

Nanociência e Nanotecnologia: Do debate público à sala de aula

Nanoscience and Nanotechnology: From the public debate to the classroom

André Ary Leonel

Programa de Pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica, UFSC
profandrefsc@yahoo.com.br

Rafaela Samagaia Lamy-Peronnet

Programa de Pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica, UFSC
rafaela.lamy@yahoo.fr

Resumo

O desenvolvimento científico dos últimos anos tem contado com avanços em um campo do conhecimento que modificou a escala a partir da qual percebemos o mundo: trata-se da nanociência. Portadora de grandes promessas e preocupações na mesma medida, ela vem sendo reconhecida como um tema que precisa ser discutido o mais amplamente possível e que, portanto, tem seu lugar na escola. De grande envergadura e natureza interdisciplinar, a nano como ficou conhecida, caracteriza-se na Europa pelas inúmeras polêmicas que suscita. Como enfrentar mais este desafio? Neste artigo, procurou-se a inspiração e o suporte de uma ferramenta de diálogo imaginada fora do ambiente escolar. A partir dela, desenvolveu-se um jogo cuja estratégia procura possíveis soluções aos principais problemas que podem ser enfrentados pelo professor, garantindo informação de qualidade e autonomia na busca pela Alfabetização Científica e Técnica dos estudantes.

Palavras chave: nanociência, nanotecnologias, percepção pública da ciência, instrumento didático, Alfabetização Científica e Técnica

Abstract

The scientific development of recent years has changed the scale through which we perceive and understand the world. It's because of a «new» scientific field calls nanoscience. Bearer of great promises and worries in an equal measure, it has been recognized as a powerful agent to change the future. A high-level and widespread scientific knowledge with interdisciplinary nature surround by numerous controversies. We argue that it's necessary to bring it to the classrooms but how to face this challenge? In this article, we found inspiration and support in a special tool constructed to promote dialogue about science outside school. Taking this special game as a start point, we propose solutions to the main problems faced by teachers interested in discuss recent, complex and controversial science with young people, providing all-inclusive activities to work with.

Key words: nanoscience, nanotechnologies, public perception of science, teaching tool, Scientific and Technical Literacy

Nanociência e Nanotecnologia: Do debate público à sala de aula

O contexto de produção deste trabalho

O presente artigo foi produzido a partir do trabalho final da disciplina “Tópicos Atuais de Ciência e Tecnologia”, ministrada pelos professores José André Peres Angotti e Frederico Firmo de Souza Cruz, no segundo semestre de 2012, no doutorado do Programa de Pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica da Universidade Federal de Santa Catarina (PPGECT / UFSC). Originalmente, o trabalho continha duas partes: um longo artigo propondo uma reflexão sobre a nanociência, a nanotecnologia e sua inclusão no curriculum do ensino formal e um instrumento didático, materializando uma sugestão de como fazê-lo em classes do Ensino Médio. Apresenta-se aqui uma síntese dos argumentos avançados nestes dois textos.

Nanociência e nanotecnologias

No sentido mais estrito, nano é uma medida. O 10^{-9} metros. Assim

“a nanociência é o estudo dos fenômenos e a manipulação de materiais na escala atômica, molecular e macromolecular onde as propriedades são significativamente diferentes daquelas em uma escala maior; e nanotecnologia é o design, caracterização, produção e aplicação de estruturas, dispositivos e sistemas através do controle do tamanho e da forma na escala nanométrica.” (Royal Society and Royal Academy of engineering, 2004, p. vii tradução nossa)

“Como o termo ‘nanotecnologia’ engloba uma grande quantidade de ferramentas, técnicas e aplicações potenciais, decidimos nos referir a ‘nanotecnologias’ no plural neste relatório” (Royal Society and Royal Academy of engineering, 2004, p.79, tradução nossa)

Esta definição aparentemente simples, contempla duas informações de grande relevância quando se trata de compreender o mundo nanoscópico. A primeira delas é a modificação do comportamento dos materiais. Trata-se de mudanças súbitas das propriedades de um elemento, oriundas unicamente da redução da escala em que se está operando. O que era inerte pode passar a ser reativo, o que antes era reativo potencializa-se ou modifica a natureza da reação provocada: um isolante pode tornar-se condutor, por exemplo, como é o caso do ouro¹. O segundo é que a nanociência designa objetos de qualquer natureza, orgânicos ou não, metálicos ou não, vivos ou não, construídos ou não. O critério a ser respeitado é a porção considerada que deve ser 50.000 vezes menor do que a espessura de um fio de cabelo. Este novo campo do conhecimento contém assim um caráter intrinsecamente interdisciplinar, que não enxerga as fronteiras das áreas científicas tradicionais. Tais definições contribuem fortemente na compreensão do porque a nanociência e as nanotecnologias que dela emanam, correspondem, segundo alguns autores, a um novo modo de fazer ciência. (BENSAUDEVINCENT, 2009)

¹ O conjunto das características dos objetos na escala nano bem como a descrições das explicações científicas atribuídas a estes fenômenos pode ser encontrada em muitas bibliografias. Entre elas, sugerimos SCHULZ Peter «O que é a Nanociência e para que serve a Nanotecnologia?» Revista Física na escola V.6 N°1, 2005 (disponível em www.sbfisica.org.br/fne/Vol6/Num1/nano.pdf); CHAVES A., VALADARES E., ALVES E. Aplicações da Física Quântica do transistor à nanotecnologia, Livraria da Física, São Paulo, 2005

E se a presença de nanopartículas no ambiente não é um fato novo (na cinza produzida pela combustão da madeira, por exemplo, existe uma grande quantidade delas), a possibilidade de manipular, selecionar, copiar, detectar e produzir em pequena ou grande escala e segundo nossos próprios interesses é bastante recente. É a partir deste momento que surgem as possibilidades de utilização planejada e os problemas decorrentes deste uso. A nanotecnologia é chamada assim à trazer novas respostas aos maiores desafios do século XXI: remédios mais eficazes, miniaturizações dos circuitos, soluções baratas para velhos problemas como a falta de água potável ou o fim dos combustíveis fósseis, etc... Mas ela evoca também muitos receios. E as polêmicas acumuladas sobre a temática são de ordem científica, mas também epistemológica, ideológica e social e nasceram quase ao mesmo tempo que a própria nanociência. A manipulação de elementos invisíveis, a mudança súbita de comportamento de materiais, as dúvidas e questionamentos advindos dos próprios cientistas e finalmente, o histórico de omissões e meias verdades assinadas por cientistas e pelo poder público que fazem parte da memória recente da Europa.

Os primeiros debates sobre nanotecnologia surgem com a aparição de uma obra de ficção / divulgação / antecipação científica. Trata-se de «Engines of creation: the coming era of nanotechnology» publicado em 1986. O autor, Kim Eric Drexler, é na época um brilhante estudante do Massachusetts Institut of Technology (MIT) cuja competência foi reconhecida com o prestigioso prêmio de melhor publicação científica do ano de 1992 pela Associação dos Editores Americanos². O texto inicia-se com explicações dos princípios básicos que fundamentam as nanotecnologias. Na sequência, de modo clarividente e respeitando estritamente o limite dos possíveis científicos, o autor descreve cenários de futuro. Todas as possibilidades são exploradas, espiando pela porta entreaberta do espírito visionário de um cientista. Entre os cenários imaginados, muitos são assustadores e alguns, que antes pareciam improváveis, já são hoje uma realidade.

E este não foi o único livro de ficção que contribuiu com a propagação das inquietações. O mais impactante deles é «A presa»³, de Michael Crichton. O autor, conhecido pelo sucesso do roteiro que deu origem à série Jurassic Park, foi também diplomado pela Harvard Medical School, pesquisador visitante em Cambridge e pós-doutor pela Salk Institute for Biological Studies. Nesta obra, o cientista é mostrado como um aprendiz de feiticeiro que cria tanto os problemas quanto as soluções que envolvem sempre novos problemas. Ela deu origem ainda a um inusitado pedido de cautela à ciência, vindo de um personagem bem mais real: o Príncipe Charles. Em 2003, ele manifestou publicamente suas preocupações quanto ao desenvolvimento das nanotecnologias.⁴ E se uma tal intervenção pode parecer anedótica aos ouvidos de brasileiros, ela possui outra amplitude nos arredores do canal da mancha. Um membro do alto escalão da realeza britânica que sai da sua reserva secular para manifestar uma preocupação, é ouvido pela imensa maioria dos cidadão. Principalmente quando ele não é o único a fazê-lo.

Do ponto de vista científico, nenhum pesquisador que conheça razoavelmente a nanociência deixará de assumir as grandes promessas e os riscos ligados a ela. Mihail Roco, um dos articuladores mais conhecidos da área, principal responsável pelo lançamento do programa americano considerado como sendo pioneiro na unificação e potencialização das pesquisas nesta escala, assume publicamente e sem meias palavras que *«entre todas as nanopartículas, existem algumas que são perigosas, só ainda não sabemos quais. Por isso é preciso investir,*

² DREXLER K. E. "Nanosystems: Molecular Machinery, Manufacturing and Computation" A. Willey interscience publication 1992

³ CRICHTON M. Presa Rio de Janeiro, Rocco, 2002

⁴ cf. Actualités Scientifiques au Royaume-Uni, mai 2003, p.32

*inclusive para que se possa realizar estudos de toxicologia. Tradução nossa*⁵. A Agência Francesa de Segurança Sanitária no Trabalho (AFSSET), também tornou público em outubro de 2008, um relatório onde estima «*não ser possível ignorar os riscos à saúde do homem e ao meio ambiente associados às nanotecnologias. Tradução nossa*»⁶ A agência recomenda assim que seja respeitado o Princípio de Precaução em primeira linha no que tange os trabalhadores dos laboratórios e das indústrias. Na mesma direção, mas muito mais severa, foi a manifestação de duas das mais tradicionais sociedades científicas do mundo. A Royal Society uniu-se à Royal Academy of engineering para lançar um amplo estudo e um relatório sobre o assunto publicado em 2004. Um comitê científico de renome internacional assina um longo texto onde se apresenta e avalia o campo de pesquisa. A principal recomendação que dele emana é que enquanto não existirem mais certezas sobre os riscos (amplitude e origem) é preciso evitar, tanto quanto possível, a liberação de nanopartículas no meio ambiente. E quando isso não puder ser feito, que tais descargas sejam tratadas como lixo tóxico. (Royal Society and Royal Academy of engineering, 2004, p.85). A comissão aponta ainda para a necessidade de criação de um centro interdisciplinar direcionado aos aspectos tóxicos, epidemiológicos, de permanência e bio-acumulação de nanopartículas manufaturadas e nanotubos no meio ambiente. Além disso, evidencia a necessidade de pesquisas capazes de produzir uma metodologia apropriada e os instrumentos necessários para monitorar o comportamento destes novos elementos no meio ambiente. Em resumo, este relatório pede a não comercialização ou consumo de produtos contendo nanopartículas ou produzidos a partir das nanotecnologias. Segundo a interpretação de alguns autores, isso equivaleria a imposição de uma moratória, que mantivesse apenas pesquisas destinadas a desenvolver o conhecimento «intra laboratório» até que se saiba mais sobre o impacto destes produtos na saúde humana e no meio ambiente. Apesar disso, sabe-se que uma grande quantidade destes produtos contendo nanopartículas estão disponíveis para consumo no mundo todo. Na maior parte dos países como no Brasil, eles não são objeto de nenhuma restrição ou regulamentação.

Em um outro registro, o governo francês criou junto a Comissão Nacional do Debate Público (CNDP) um comitê para discutir nanociência e principalmente nanotecnologias com a população. Uma série de eventos exclusivamente dedicados a este assunto foi organizada em 17 cidades francesas entre outubro de 2009 e fevereiro de 2010. Muitos deles não puderam ser concluídos, alguns nem mesmo começaram, por conta de intensas manifestações contrárias ao modo como foram organizados estes encontros e a falta de dialogicidade e de poder de decisão atribuído a sociedade civil.

Aqui no Brasil preocupações de mesma natureza começam a manifestar-se. Destaque deve ser dado a Rede de Pesquisa em Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente (Renanosoma), que apresenta como principal objetivo: informar, formar e discutir o assunto com cidadão interessados. Ao contrário do que foi anteriormente descrito para a Europa, são poucos os pesquisadores da área que compõem o grupo de dirigentes. O que não impede sua participação pontual em eventos por ela organizados. Um exemplo é o debate ocorrido na Câmara dos Deputados em dezembro de 2012, que contou com a participação de Adalberto Fazzio, especialista em nanotecnologia do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e da química da Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho (FUNDACENTRO) Arline Arcuri. A mesma fundação disponibiliza informativos abordando a necessidade de proteção de trabalhadores em contato com nanopartículas. Os sindicatos também vem agindo, através de demandas de mais itens de segurança e difusão de

⁵ «Bienvenue dans le nanomonde» - Épisode 4: «Nanomonde Maxitrouille» Documentário francês de Charles-Antoine De Rouvre exibido pelos canais France 5 e Arte na França, RTBF da Bélgica, UR na Suécia e TFO no Canadá.

⁶ «Les nanomatériaux - Sécurité au travail» Conclusões da AFSSET, Relatório dos especialistas

informação precisa sobre os riscos profissionais particularmente na construção civil e na indústria farmacêutica.

Para demonstrar a relevância da abordagem deste novo conhecimento junto à população em geral e, portanto, na escola, um último ponto precisa ser levantado: a onipresença da nano nos financiamentos públicos e privados da ciência atual. O tema ocupa as agendas desde dezembro de 1999, quando o congresso nacional americano aprovou o que foi chamado de «nano-iniciativa». Tal projeto teve como objetivo recuperar o potencial competitivo americano através desta nova área e angariou adeptos e investimentos como nunca antes na história dos Estados Unidos. Imediatamente, Europa e Japão tomaram medidas equivalentes em força apesar de menos expressivas em termos de financiamento. Estes três gigantes formam a locomotiva que até hoje move a ciência de modo geral e a nanociência mais especificamente.

E a expansão continua. Segundo um relatório produzido e divulgado pela Diretoria de Pesquisa da Comissão Européia (CE)⁷, dados estatísticos sobre as publicações, patentes e investimentos em nanotecnologia, deixam evidente o futuro brilhante da área nas próximas décadas (HULLMANN, 2006). A afirmação se aplicaria particularmente às tecnologias da informação e da comunicação, a eletrônica e a indústria farmacêutica. Para a autora deste estudo, a biotecnologia anterior à nanociência será totalmente obsoleta dentro de poucos anos. No Brasil, Adalberto Fazzio confirma a tendência. Ele declarou publicamente no já citado debate ocorrido em dezembro de 2012, que o mercado da nanotecnologia movimenta atualmente 250 bilhões de dólares e que a previsão é que se chegue a 2,1 trilhões em 2015. Ainda segundo ele, o Brasil tem a nanotecnologia como temática prioritária⁸.

HULLMANN (2006) fornece ainda, argumentos que corroboram a ideia de que exista também uma relação forte entre a nanociência e a produção de bens de consumo. Com base em dados de duas das maiores empresas de consultoria financeira do mundo, a Lux Research e a PriceWaterHouseCoopers, a autora demonstra que o investimento de pequenas empresas, as chamadas “start-ups” em produtos originários diretamente da nanotecnologia ao redor do mundo passou de 63 milhões de dólares em 1999 para mais de 400 milhões em 2002. Isso equivale a 500% de aumento em um intervalo de 3 anos. Em 2005, este valor estava em 450 milhões. Diferentes estudos destes consultores destacam assim a nanotecnologia como sendo uma opção bastante interessante para investidores desencantados das aplicações financeiras convencionais. A partir disto, pode-se avaliar o perfil dos empresários que investem na área: Mais grupos que visam o retorno sobre o investimento, menos proprietários individuais, visionários ou entidades filantrópicas. E não são poucos os cientistas que se inquietam com esta perspectiva.

Com este panorama geral buscou-se caracterizar a nanociência e a nanotecnologia, a fim de justificar sua entrada nos espaços de educação formal e informal. Parece razoável que uma temática tão relevante e potencialmente importante na construção do futuro, faça parte das discussões conduzidas por educadores engajados na tarefa de preparar as crianças para os novos horizontes desafiadores que deverão enfrentar nas próximas décadas.

Um jogo para facilitar o debate

Em 2008, a Comissão Européia (CE) lançou um edital do programa FP 7 (Seventh Framework Programme) endereçado a iniciativas com objetivo de promover o debate sobre

⁷ Jornal da ciência do dia 14 de dezembro de 2012 disponível em <http://www.jornaldaciencia.org.br/Detailhe.jsp?id=85393>

⁸ Jornal da ciência do dia 14 de dezembro de 2012 disponível em <http://www.jornaldaciencia.org.br/Detailhe.jsp?id=85393>

questões científicas de natureza complexa ou polêmica. Entre os muitos projetos contemplados, está a criação de um grupo cuja proposta se destaca. Trata-se do Facilitators Units Network for Debates (FUND) que reúne atores de renome internacional como o ECSITE (The European Network of Science Centers and Museums), o SISSA MEDIALAB⁹ e a NEF (New Economics Foundation). Através desta fundação, foi desenvolvida uma ferramenta interessante: o PlayDecide. Um «jogo de discussão» que tem por objetivo promover o debate de modo simples e efetivo sobre temas direta ou indiretamente associados à ciência. A atividade é direcionada ao público adulto e pensada para ser utilizada em espaços como centros e museus de ciência, prefeituras, sindicatos, associações, etc. Concretamente, o jogo dispõe de um tabuleiro, uma ficha individual que ajuda a estruturar a reflexão ao longo da partida e quatro tipos de cartas: carta de informação, de controvérsia, de desafio e de história. Durante uma partida, elas circulam segundo regras simples, trazendo informações de natureza variada que alimentam e mantêm a discussão. Após o término da partida, sugere-se que o grupo responda uma ficha simples nomeada «posicionamento político». Nela, os participantes se mostram majoritariamente favoráveis / desfavoráveis a alguns aspectos do tema discutido. Os dados desta ficha devem ser em seguida disponibilizados na plataforma do projeto, contribuindo com as estatísticas de grupos de todos os continentes. É possível assim verificar e comparar suas escolhas àquelas de outros jogadores distribuídos ao redor do mundo. Existem tendências gerais de comportamento em um mesmo país ou continente? Como minha equipe se posiciona com relação a estes padrões? E eu mesmo? Como será que outros chegaram a conclusões tão distintas?

Nanociência e nanotecnologia na escola

Entre muitos outros temas, o jogo PlayDecide aborda a nanotecnologia e sua utilização em espaços de cultura e de divulgação científica teve resultados interessantes.¹⁰ Mas a estratégia tem um inconveniente: como se trata de uma atividade pontual, não há oportunidade de continuidade e aprofundamento da discussão. Neste contexto, desenvolveu-se um instrumento didático a partir desta proposta, com o objetivo de complementá-la, ampliar o tratamento dado aos conteúdos e auxiliar os estudantes na tomada de decisão esclarecida ao longo de um processo formativo / informativo de maior duração e alcance.

No que tange o seu funcionamento, o jogo recebeu mudanças com o objetivo melhorar a dinâmica da atividade, adaptando-a ao público escolar. Além de mais jovem, os alunos diferem fundamentalmente de um grupo de adultos que por interesse próprio participa de uma atividade deste tipo. Percebeu-se assim a necessidade de criar um ritmo próprio (como o da canastra, regido pela aquisição / exclusão de cartas) para sustentar a partida. Foi ainda incorporada a possibilidade de contagem de pontos e em consequência, a caracterização de vencedores e perdedores. Fato este que não retira o caráter colaborativo da atividade graças a uma etapa preliminar e fundamental onde o trabalho é coletivo.

Ao todo, o instrumento didático contempla oito aulas organizadas em quatro encontros: 1) Apropriação - Trata-se da descoberta do jogo, do tema, das cartas e dos conteúdos nelas inscritos. Espera-se ainda nesta etapa, identificar as lacunas dos estudantes para a compreensão do material apresentado que envolve conteúdos científicos, históricos, relatos de polêmicas, etc. A partir destes dados, o trabalho prevê a preparação de um roteiro de pesquisa bibliográfica / webográfica que permita sanar o problema. 2) Pesquisa - Nesta etapa, além de informar-se, os alunos deverão contribuir com o jogo, produzindo três novas cartas que serão

⁹ Organização sem fins lucrativos, especialista da informação científica e propriedade da International School for Advanced Studies da Itália.

¹⁰ A versão completa em português do jogo pode ser obtida gratuitamente no site do projeto: www.playdecide.eu/

incorporadas ao baralho. Espera-se assim incorporar demandas de relevância local à discussão da temática 3) Jogo - Com a informação pesquisada e as novas cartas incorporadas, os grupos utilizam o jogo na realização de um campeonato entre duplas. 4) Retorno - Por fim, os conteúdos abordados ao longo de todo o processo são revistos e transformados em registro individual.

A estratégia utilizada neste instrumento didático, visa atenuar algumas dificuldades previsíveis quando se trata de abordar uma temática da envergadura das nanotecnologias na escola. A primeira delas refere-se as lacunas no conhecimento dos professores no que tange o conteúdo científico. Para paliar o problema, as atividades são integralmente sustentadas pelo jogo. As cartas trazem simbolicamente os pontos mais relevantes, que são em seguida aprofundados na pesquisa bibliográfica realizada de modo autônomo pelos estudantes. São ainda uma fonte de informação confiável, produzida e validada por uma equipe de cientistas. Ao professor, cabe acompanhar o trabalho, fazendo a mediação e orientando os jovens. Quais informações são de fato relevantes? Quais fontes são confiáveis? Espera-se ainda do professor que, utilizando seus conhecimentos prévios possa contribuir com a construção de uma compreensão dos temas pesquisados a partir das informações encontradas pela classe. As cartas enquanto fonte de informação, também correspondem a uma ajuda preciosa à uma outra dificuldade, a interdisciplinaridade das discussões da área.

Diminuindo a amplitude do papel do professor, (sem no entanto alterar sua importância), espera-se também responsabilizar os estudantes e privilegiar o trabalho coletivo e colaborativo de construção de um projeto comum à classe com vista a promover a ACT na concepção defendida por Fourez.

A versão completa do instrumento didático, que não foi ainda implementada, pode ser disponibilizada a equipes ou professores interessados em fazê-lo.

Considerações finais e quadro teórico

A referência teórica escolhida para sustentar a presente proposta é a consagrada Alfabetização Científica e Técnica (ACT) cujo principal representante é Gérard Fourez. Para o autor, trata-se de adquirir conhecimentos básicos em uma disciplina ou tema, a fim de constituir uma ferramenta de poder através da qual se possa mais facilmente atingir níveis aceitáveis de emancipação social. (FOUREZ, 1997). Segundo ele, um contexto no qual os saberes científicos procuram gerar alguma autonomia, possibilita ao aprendiz negociar suas decisões, debater e refletir sobre questões de responsabilidade face às circunstâncias concretas. A ACT encontra assim nas nanotecnologias / nanociência um terreno profícuo onde um posicionamento do tipo binário (contra / à favor) tem pouca ou nenhuma serventia. A complexidade do debate e a grande quantidade de questões científicas em aberto obriga a ponderar, optar, decidir de forma consciente sobre quais aspectos são prioritários.

Para Fourez (1997, 2003), uma pessoa alfabetizada cientificamente se caracteriza principalmente em termos de atitudes e não somente de conhecimentos. Ou seja, ela possui um entendimento geral dos fenômenos naturais básicos, interpretando as informações relacionadas com a ciência e a tecnologia dentro de um contexto social:

Uma alfabetização científica e técnica deve passar por um ensino de ciências em seu contexto e não como uma verdade que será um puro fim nela mesma. Alfabetizar técnico-cientificamente não significa que se dará cursos de ciências humanas no lugar de processos científicos. Significará sobretudo que se tomará consciência de que as teorias e modelos científicos não serão bem compreendidos se não se sabe o porquê, em vista de que e para que foram inventados (FOUREZ, 1997).

O autor reforça ainda que a ACT deve passar pelo viés individual e coletivo. Assim, a competência de uma sala de aula, de um grupo ou até mesmo da sociedade, não corresponde à soma das competências individuais, mas à maneira como estas se articulam e se complementam. Surge assim a necessidade de investimento por parte da escola, em experiências de construção coletiva e debate entre os estudantes. É através deste tipo de ação que se poderá instaurar a escuta do outro como prática corrente e a cultura da discussão, do respeito e da deliberação coletiva tanto entre especialistas, quanto entre cidadãos ou nos importantíssimos embates envolvendo os dois grupos. (FOUREZ, 2003). Esta ideia foi obstinadamente perseguida na elaboração do instrumento didático aqui descrito e fundamentou as reflexões apresentadas.

A partir desta perspectiva teórica, o presente trabalho teve como principal objetivo, contribuir com o debate sobre a abordagem de tópicos de ciência contemporânea em sala de aula. Em particular, a nanociência e a nanotecnologia, por conta da sua relevância tanto no âmbito científico quanto social. Para tanto, foi proposto um instrumento didático que descreve uma forma de se implementar esta discussão, mantendo integrados o conjunto de conhecimentos necessários para que uma temática complexa e interdisciplinar seja discutida a contento no contexto escolar.

Referências

- BENSAUDE-VINCENT E. Les vertiges de la technoscience - Façonner le monde atome par atome Paris, Éditions La Découverte, 2009
- DREXLER K. E. Nanosystems: Molecular Machinery, Manufacturing and Computation A. Willey interscience publication, 1992
- FOUREZ G., LECOMPTE V. E., GROOTAERS D., MATHY P., TILMAN F. Alfabetización científica y tecnológica. Acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias. Buenos Aires, Ediciones Colihue, 1997
- FOUREZ, Gérard. Crise no Ensino de Ciências? Investigações em Ensino de Ciências. Tradução de Carmem Cecília de Oliveira. V8(2), pp. 109-123, 2003.
- HULMANN A. (2006) «The economic development of nanotechnology - An indicators based analysis» European Commission, DG Research, Relatório disponível em <http://cordis.europa.eu/nanotechnology/>
- THE ROYAL SOCIETY AND ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING (2004) «Nanoscience and nanotechnology: opportunities and uncertainty» RS Policy document Relatório disponível em www.royalsoc.ac.uk