Quimioluminescência	Chemiluminescence

Rede cristalina	Lattice
Reparo Molecular	Molecular repair
RHEED	RHEED
Sala limpa	Cleanroom
Semicondutor do tipo n	n-type semiconductor
Semicondutor do tipo p	p-type semiconductor
Sílica nanoporosa	nanoporous silica
SIMS	SIMS, Secondary Ion Mass Spectroscopy
Spintrônica	Spintronics
Sputtering	Sputtering
Sputtering reativo	Reactive sputtering
STM	STM, Scanning tunneling microscope
Super-rede	Superlattice
Textrônica	Textronics
Top down	Top Down
Tribologia	Tribology
Tunelamento electrónico,	electron tunneling tunelamento de electrões
UPS	UPS
Visor de cristal líquido	LCD, Liquid Crystal Display
XPS	XPS

Anexo 3 – Questionário

<https://docs.google.com/forms/d/1KxfqXJ7BsQZXgF0PSBuTpoINTyUWLfsT6mJJ0pg-Ug/viewform>