



PROGRAMAS DE NANOTECNOLOGIAS NAS ENGENHARIAS

Bianca D. G. Marion – biancamarion@hotmail.com

Nasser M. Hasan – nasser.hasan@sj.unisal.br
Centro Universitário Salesiano do Estado de São Paulo
Av. Almeida Garret, 267, Jd. Nossa Senhora Auxiliadora
13087-290 – Campinas – São Paulo

Resumo: *É estimado que aproximadamente dois milhões de trabalhadores especializados em nanotecnologia serão necessários mundialmente até 2015 (ROCCO, 2002). Isso representa um desafio e oportunidade especial para reestruturar o ensino e o currículo em todos os níveis, incluindo conceitos de nanotecnologia e norteando a força de trabalho científica e técnica para o século 21. No presente artigo, serão apresentados os principais esforços já desenvolvidos para melhorar o ensino de engenharia que guiará a integração da nanotecnologia nos currículos de graduação. Desta forma, serão expostos os cursos disponíveis nos Estados Unidos da América, Reino Unido, Japão, Alemanha, Coreia do Sul e Austrália, dando ênfase à deficiência de cursos existentes no Brasil, país este que, em razão da necessidade de crescimento econômico e melhora na qualidade da mão de obra, deve investir no ensino da nanotecnologia e nanociência por abrir inúmeras oportunidades no desenvolvimento de novos produtos e materiais, além de proporcionar maior motivação aos alunos na conclusão dos cursos de graduação.*

Palavras-chave: *Nanotecnologia, Engenharia, Nanociência, Educação*

1. INTRODUÇÃO

Nanotecnologia, que pode ser definida como um campo multidisciplinar e interdisciplinar da ciência e tecnologia que trabalha com estruturas na dimensão do nanômetro (<100nm), tem se mostrado cada vez mais presente no desenvolvimento de novos produtos e processos industriais (SCHULZ, 2013).

A manipulação de partículas em tamanho nanométrico abriu inúmeras oportunidades para o desenvolvimento de novos produtos e materiais, levando a criação de medicamentos, materiais, sistemas de energia, desenvolvimento de aplicações para agricultura e novas soluções baseadas na apropriação do conhecimento da nanotecnologia que irá melhorar substancialmente a qualidade de vida sobre a saúde, riqueza e segurança (AIRI, 2006).

A aplicação da nanotecnologia tem um enorme potencial para influenciar o mundo em que vivemos. De bens de consumo, eletrônicos, computadores, informação e biotecnologia, a defesa aeroespacial, energia, meio ambiente e medicina, todos os setores da economia serão profundamente afetados pela nanotecnologia (UDDIN & CHOWDHURY, 2001). A



nanotecnologia está oferecendo oportunidades sem precedentes para as comunidades de pesquisa e tecnologia para a criação de materiais e dispositivos com propriedades personalizadas que têm o potencial para revolucionar muitos aspectos da nossa vida diariamente (CONDREN *et al.*, 2002).

Com esse mercado promissor, muitas empresas, universidades e a sociedade de todo o mundo estão se esforçando para o desenvolvimento da nanociência e nanotecnologia. Isto mostra que, estudar as disciplinas que serão utilizadas no desenvolvimento de estratégias para encorajar os estudantes de cursos de graduação na área de engenharia é de grande importância para o cenário tecnológico nacional e global, pois gerarão recursos para pesquisas e trabalhos futuros em ciência e tecnologia, incluindo o treinamento de recursos humanos. É importante ressaltar que poucos estudos têm sido realizados no Brasil, a fim de avaliar a influência dos conceitos de nanociência e nanotecnologia em cursos de graduação, devido ao baixo número de cursos de graduação encontrados no país que se dedicam ao ensino da nanotecnologia.

Nesse artigo, será apresentada uma revisão de várias universidades nos Estados Unidos da América, Reino Unido, Austrália, Alemanha, Coreia do Sul, Japão e Brasil que estão inserindo a nanotecnologia em seus currículos. O objetivo deste artigo é estudar os cursos de nanoengenharia e avaliar como a inclusão da nanotecnologia está interferindo positivamente no aprendizado nesses polos tecnológicos. Após o estudo, as interferências foram consideradas positivas o suficiente para possibilitar o ensino de nanotecnologia em cursos de engenharia e o desenvolvimento de polos tecnológicos, a fim de aumentar o número de empresas nanotecnológicas.

1.1. Motivação

Define-se nanotecnologia, que é um dos assuntos que tem despertado muito interesse na comunidade científica atualmente, como a tecnologia desenvolvida na escala do nanômetro, sendo que um nanômetro (1nm) é igual à bilionésima parte do metro (0,000000001m).

A *National Nanotechnology Initiative* (NNI), Iniciativa Nacional de Nanotecnologia, que é um programa federal dos Estados Unidos de pesquisa em ciência, engenharia e desenvolvimento tecnológico em nanoescala define nanotecnologia como (POHLMANN & GUTERRES, 2008):

- a) O entendimento e controle da matéria e processos em nanoescala, tipicamente, mas não exclusivamente, abaixo de 100 nanômetros em uma ou mais dimensões, onde o aparecimento de fenômenos dependentes da dimensão normalmente permite novas aplicações;
- b) Utiliza as propriedades de materiais em nanoescala que diferem das propriedades dos átomos individuais, moléculas e do volume da matéria, para criar melhores materiais, dispositivos e sistemas que exploram essas novas propriedades.

A nanotecnologia está revolucionando o mundo com muitos processos, produtos, conhecimentos e geração de recursos humanos, podendo ser considerada do ponto de vista de inovação como uma “plataforma tecnológica” (ALVES, 2013). Segundo alguns analistas financeiros, o mercado mundial de nanotecnologias em 2015 será de US\$ 2,84 trilhões de dólares (SEERS *et al.*, 2009), trazendo grandes expectativas para o desenvolvimento de países e indústrias nos mais variados setores produtivos.

Há uma grande necessidade de trabalhadores na área de nanotecnologia e as universidades americanas, como a Universidade de Albany, a Universidade da Califórnia e a Universidade Tecnológica de Louisiana já incluíram nos cursos tópicos de nanotecnologia. Há



uma forte tendência das universidades americanas expandirem os cursos de nanoengenharia em todas as áreas e para todas as universidades americanas. O mesmo foi implantado em universidades na Coréia e no Japão, entre outros países. No Brasil, há somente três cursos de graduação - Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Universidade Pontifícia Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio) e Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) - focados em nanotecnologia, além de uma iniciativa a ser divulgada sobre nanotecnologia no ensino médio, o projeto Meninas e Jovens Fazendo Ciências Exatas, Engenharias e Computação. Esta iniciativa pode despertar o interesse dos alunos para a área de exatas e, conseqüentemente, contribuir para aumentar o número de estudantes nos cursos de engenharia.

O propósito deste artigo é mostrar que incentivar os alunos a entrarem nos cursos de graduação em engenharia e manter os estudantes que já estão no curso é importante, mas a inserção da nanotecnologia e nanociência nos currículos pode contribuir para motiva-los a estudar as matérias de matemática, física e química, e assim, diminuir a evasão destes cursos. Além disso, são necessários investimentos em equipamentos, tais como microscópio de força atômica, microscópio eletrônico de varredura, entre outros que são imprescindíveis para acelerar o interesse de cada indivíduo e que, por outro lado, podem levar ao desenvolvimento de projetos muito interessantes em engenharia.

2. METODOLOGIA

A metodologia adotada neste artigo é, inicialmente, a realização de uma pesquisa bibliográfica das universidades que tem cursos de educação em engenharia com ênfase em nanotecnologia ou que de alguma forma estão iniciando uma estratégia para a integração da nanotecnologia nos currículos de graduação nos Estados Unidos da América, Reino Unido, Austrália, Alemanha, Coréia do Sul, Japão e Brasil.

Através dessa pesquisa e dos dados apresentados nesse artigo, será possível observar o impacto das nanotecnologias nas engenharias e na educação de profissionais mais competentes que serão capazes de desenvolver habilidades para a criação de novas tecnologias para o mercado mundial. Ações em diferentes países são realizadas para que os alunos se sintam motivados a ingressar no ensino da engenharia e se graduar nos que estão inscritos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A educação e treinamento de uma nova geração de profissionais podem ser listados como o principal desafio para o desenvolvimento da nanotecnologia. Com o objetivo de que a educação se torne concreta, deve ser introduzido em todos os níveis, de cientistas a não técnicos, pesquisas de percepção que possam auxiliar na decisão do uso dessa tecnologia e no seu financiamento. Em 2002, foi estimada a influência do mercado de nanotecnologia, onde dois milhões de trabalhadores seriam necessários nos 10-15 anos seguintes, com quase 50% da demanda localizada nos Estados Unidos, seguidos pelo Japão, Europa, Ásia-Pacífico (excluindo o Japão) e em outras regiões, respectivamente (ROCCO, 2002).

Apesar da crescente necessidade de engenheiros, nos últimos anos, uma sucessiva evasão de alunos dos cursos de engenharia tem sido vista. Esse fenômeno pode ser observado devido ao aumento do interesse em cursos de gestão e da dificuldade encontrada pelos alunos



na aprendizagem de matemática, física e química (SACONI, 2013), isto é, a falta de preparação com que eles entram na faculdade. Nos Estados Unidos é possível observar a falta de motivação para que os alunos se mantenham no curso devido à falta de prática nos primeiros anos (SACONI, 2013). Através da inserção de módulos de nanotecnologia nas engenharias, é possível fazer com que os estudantes se sintam motivados (ROSEN, 2009) na tentativa de desvendar os mistérios dos avanços científicos, se interessando na entrada e permanência.

No Brasil, os números são alarmantes, a Confederação Nacional da Indústria (CNI) reportou que a evasão média entre 2001 e 2011 foi de 55,59%, mostrando que, apesar do número de vagas ter mais do que triplicado neste período, os alunos abandonam o curso e não recebem o diploma de engenharia. O país precisa formar, para 2020, 95 mil engenheiros por ano para sustentar um crescimento econômico anual de cerca de 4% (um aumento de 2,5% exigiria mais de 70.000 engenheiros por ano), de acordo com um estudo publicado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) (JORNAL DA CIÊNCIA, 2012).

Em relação às taxas de evasão encontradas no Brasil, é importante notar que o país tem 2,48 engenheiros por 100.000 habitantes. No Japão, a proporção é de 17 por 100 mil, e nos Estados Unidos é de 9,5 por 100 mil habitantes. Estes números tornam mais evidente a escassez de profissionais que o Brasil está enfrentando (MILENA, 2013).

O *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE), Instituto de Engenheiros Elétricos e Eletrônicos, fez várias iniciativas para motivar os alunos, como o *IEEE Women* e o *WE SNAP KIDS*. O *Institute for Chemical Education* (ICE), Instituto para a Educação Química, e o *Boys and Girls Clubs* (B&GC), Clube dos Meninos e Meninas, do Condado de Dane, localizado no estado de Wisconsin, criou o programa *SCIENCountErs* para inspirar e motivar um público diversificado de futuros cientistas e engenheiros (SCIENCountErs). Com este projeto, houve a criação de kits para motivar os estudantes a participar do projeto. Para alunos da quarta a oitava série, utilizaram uma camiseta com um desenho que fica colorido quando a temperatura muda ou um jogo de tabuleiro onde os jogadores se tornam líderes de um novo país. Esses líderes são desafiados a tomar decisões a respeito do uso das nanotecnologias e nanomateriais para a expansão industrial, aplicações militares, segurança econômica e pesquisa científica básica, enquanto mantém um alto nível de aprovação dos cidadãos do país. Além disso, implantaram no *Discovery Center Museum* em Rockford, Illinois, em 25 de Outubro de 2012, o *Carbon Playground*, Parque de Carbono, que se tornou o primeiro lugar do mundo onde as crianças podem experimentar a estrutura em nível atômico do carbono subindo e se movendo por ela. Todas essas medidas têm como principal objetivo encorajar o estudo da engenharia (ICE, 2012).

O governo japonês passou por uma reforma no sistema do segundo Plano Básico de Ciência e Tecnologia (2001-2006) e removeu o controle direto do governo nas universidades tornando-as "agências de administração independente". Isso foi feito com o objetivo de aumentar a autonomia e responsabilidade, introduzir uma maior diversidade e permitir a formação dos melhores profissionais para competir internacionalmente. Como resultado, houve um surto no número de *spin-offs* na universidade, isto é, um aumento na quantidade de novas empresas originadas a partir de um grupo de pesquisa da universidade. Para promover a transferência de tecnologia, as *Technology Licensing Organizations* (TLOs), Organizações de Licenciamento de Tecnologia, foram criadas nas universidades. O Japão tem força de investigação no desenvolvimento de instrumentação. A pesquisa está focada principalmente



em nanomateriais, como por exemplo, a aplicação de materiais de nanocarbono no campo da energia, meio ambiente, TI e ciências biomédicas (ANAND *et al.*, 2009).

Para um programa coordenado e responsável de pesquisa e desenvolvimento (P&D) em nanotecnologias, a Europa tem delineado e adotado uma abordagem integrada, segura e responsável. A estratégia adotada visa identificar e abordar todos os fatores - de pesquisa, infraestrutura, educação, patentes, inovação, segurança e comunicação - para empregar com êxito essa tecnologia emergente. A Comunidade Europeia desenvolveu e adotou em 2008 um código de conduta para a nanociência baseado em sete princípios que abrangem questões como sustentabilidade, precaução e responsabilidade. Também convida os Estados membros a tomar medidas para promover o desenvolvimento seguro e uso das nanotecnologias entre universidades, institutos de pesquisa e empresas (ANAND *et al.*, 2009).

No Brasil existem poucas ações para proporcionar incentivos para que os estudantes se matriculem em cursos de engenharia, mas estão motivando o ensino de matérias como matemática, física e química no ensino médio através de medidas como as Olimpíadas de Matemática que, atualmente, atrai 20 milhões de alunos, diminuindo o tempo gasto no primeiro ano do curso de graduação para fornecer a base a estes alunos (AL-HAIK *et al.*, 2010). De uma forma mais específica, há uma iniciativa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), em parceria com a Petrobras. O nome do projeto é "Meninas e Jovens Fazendo Ciências Exatas, Engenharia e Computação". Neste projeto, jovens mulheres são encorajadas a entrar nessas áreas cujos cursos em sua maioria têm um público masculino (CNPq, 2013), mas que devido à inserção das mulheres acabam sendo reforçados. À medida que a visão de mundo é diferente entre os dois públicos, há uma diversidade de pensamentos e ações, e em alguns pontos as mulheres estão levando vantagem por serem mais organizadas e, por vezes, ainda mais concentradas.

A forma didática para promover o interesse dos alunos de engenharia é através da integração de matérias no curso, tal como a inserção das nanotecnologias, que é um assunto atual e que tem influenciado o cenário científico. É importante educar na graduação de engenharia enraizando as disciplinas tradicionais com os avanços das nanotecnologias e as formas com que as disciplinas de engenharia serão afetadas no futuro. Órgãos governamentais, indústrias e universidades devem tomar providências para alocar recursos adicionais para o desenvolvimento do corpo docente na área de nanotecnologias (UDDIN & CHOWDHURY, 2001).

A engenharia pode tirar proveito do poder da computação moderna e do aumento do uso de simulação computacional e experimentação em laboratórios virtuais. Um benefício adicional dessa tendência é a sua capacidade de compensar os custos cada vez mais proibitivos dos equipamentos de laboratório, embora a tendência seja principalmente motivada pelo reconhecimento de que a realidade obtida pelo design virtual e pela simulação computacional irá desempenhar papel cada vez mais importante na engenharia do futuro (ROSEN, 2009). O aprendizado interativo deve ser a marca da educação nanotecnológica. A tecnologia pode desempenhar um papel fundamental no sentido de facilitar a aprendizagem interativa, tanto dentro como fora da sala de aula. Os alunos podem participar de projetos para o desenvolvimento de pesquisas em nanotecnologias e experimentos laboratoriais de todo o mundo através da Internet (UDDIN & CHOWDHURY, 2001).

A ciência e engenharia em nanoescala fornecem um ponto de encontro para as disciplinas com as mesmas estruturas de materiais básicos, princípios e ferramentas de investigação, e estimula uma pesquisa mais fundamental e a educação (ROCCO, 2001).



Currículos de engenharia devem incluir quantidades e tipos de material-técnico apropriados, como matemática, ciências e design e ciências de engenharia, e melhorar continuamente para manter a relevância, eficácia e, quando aplicável, a acreditação. Necessita também de um ambiente bem conservado, incluindo pessoal para suporte adequado, laboratórios bem equipados e instalações de informática (ROSEN, 2009).

A primeira inserção das nanotecnologias em cursos de graduação no mundo ocorreu na Universidade de Flinders (Austrália) em 2000 e eles tiveram o cuidado de analisar que as nanotecnologias é um campo muito amplo, abrangendo química, física, biologia, matemática, engenharia, entre outros, sendo assim, como seria possível ensinar os alunos em 4 anos de bacharelado? Alternativamente, outros pesquisadores propuseram a utilização de cursos de menor duração, como um curso de partida para familiarizar os estudantes com o conceito das nanotecnologias (AL-HAIK *et al.*, 2010).

As experiências de Al-Haik *et al.* (2010), opinião publicada de um estudante e experiências de outros educadores de engenharia e ciências mostram que eles são todos a favor da introdução de módulos práticos experimentais. Por exemplo, um grupo da Universidade de Nevada-Reno realizou um experimento para promover as nanotecnologias/microtecnologias para salas de graduação e pós-graduação em campos relacionados à tecnologia de microscopia de varredura por sonda (SPM) (AL-HAIK, 2010). Outro exemplo é Polla *et al.* (1994), que trouxe a prática na fabricação sistemas microeletromecânicos (MEMS) para os currículos de graduação.

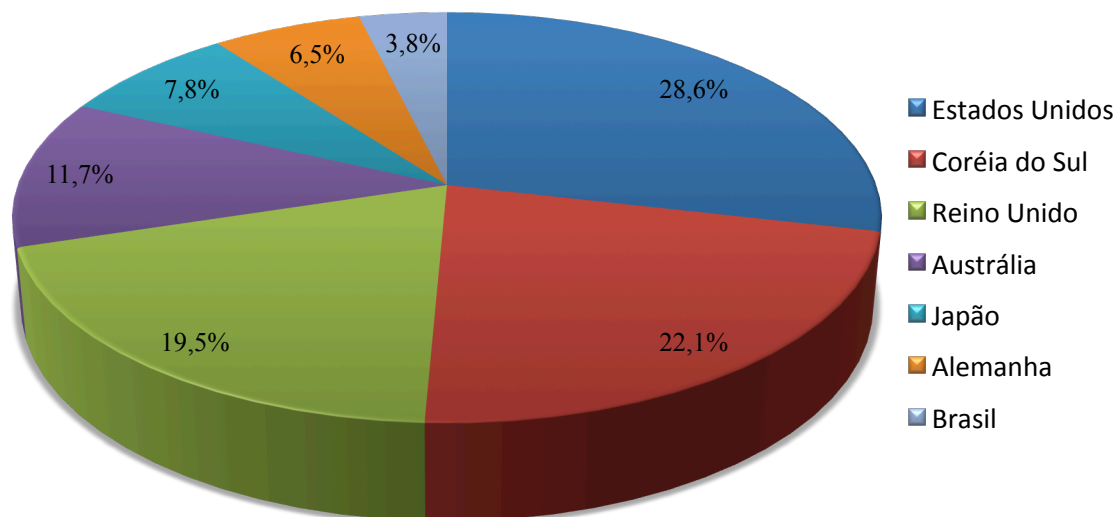
A maioria das literaturas citadas compartilha a visão da *National Science Foundation* (NSF), Fundação Nacional de Ciência, "... Adicionar perspectivas de nanoescala ao ensino leva a uma melhor compreensão fundamental, compartilhando conceitos e cursos semelhantes em várias disciplinas e áreas de relevância (combinando a "profundidade" da nanociência com a "respiração" de todas as áreas afetadas), e acessibilidade mais ampla para ciência e tecnologia". Os autores Al-Haik *et al.* (2010) expõe o que tem sido feito nos currículos dos cursos de engenharia mecânica e civil da Universidade do Novo México (UNM). Nessa universidade foi adicionado um novo componente as aulas desses dois cursos básicos, a ciência dos materiais que visa introduzir aos alunos aspectos particulares das nanotecnologias. O reforço sobre esses temas foi planejado por experimentos práticos que utilizassem a infraestrutura de nanotecnologias existente na UNM. Estes cursos de descoberta são pré-requisitos para um curso adicional recém-desenvolvido na área teórica, fabricação e caracterização de nanossistemas/dispositivos. Este curso também tem um componente laboratorial onde os alunos fabricam nanossistemas/dispositivos utilizando o método da sala limpa (AL-HAIK *et al.*, 2010).

A educação em nanotecnologias e sua consciência impactaram mais de 10.000 estudantes de graduação e professores nos Estados Unidos em 2005 (ROCCO, 2007). Alterações sistêmicas estão preparando para a educação, introdução precoce da nanociência e inversão da "pirâmide da ciência", com a compreensão da unidade da natureza da nanoescala desde o início (ROCCO, 2003). A *Network for Nanotechnology in Society*, Rede de Nanotecnologias na Sociedade foi criada em setembro de 2005, com quatro nodos na Universidade do Estado do Arizona, Universidade da Califórnia, Universidade da Carolina do Sul e a Universidade de Harvard. A rede aborda tanto no curto prazo como no longo prazo as implicações sociais das nanotecnologias e seu engajamento público (ROCCO, 2007).

Uma pesquisa bibliográfica foi realizada para analisar a situação de algumas potências tecnológicas em relação aos seus investimentos na educação nanotecnológica dentro dos

centros universitários. Os países pesquisados foram os Estados Unidos da América, Reino Unido, Japão, Austrália, Alemanha, Coréia do Sul e Brasil. No Gráfico 1 são apresentados o número de cursos de nanoengenharia e sua área de aplicação. É importante mencionar que os cursos que são de nanociências e nanotecnologias não foram mencionados e que, no período em que a pesquisa foi elaborada, procurou-se realizá-la da maneira mais completa, porém, podem haver universidades com o curso de nanoengenharia que não foram citadas até a finalização deste artigo.

Gráfico 1 - Cursos de Nanoengenharia e Cursos com Influência das Nanotecnologias nos Estados Unidos, Reino Unido, Japão, Austrália, Alemanha, Coréia do Sul e no Brasil.



Nos Estados Unidos foram catalogados 22 cursos, isto é, 28,6% do total de cursos encontrados. Este país tem uma maior concentração de cursos de nanoengenharia do que os outros países (4), bem como cursos em outras áreas da engenharia nas quais foram adicionadas matérias de nanotecnologias tanto para complementar o currículo, como para promover um maior interesse dos alunos. Dentre os cursos onde ocorreram estas interações, pode-se citar a engenharia elétrica (5), mecânica (4), química (2) e molecular (1).

A segunda maior concentração está na Coréia do Sul, onde foram computados 17 cursos (22,1%), porém nenhum deles é especificamente de nanoengenharia, tendo um grande acúmulo de cursos de diferentes áreas da engenharia envolvendo-se com nanomateriais (6). No Reino Unido acontece o mesmo, porém existem 15 cursos (19,5%) que se distribuem entre diversas áreas, como: engenharia biomédica, mecânica, química, entre outras.

A Austrália, Japão e Alemanha tem uma concentração menor de cursos, isto é, no primeiro país são encontrados 9 deles (11,7%), seguidos por 6 (7,8%) no segundo e 5 (6,5%) no terceiro. Na Austrália e no Japão também não foram encontrados cursos somente de nanoengenharia, mas a contribuição da nanotecnologia para o enriquecimento do curso e motivação dos alunos. Na Alemanha, foi encontrado um curso de nanoengenharia e os outros cinco encontrados, se distribuem de forma variada.



Já no Brasil, a realidade é outra, somente 3 cursos (3,8%) estão disponíveis, sendo que dois deles tratam da nanoengenharia e o outro de física com ênfase em materiais e nanotecnologia.

Considerando que em países como os EUA, onde a importância do desenvolvimento profissional já foi estudada, por ser vista como a chave para recuperar o déficit encontrado a cada ano no mercado. O progresso da tecnologia e seu impacto na economia também foram monitorados. Portanto, há uma maior preocupação na criação de cursos específicos de graduação em nanoengenharia, tais como *Jacobs School of Engineering*, Escola de Engenharia Jacobs (San Diego, Califórnia) - UCSD - onde tal programa entrou em vigor no outono de 2010, visando proporcionar uma formação multidisciplinar em nanotecnologias e nanociência, mas fazendo uma conexão com o conhecimento de engenharia. A motivação dos estudantes é feita através de exemplos de sucesso, como é o caso do professor Joseph Wang que foi nomeado um dos 100 cientistas analíticos mais influentes do mundo, segundo a revista *The Analytical Scientist*. Ele é professor da USDC e chefe do laboratório de nanobioeletrônica, que tem atualmente 30 pesquisas nas áreas de nanomáquinas, nanosensores, eletroquímica e química analítica. O ex-aluno da UCSD (Bacharel em Ciências, Mestre em Ciências, PhD.), Dr. Joshua Windmiller, e um graduado do laboratório de Wang, desenvolveram e agora estão comercializando tatuagens imprimíveis que medem os biomarcadores presentes no suor humano. A empresa startup, *Electrozyme*, foi cofundada com mais dois membros e um conselho consultivo, que consiste em sete profissionais, divididos entre engenharia, negócios e áreas científicas e médicas, com o objetivo de orientá-los na tomada de decisões.

A Universidade de Washington (UW), localizada em Seattle, tem uma iniciativa interessante para incluir as nanotecnologias no currículo dos alunos que estão estudando engenharia. Nos cursos de engenharia química, bioengenharia, engenharia elétrica, ciência e engenharia de materiais e engenharia mecânica, o estudante tem a opção de se inscrever em nanociência e engenharia molecular, um curso dividido em cinco blocos, dos quais três são voltados para a área de pesquisa, um para a introdução em nanotecnologias geral e outra voltada à área relevante ao curso exposta de forma atual e específica. Através dessa interação, os alunos são motivados a realizar pesquisas em diversas áreas de acordo com o curso em questão para que se apresentem no Simpósio UW de Pesquisa Anual de Graduação, como é o caso do estudante Eric Do que desenvolveu uma combinação de ARVs com base em nanopartículas como uma eficaz estratégia para a prevenção do HIV.

Em Swansea, a segunda maior cidade do País de Gales, no Reino Unido, há a *Swansea University Prifysgol Abertawe*, que oferece o curso de engenharia eletrônica com nanotecnologias. Logo na descrição do curso, a universidade instiga o estudante a adquirir conhecimento através da pesquisa e desafio, o que deixa claro o perfil de estudantes que eles querem, mostrando o amplo escopo do curso, que varia de um simples leitor de MP3 a um enorme acelerador de partículas CERN na Suíça. A universidade tem os equipamentos necessários para o aprendizado e manipulação de nanopartículas no Laboratório de Nanotecnologia, contando também com um Laboratório de Eletrônica.

A Universidade de Tóquio (Japão), que oferece o curso com a matéria de engenharia de precisão de sistemas nano e micro mecânicos, tem uma iniciativa que pode adicionar os mesmos avanços. Dentro de sua estrutura há o Instituto de Engenharia de Inovação onde as pesquisas são realizadas divididas entre o Departamento de Estudos Estratégicos, Departamento de Projetos, Centro de Pesquisa em Nanoengenharia e Centro de Ciência



Fotônica. Cada um desses grupos busca inovações para as áreas que estão inseridos, como o Departamento de Estudos Estratégicos, que desenhou um novo complexo de transição de metal para as transformações eficiente de moléculas catalíticas e que desenvolve uma nova metodologia para a construção de esqueletos moleculares úteis. Todos os projetos são baseados no conceito de catálise e engenharia de reação.

Verifica-se que muitas iniciativas estão sendo tomadas em todo o mundo, principalmente nos países desenvolvidos, onde o grau de interesse em pesquisas e investimentos em educação tem uma maior influência sobre o crescimento e destaque do país em meio ao cenário global. Nos EUA há uma maior abrangência de cursos, pois são encontrados tanto de forma mais específica, ou seja, como nanoengenharia, como interagindo em cursos de engenharia química, mecânica, entre outros. Já no Reino Unido, Japão e Austrália não foram encontrados durante a pesquisa, cursos específicos de nanoengenharia, apenas a sua contribuição em outras áreas da engenharia.

No Brasil, o tema nanotecnologia ainda é novo, uma vez que existem apenas três universidades que tratam desse assunto. Em uma delas, a Universidade Federal do Rio de Janeiro (URFJ), o curso de Engenharia em Nanotecnologias surgiu em 2010, dividido em três ênfases: bionanotecnologia, física e materiais. O curso universitário tem a duração de quatro anos e matérias como cálculo, física, química e biologia, assim como duas específicas em nanotecnologia são oferecidas. Para garantir um aluno com diferentes áreas do conhecimento, o currículo exige que o aluno faça estágios rotativos em todas as áreas. A outra universidade é a Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), que oferece o curso com uma grande fixa, oferecendo como últimas disciplinas semestrais o Gerenciamento para Engenheiros, Introdução à Economia para Engenheiros e Ética Profissional, mostrando que a abordagem interdisciplinar vista em outros países está sendo aplicada, de forma que um maior conhecimento de outras áreas será necessário para aumentar o *know-how* dos alunos que vão entrar no mercado. Na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), o curso é de física com ênfase em materiais e nanotecnologia que tem como objetivo central, preparar os alunos para trabalhar em pesquisa e no ensino em instituições de ensino superior, centros de pesquisa e no setor industrial, que mantém centros de pesquisa, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias.

Pode-se destacar no Brasil, a iniciativa feita pelo SENAI (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial) do estado de São Paulo. Esta instituição de educação profissional, a fim de promover um maior interesse dos alunos do ensino fundamental e médio, assim como técnico e tecnólogo, desenvolveu a escola móvel "NanoMundo". Neste projeto, foram adquiridos equipamentos como: microscópio eletrônico de varredura, microscópio de força atômica, analisador de tamanho de nanopartículas e uma nanolitografia, para que os alunos possam aprender de maneira prática como funciona o mundo nanotecnológico (HASAN; SENAI, 2012). De acordo com o superintendente do SESI-SP e diretor regional do SENAI-SP, Walter Vicioni, os alunos tem uma iniciação do tema em sala de aula e visitam a escola móvel para fazer alguns experimentos (DIAS; CAMARGO, 2012).

No país não há nenhum curso técnico e existem alguns cursos de pós-graduação voltados para a área de pesquisa. Isto mostra que no Brasil há uma necessidade de se investir em nanotecnologia e nanociência desde o ensino fundamental até a pós-graduação.



4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em vista dos argumentos apresentados, pode-se afirmar que a nanotecnologia é um tema que tem atraído muita atenção global. Sua introdução no currículo de engenharia, uma profissão de extrema importância para o desenvolvimento econômico do país, será um grande avanço tanto para a educação quanto para o crescimento dos alunos que serão qualificados para o exercício da profissão do futuro (nanoengenharia).

A pesquisa mostrou que muitos cursos de nanoengenharia foram abertos em universidades de grandes potências mundiais, como Estados Unidos, Reino Unido, Austrália, Japão, Alemanha e Coréia do Sul, e que, através da apropriação dos currículos de engenharia, é possível ampliar a forma de educar. Em contrapartida, no Brasil tem sido feitos poucos investimentos para que a introdução da nanotecnologia ocorra, tanto que somente três universidades do país estão explorando esta matéria, mas, devido a sua proporção e importância, estão sendo realizadas outras medidas para que abranja outros níveis de ensino.

Agradecimentos

Os autores são gratos ao Centro Universitário Salesiano de São Paulo (UNISAL), Campus São José e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) por seu Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC).

5. REFERÊNCIAS

AIRI, Nanotec IT. **Roadmaps at 2015 on nanotechnology application in the sectors of: materials, health & medical systems, energy.** Itália, jan. 2006. Disponível em: <<http://www.iva.se/upload/Verksamhet/Projekt/Nano/internetionellt/EU%20Nano%20Roadmaps%20SYNTHESIS.pdf>> Acesso em: 25 fev. 2014.

AL-HAIK, M., LUHRS, C., LESEMAN, Z & TAHA, M. R. **Introducing Nanotechnology to Mechanical and Civil Engineering Students Through Materials Science Courses.** Journal of Nano Education, 2, p. 13–26, 2010.

ALVES, O. L. **Nanotecnologias: Elas Já Estão Entre Nós.** Revista Ciência e Cultura. São Paulo, v. 65, n. 3, p. 22-23, 2003.

ANAND, M., BALAKRISHNAN, M., BATRA, V. & DAS, P. **Review of international nanotechnology developments and policy concerns.** The International Development Research Centre, Canadá, 2009.

CNPq. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. **Chamada Nº 18/2013 MCTI/CNPq/SPM-PR/Petrobras - Meninas e Jovens Fazendo Ciências Exatas, Engenharias e Computação.** 2013. Disponível em: <http://www.cnpq.br/web/guest/chamadas-publicas?p_p_id=resultadosportlet_WAR_resultadoscnpqportlet_INSTANCE_0ZaM&idDivulgacao=4341&filtro=abertas&detalha=chamadaDetalhada&id=47-227-2064> Acesso em: 19 Dez. 2013.



CONDREN, S. M., BREITZER, J. G., PAYNE, A. C., ELLIS, A. B., WIDSTRAND, C. G., KUECH, T. F. *et al.* **Student-centered, Nanotechnology-enriched Introductory College Chemistry Courses for Engineering Students.** *Int. J. Engng Ed*, 18, p. 550-556, 2002.

DIAS, F.; CAMARGO, T. **Unidades móveis de nanotecnologia do SENAI-SP são atração na Bienal do Livro.** 2012. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/noticias/unidades-moveis-de-nanotecnologia-do-senai-sp-sao-atracacao-na-bienal-do-livro/>> Acesso em: 19 mai. 2014.

HASAN, N. M; SENAI, Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. Portal da Indústria. **Unidades móveis do SENAI levam conhecimento a brasileiros.** 2012. Disponível em: <<http://www.senaimt.com.br/site/mostra.php?noticia=9211>> Acesso em: 19 mai. 2014.

ICE. **Institute for Chemical Education.** 2012. Disponível em: <<http://ice.chem.wisc.edu/>> Acesso em: 13 Jan. 2014.

JORNAL DA CIÊNCIA. **Força-tarefa para formar engenheiros qualificados.** 2012. Disponível em: <<http://www.jornaldaciencia.org.br/Detalhe.jsp?id=84073>> Acesso em: 02 Nov. 2013.

MILENA, L. **Brasil tem déficit de oferta de engenheiros.** 2013. Disponível em: <<http://jornalgggn.com.br/blog/luisnassif/brasil-tem-deficit-de-oferta-de-engenheiros>> Acesso em: 25 Nov. 2013.

POHLMANN, A. R. & GUTERRES, S. S. **Fórum de Competitividade em Nanotecnologia - Relatório GT Marco Regulatório 08/2010.** p. 1. Disponível em: <http://www.desenvolvimento.gov.br/arquivos/dwnl_1283535420.pdf> Acesso em: 15 Ago. 2013.

POLLA, D. L., ROBBINS, W. P., GLUMAC, D. E., FRANCIS, L. F., & ERDMAN, A. G. **An undergraduate instructional course on microelectromechanical systems fabrication.** *Proceedings of the IEEE Frontiers in Education Twenty-fourth Annual Conference*, p. 297–301, 1994.

ROCCO, M. C. **Nanotechnology - Frontier for Engineering Education.** *Int. J. Engng*, 18, p. 488-497, 2002.

ROCCO, M. C. **Converging science and technology at the nanoscale: opportunities for education and training.** *Nature Biotechnology*, 21, p. 1247-1249, 2003.

ROCCO, M. C. **National Nanotechnology Initiative - Past, Present, Future.** *Handbook on Nanoscience, Engineering and Technology*, 2nd ed. 2007.

ROSEN, M. A. **Engineering Education: Future Trends and Advances.** *Proceedings of the 6th WSEAS International Conference on Engineering Education*, p. 44-52, 2009.



SACONI, A. **Universidade dos EUA lança curso de engenharia com prática nos primeiros anos para combater evasão.** 2013. Disponível em: <<http://noticias.r7.com/educacao/noticias/universidade-dos-eua-lanca-curso-de-engenharia-com-vivencia-pratica-nos-primeiros-anos-para-combater-evasao-20130805.html>> Acesso em: 02 Nov. 2013.

SCIENCountErs. **University of Wisconsin-Madison & Institute for Chemical Education.** Disponível em: <<http://sciencounters.chem.wisc.edu/>> Acesso em: 13 Jan. 2014.

SCHULZ, P. **Nanotecnologia: Uma História um Pouco Diferente.** Ciência de Hoje, Out. 2013, p. 26-29.

SEERS, K., PETERSEN, A. & BOWMAN, D. **The Social and Economic Impacts of Nanotechnologies: A Literature Review,** 2009. Disponível em: <http://www.innovation.gov.au/Industry/Nanotechnology/NationalEnablingTechnologiesStrategy/Documents/SocialandEconomicImpacts_LiteratureReview.pdf> Acesso em: 19 Fev. 2012.

UDDIN, M. & CHOWDHURY, A. R. **Integration of Nanotechnology into the Undergraduate Engineering Curriculum.** Anais: International Conference on Engineering Education, Oslo: Norway, 2001.

NANOTECHNOLOGY IN ENGINEERING PROGRAM

Abstract: *It is estimated that about 2 million nanotechnology workers will be needed worldwide until 2015 (ROCCO, 2002). This presents a special challenge and opportunity to restructure teaching and curricula at all levels to include nanotechnology concepts and nurture the scientific and technical workforce of the 21st century. In the present paper we will present the major efforts to improve the engineering education that have guided the integration of nanotechnology into undergraduate's curricula. In addition, we will show the courses available in the United States, United Kingdom, Japan, Germany, South Korea and Australia, confronting the deficiency of courses found in Brazil, this country that, because of the need for economic growth and improved quality of labor, must invest in the education of nanotechnology to open numerous opportunities to develop new products and materials, as well as providing greater motivation to students at the conclusion of undergraduate courses.*

Key-words: *nanotechnology, engineering, nanoscience, education*