

## A abordagem da nanociência e nanotecnologia nos livros didáticos de Química do Ensino Médio

Vanessa Fernanda da Silveira Camara<sup>1</sup> (PG)\*, Tania Renata Prochnow<sup>1</sup> (PQ).  
vanessafquimica@gmail.com

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPGECIM) - Universidade Luterana do Brasil (ULBRA) Canoas/RS.

*Palavras-Chave: Nanociência, nanoquímica, livros didáticos.*

**RESUMO:** O presente trabalho trata de uma investigação referente à presença e apresentação do tema 'nanociência e nanotecnologia' nos livros didáticos do Plano Nacional do Livro Didático (PNLD) 2015 de Química. Esse tipo de tecnologia em poucos anos estará fazendo parte do nosso cotidiano, o que torna importante a abordagem da nanociência e nanotecnologia (N&N) nas aulas de Química, para que os alunos tenham conhecimento e também desenvolvam suas habilidades e visão crítica sobre o desenvolvimento tecnológico, bem como as suas implicações socioambientais. No trabalho é discutido o desafio que o tema representa para os educadores, pois muitas vezes esse tipo de assunto faz parte de uma atmosfera de ficção, tornando a "materialização" muito abstrata para o aluno, além da oferta de material sobre o assunto ser escassa no Brasil, o que acaba distanciando os docentes da abordagem em sala de aula.

### INTRODUÇÃO

A nanociência pode ser definida como um ramo da ciência que estuda materiais em escala nanométrica e a nanotecnologia visa a manipulação desses materiais; logo, as duas estão sempre ligadas, o que originou o termo 'N&N'. Nessa escala, os pesquisadores conseguem manipular materiais já existentes, porém com propriedades físico-químicas diferenciadas. O prefixo nano é utilizado para distinguir um submúltiplo do metro, o nanômetro (nm). Nano, é oriundo do significado das palavras gregas: anão e muito pequeno. Esta é a melhor representação de medida do tamanho das partículas de que são constituídos os nanomateriais. É cada vez mais aceito o conceito de que a diminuição de tamanho dos materiais afeta as propriedades físicas e químicas dos mesmos, consequência do aparecimento de efeitos quânticos de tamanho e de superfície. Isso garante que

[...] um material com seu tamanho reduzido à escala nanométrica pode apresentar propriedades eletrônicas, mecânicas e térmicas diferentes quando em seu estado microscópico. Outro resultado da redução do tamanho dos materiais é o aumento da área superficial, graças ao aumento significativo da quantidade de átomos superficiais quando comparado com o volume total da partícula, alterando assim, sua reatividade química. O interesse atual nos nanomateriais está baseado na exploração dessas propriedades únicas e dependentes do tamanho. (MARTINEZ & ALVES, 2013, p. 32).

Em 1959, Richard Phillips Feynman afirmou que era possível a manipulação átomo por átomo. A partir de então foi iniciada a revolução nanotecnológica, de acordo com Medeiros et al (2006). Em 1981 foi inventado o microscópio de varredura por tunelamento por pesquisadores da *International Business Machines* – IBM – seguido pela primeira publicação de um artigo científico sobre nanotecnologia. Os primeiros nanotubos de carbono com diâmetros uniformes foram desenvolvidos em 1996, mas descobertos desde 1991. Esses nanotubos podem atuar como condutores ou semicondutores, com uma vasta gama de aplicações, desde a indústria farmacêutica

até a eletrônica. Em 2005 uma empresa japonesa disponibilizou ao mercado consumidor uma máquina de lavar louças em que a distribuição de água era baseada na nanotecnologia, ou seja, distribuía as gotículas de água em nanoescala e dessa forma aumentava a economia de água e energia; em 2006 a nanotecnologia já era apresentada ao mercado consumidor alemão, por meio de um produto de limpeza.

A nanotecnologia começou a se desenvolver no Brasil a partir de 2001, buscando desenvolvimento tecnológico aliado às inúmeras aplicações de nanoestruturas nas mais diversas áreas e produtos. Muitas expectativas, principalmente na área médica e desenvolvimento de fármacos, são depositadas na nanotecnologia, ao passo que a comunidade científica acredita que a nanotecnologia não é perigosa, pois convivemos há séculos com nanoestruturas e nanopartículas que se formam naturalmente como:

[...] vulcões e rochas que fabricam nanopartículas de prata e outros elementos, como ouro e ferro, isso demonstra que as nanopartículas apenas aparentam ser algo novo em nossa história. Nanopartículas de prata são produzidas naturalmente pelo fungo *Fusariums*, que vive no solo onde há prata. Esse metal é muito reativo e tóxico para esse microorganismo, o fungo sobrevive graças a um mecanismo de defesa, ou seja, ele expelle nanopartículas de prata encapadas com uma camada de proteína, revestimento que confere à nanopartícula inúmeras características como maior estabilidade; atualmente é possível promover o crescimento desse fungo em laboratório, entre as aplicações está, por exemplo, o tratamento do câncer ou de doenças causadas por infecções microbianas [...]. (SILVA, 2015, p. 58)

Também é referido o uso de nanotecnologia pelos romanos, como por exemplo, em vitrais de igrejas e no cálice de Licurgo, este último, quando reflete a luz parece verde, mas ao transmitir a luz (de dentro para fora), parece vermelho. Esse efeito acontece devido à mistura de sais de ouro adicionados ao vidro derretido, o que resulta em partículas nanométricas de ouro, que influenciam na absorção e transmissão da luz. Os egípcios faziam uso de nanopartículas metálicas em suas maquiagens, que atuavam no controle antimicrobiano. Atualmente, a maior aplicação da nanotecnologia está associada aos computadores. Processadores e placas de vídeo contêm vários nanocomponentes.

A nanofabricação pode ser realizada por meio de duas técnicas: *top-down* e *bottom-up*. A primeira é feita a partir de materiais grandes, por meio de processos físicos como a moagem ou trituração. A segunda é realizada por meio de processos físicos ou químicos, nos quais a estruturação ocorre através da manipulação de unidades muito pequenas, como átomos ou moléculas. Futuramente poderá ser utilizada radiação ionizante para sintetizar nanoestruturas, técnica ainda em desenvolvimento (SILVA, 2015). Apesar de toda a tecnologia envolvida, sabe-se que a produção em escala industrial de nanopartículas pode trazer consequências não previstas, comparadas à produção natural. A N&N que pode ser utilizada tanto para fins benéficos ao ser humano quanto para fins bélicos e contaminações biológicas em massa. O capitalismo privilegia o lucro, não será diferente com os produtos nanotecnológicos. Segundo Valadares (2005), a nanotecnologia vai modificar nossa visão sobre o mundo. Atuará no modo em que vivemos, desde a interação com o meio ambiente até o funcionamento de estruturas de organismos vivos. Nesse contexto se insere a necessidade de trabalhar aspectos bioéticos aliados às N&N.

Apesar de o Brasil liderar as pesquisas em N&N na América Latina, muito pouco é divulgado para quem está fora dos círculos acadêmico e científico. Martins e Braga (2007) ressaltam que para que o sucesso da nanociência ocorra como fator de

desenvolvimento antropológico e social, ela deve ser tratada de maneira interdisciplinar e abordada nos currículos universitários. Contudo, o ensino brasileiro reflete alunos necessitados de instrução na área tecnológica e professores carentes desses saberes. No mundo, os Estados Unidos, União Europeia e Japão, são responsáveis por cerca de 90% dos capitais, sejam públicos ou privados, investidos em nanotecnologia, conforme Martins e Braga (2007), e há divulgação e incentivo às pesquisas nanocientíficas.

Como forma de divulgação científica, a abordagem em sala de aula das aplicações concretas da N&N auxilia na contextualização e busca pela desmistificação da tecnologia aplicada às ciências e ao cotidiano da sociedade. O professor possui alguns exemplos onde já ocorre a utilização de nanoestruturas como nos protetores solares, nos quais as nanopartículas de dióxido de titânio atuam como poderosas absorvedoras de radiação ultravioleta (em versões anteriores nas quais as partículas de TiO não eram tão pequenas, ocorria a reflexão da radiação e como consequência a aparência cosmética não era agradável); desodorantes com partículas de prata, que atuam como bactericidas; hidratantes, que têm alto potencial para uso de nanopartículas, pois são facilmente absorvidos pela pele, o exemplo mais comum é no tratamento anti-idade e na área da saúde, nos quais os nanocristais de sulfeto de cádmio (CdS) e sulfeto de zinco (ZnS) são usados na localização precisa de tumores, devido à sua luminescência duradoura e intensa (PEREIRA et al, 2010).

A inclusão desse tipo de tecnologia em nossas vidas é inevitável e em poucos anos estará fazendo parte do nosso cotidiano. Nessa perspectiva, torna-se importante a abordagem da nanociência e nanotecnologia (N&N) nas aulas de Química, para que os alunos tenham conhecimento e também desenvolvam suas habilidades e visão crítica sobre o progresso tecnológico, bem como de suas implicações socioambientais. Oportunizar aos estudantes conhecimentos sobre ciências da natureza e tecnologia pode ser um componente determinante para o desenvolvimento crítico do indivíduo; mais do que aprender química, os estudantes precisam ser pessoas socialmente ativas e que se posicionem frente a problemáticas que podem ser consequências de ações humanas (MORTIMER, 2002; CHASSOT, 2006).

Espera-se que o livro didático esteja presente na rotina escolar para suprir as necessidades dos alunos quanto a assuntos atuais relacionados às disciplinas. No final da década de 90, os livros começaram a passar por modificações, porém, sabe-se que os livros didáticos são reinterpretados pelos professores, os quais inserem sua história de vida, concepções e cultura escolar nas quais estão inseridos. (ABREU et al, 2005). Atualmente, muitas coleções apresentam além de conteúdos estruturados em uma ordem específica, textos que relacionam ciência, tecnologia e sociedade, tornando a ciência integrada com a vida do ser humano e não como algo distante e inacessível.

## **METODOLOGIA**

Neste trabalho foi feita uma investigação referente à presença e apresentação do tema N&N nos livros didáticos do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) 2015 de Química. Para tanto, foram analisadas as quatro coleções apresentadas pelo Guia de Livros Didáticos: Coleção 1 – Química: Martha Reis Marques da Fonseca; Coleção 2 – Química Ser Protagonista: Murilo Tissoni Antunes; Coleção 3 – Química Cidadã: Wildson Luiz Pereira dos Santos e Gerson de Souza Mól (Org.); Coleção 4 – Química: Eduardo Fleury Mortimer e Andréa Horta Machado.

O objetivo do PNLD é disponibilizar as coleções aos professores da área específica de cada escola pública de Ensino Médio para apreciação, por conseguinte, a

coleção escolhida pelos professores é distribuída aos alunos. Cada escola tem a liberdade de optar pela coleção de sua preferência dentre aquelas disponibilizadas pelo programa do governo. Portanto, os livros que foram objetos de análise nesse trabalho foram distribuídos no ano letivo de 2015.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As coleções do PNLD 2015 foram analisadas integralmente, ou seja, do primeiro ao terceiro volume, pois todas as obras estão organizadas em três volumes. As buscas no material didático foram realizadas acerca da presença de material textual referente à nanotecnologia e nanociência.

### Coleção 1 – Química: Martha Reis Marques da Fonseca

Segundo a descrição do PNLD 2015, a obra apresenta, em cada unidade, um tema relacionado a questões ambientais e sociais, a partir do qual propõe assuntos-chave para o estudo dos conceitos químicos expostos na coleção. Os três volumes dessa coleção são compostos por 320 páginas cada um.

Não foi observada nenhuma abordagem diretamente ligada à nanoquímica ou à nanotecnologia, porém, foram observados textos de divulgação química na mídia, vinculados aos assuntos tratados em cada unidade, considerados boas oportunidades de contextualizar com os alunos. Especialmente no terceiro volume é salientada a questão do consumo (in) sustentável.

### Coleção 2 – Ser Protagonista: Química: Murilo Tissoni Antunes

Conforme a descrição do PNLD 2015, além do desenvolvimento conceitual, habilidades, atitudes e valores também são preocupações da coleção, que propõe atividades práticas ou teóricas que levam os alunos a comparar, descrever, opinar, julgar, visando à formação para a cidadania. O volume 1 apresenta 320 páginas, o volume 2, 304 páginas e por fim, o terceiro volume é composto por 280 páginas.

Analisando a obra foi possível perceber que nos três volumes há a inserção de textos ao final de cada capítulo com o tema CTS. Dentro dos capítulos há a associação de pequenos textos que trabalham a interdisciplinaridade dos assuntos que estão sendo estudados, porém o termo N&N, de forma específica, não aparece na obra.

### Coleção 3 – Química Cidadã: Wildson Luiz Pereira dos Santos e Gerson de Souza Mól

Iniciando pelo posicionamento do PNLD referente à obra, o programa se refere aos livros como atuantes no desenvolvimento e exercício da cidadania dos estudantes, que são considerados como sujeitos ativos na construção de conhecimento, bem como na aprendizagem significativa em Química. Os volumes são organizados em unidades e capítulos e os três possuem 320 páginas.

Após a investigação, foi concluído que a coleção trabalha temas pertinentes ao conceito CTS nos três volumes. No terceiro volume, o oitavo capítulo: '*Modelo Quântico*' levanta a questão da mudança de visão de mundo sob a influência da quântica e instiga os estudantes sobre a nanotecnologia no texto 'Química teórica e nanotecnologia: perspectiva para um mundo novo'. O texto, que possui quatro páginas de extensão, reflete como a nanotecnologia entrou em ascensão – associação de

modelos teóricos da Mecânica Quântica e de computadores, além do microscópio de tunelamento – e o que significa o termo “nano”; realiza uma abordagem de como os produtos nanotecnológicos podem ser utilizados em inovações e auxiliar na resolução de problemas e cura de doenças. Nas considerações finais é refletida a questão da ética e nanotoxicidade. O texto é bastante pertinente ao nível de ensino proposto e esclarecedor porque traz a origem da palavra ‘nanotecnologia’, muitas vezes desconhecido. Afora que aborda as possibilidades de inserção cotidiana da N&N e suas implicações nos âmbitos moral e lesivo, ainda motivos de estudo e discussão na área tecnológica.

#### Coleção 4 – Química: Eduardo Fleury Mortimer e Andréa Horta Machado

Os livros que compõem essa obra são estruturados em capítulos, que, segundo o PNLD 2015, tratam de temas considerados fundamentais para a construção de uma base conceitual que possibilite uma visão ampla, interdisciplinar e contextualizada da Química. O primeiro volume é composto por 320 páginas, o segundo volume por 288 páginas e o terceiro volume, por 320 páginas.

Foi observado que a coleção tem um forte apelo ao desenvolvimento sustentável da Química. A obra é bem contextualizada, tem muitos textos de apoio nos quais são bem trabalhadas as relações da química com o cotidiano. Porém, em nenhum dos três volumes da coleção é abordada a questão nanotecnológica.

A partir das análises realizadas, percebe-se a conveniência de uma abordagem atual, de maneira a colocar em evidência a interdisciplinaridade, nesse caso em destaque para os conceitos de CTSA – Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente – para uma possível associação com N&N (TEDESCO et al 2007; SIQUEIRA-BATISTA et al, 2009). É clara a orientação dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o enfoque CTS em sala de aula, atualizado com as questões ambientais, tão urgentes atualmente. Lisingen et al (2007) apresenta a perspectiva CTSA, que visa o desenvolvimento mais humano, na qual os alunos estejam mais próximos e sejam protagonistas da construção dos conhecimentos. O modelo CTSA contribui para o desenvolvimento do cidadão, para a participação ativa das pessoas em aspectos que envolvam ciência e tecnologia, muito presentes na vida cotidiana atual. “Em outras palavras, é favorecer um ensino de/sobre ciência e tecnologia que vise à formação de indivíduos com a perspectiva de se tornarem cômicos de seus papéis como participantes ativos da transformação da sociedade em que vivem.” (LISINGEN et al, 2007, p. 13).

É importante que a discussão escolar seja feita de modo a contemplar fatores éticos e políticos do desenvolvimento nanotecnológico. Que os estudantes sejam capazes de realizar uma avaliação dos prós e contras desse processo em plena evolução e que o viés CTSA seja um aliado nesse processo em que o meio ambiente é muitas vezes esquecido. O ambiente escolar deve promover debates saudáveis sobre essa temática e contribuir para a construção intelectual do cidadão crítico e responsável para com a sociedade e meio ambiente. Inclusa na visão CTSA, está a discussão sobre os impactos bioéticos da nanotecnologia, visto que não existem certezas quanto aos materiais já produzidos e lançados no meio ambiente.

Segundo Silva (1996) (apud BECK,1999) as mudanças do padrão de sociedade industrial para sociedade de risco permeiam o desenvolvimento nanotecnológico, uma vez que as nanotecnologias estão no auge de seu desenvolvimento, tendo problemáticas associadas a sua reatividade química e possível contaminação

ambiental. Segundo Martinez e Alves (2013), tão importante quanto abordar os benefícios da N&N, refletir sobre o ciclo de vida dos produtos que levam essa tecnologia em sua fórmula é fundamental para a questão ambiental, bem como identificar os subprodutos gerados a partir da degradação desses materiais e sua potencial toxicidade perante aos biossistemas. Os biossistemas representam um conjunto de elementos (vivos) organizados em nível hierárquico, na escala nanométrica. Partindo do pressuposto de que as nanopartículas podem interferir nos biossistemas, surge o interesse em pesquisas na área, como bionanotecnologia e a nanotoxicologia, buscando possíveis respostas para as consequências de eventuais efeitos causados pela utilização em larga escala de nanocompósitos.

Nesse sentido, a preocupação com a nanotoxicidade surge na medida em que diversificados nanomateriais são sintetizados, manipulados e descartados em diferentes ambientes, sejam naturais, urbanos ou industriais, sem o devido controle e regulamentação. Alguns motivos para atenção e cautela com os nanomateriais são: a) crescente produção industrial (aumento do risco de exposição); b) elevada área superficial devido tamanho nanométrico (alta reatividade química); c) enorme diversidade composicional e estrutural (sínteses, preparações, modificações, funcionalizações, heterogeneidade e impurezas); d) ensaios toxicológicos tradicionais não estão adaptados e padronizados para nanomateriais. (MARTINEZ e ALVES, 2013, p. 33).

Existe certa dificuldade quando se trata de toxicidade em nanoescala, pois não há técnicas desenvolvidas e bibliografia registrada para tal. No Brasil, a iniciativa do Ministério da Ciência Tecnologia e Inovação (MCTI), em 2011, busca fomentar estudos e iniciativas de pesquisa na área da nanotoxicologia. Uma vez que podem existir consequências para a população, é necessária a divulgação e desenvolvimento dessas temáticas na escola.

A problemática e os benefícios em torno da N&N são assuntos relevantes que podem ser interpelados no material didático disponibilizado aos alunos, uma vez que o desenvolvimento de cidadãos plenos, participativos socialmente e capazes de tomar decisões baseados em seu senso crítico é um objetivo da educação básica, descrito nos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM). Isso tornaria as obras mais atrativas e dinâmicas, além de se adequarem às necessidades da sociedade atual.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A abordagem do tema N&N é um desafio para os educadores, pois muitas vezes esse tipo de assunto faz parte de uma atmosfera de ficção, tornando a “materialização” mais abstrata para o aluno. Grande parte dos materiais disponíveis na internet, por exemplo, tem origem estrangeira, o que dificulta o entendimento aos alunos brasileiros. Surge então uma oportunidade de desenvolvimento de material didático de claro entendimento para nossos estudantes, o que facilitaria bastante a prática docente na inserção das N&N na sala de aula. Ainda é escassa a oferta de material sobre o tema no Brasil, o que acaba distanciando os docentes da abordagem em sala de aula, porém abre precedente para a busca e criação de aporte sobre nanociência e nanotecnologia. A própria prática docente pode trazer facilitadores nesse sentido, dado que o tema é um saber interdisciplinar e pouco explorado nas redes de ensino.

As análises realizadas indicaram a ausência de abordagem N&N na maioria das obras, visto que, apenas uma das quatro coleções avaliadas trata o assunto,

totalizando quatro páginas de um livro composto por trezentas e vinte páginas. A relevância do assunto ainda não foi considerada na composição dos livros didáticos escolares, o que é importante que aconteça, para que os conhecimentos relacionados não sejam deixados de lado pelo ensino tradicional e pouco divulgados pela mídia. Os livros de Química são uma ótima opção para que o ensino seja feito de forma contextualizada, em que a inserção de assuntos atuais, especialmente da evolução tecnológica, são muito pertinentes e podem ser feitas relações entre desenvolvimento tecnológico e as modificações entre as interações pessoais e modo de vida atual.

As obras poderiam explorar mais os textos sobre CTS, até mesmo para inserção de assuntos relacionados com N&N, já que são assuntos que permeiam a sociedade atual e têm com ela uma relação estreita. A afinidade dos jovens com tecnologias pode aproximá-los dessas discussões, que serão importantes para o desenvolvimento da cidadania desses alunos. Ainda conforme Siqueira-Batista (2010), as pesquisas em N&N devem ser ampliadas ao questionamento da sociedade civil, tornando-se uma questão a ser discutida no viés ético-político, em que os cidadãos sejam chamados à responsabilidade e tenham capacidade de tomar decisões; que através do enfoque CTSA em sala de aula sejam proporcionados ambientes democráticos, contribuindo para a formação de cidadãos mais comprometidos com o próximo, com a sociedade e com o meio ambiente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, Rozana G. de et al. Contextualização e tecnologias em livros didáticos de Biologia e Química. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.10, n. 3, p. 405-417, dez. 2005.

ANTUNES, Murilo Tissoni. **Ser Protagonista**: química: ensino médio. 2 ed. São Paulo: Edições SM, 2013.

BRASIL. Ministério da Ciência Tecnologia e Inovação. Chamada MCTI/CNPq N° 17/2011: **Apoio à criação de redes cooperativas de pesquisa e desenvolvimento em nanotoxicologia e nanoinstrumentação**.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**: Parte III. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília, DF, 2000.

BRASIL. Ministério da Educação: Secretaria de Educação Básica. **Guia de livros didáticos**: PNDL 2015: Química: Ensino Médio. Brasília, DF, 2014.

CHASSOT, Ático. **Alfabetização científica**: questões e desafios para a educação. 4 ed. Ijuí: Unijuí, 2006.

FONSECA, Martha Reis M. **Química**: ensino médio. 1 ed. São Paulo: Ática, 2013.

LINSINGEN, Irlanvon et al. Repensando a formação de professores de ciências numa perspectiva CTS: algumas intervenções. **Actas del Primer Congreso Argentino de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología**, v. 1. p. 1-17, Buenos Aires, 2007.

MARTINS, Paulo Roberto; BRAGA, Ruy. Nanotecnologia: promessas e dilemas da revolução invisível. **Intercâmbio, Informações, Estudos e Pesquisas**: Guia de referência em nanotecnologia. São Paulo, set. 2010.

MARTINEZ, Diego S. T.; ALVES, Oswaldo Luiz. Interação de nanomateriais com biosistemas e a nanotoxicologia: na direção de uma regulamentação. *Ciência e Cultura: Nanotecnologias*. **Revista da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência**, São Paulo, ano 65, n. 3, p. 23-27, 2013.

MEDEIROS, E. S. et al. Nanotecnologia. In: DURÁN, N. et al (Orgs.) **Nanotecnologia**: Introdução, preparação e caracterização de nanomaterias e exemplos de aplicação. São Paulo: Artliber, 2006.

MONTEIRO, Olinda C.; TRINDADE, Tito. Nanoquímica de semicondutores. **Boletim da Sociedade Portuguesa de Química**, Aveiro, série 2, n. 84, p. 49-54, jan.-mar. 2002.

MORTIMER, Eduardo Fleury. Uma agenda para a pesquisa em educação em ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v.2, n.1, p. 25-35, 2002.

MORTIMER, Eduardo F.; MACHADO, Andréa H. **Química**: ensino médio. 2 ed. São Paulo, Scipione, 2013.

PEREIRA, Fabio D. et al. Nanotecnologia: desenvolvimento de materiais didáticos para uma abordagem no ensino fundamental. **Química Nova na Escola**, v. 32, n. 2, mai. 2010.

SANTOS, Wildson Luiz P. S.; MÓL, Gerson de S. (Coords.) **Química Cidadã**: ensino médio. v. 1, 2 ed. São Paulo: AJS, 2013.

SILVA, Ana Carolina C. da. **Nanotecnologia em diagnóstico e terapia no Brasil**. Dissertação de mestrado em ciências: tecnologia nuclear – aplicações. Instituto de pesquisas energéticas e nucleares: Autarquia associada à Universidade de São Paulo. São Paulo, 2015.

SIQUEIRA-BATISTA, Rodrigo et al. Nanotecnologia e ensino de ciências à luz do enfoque CTS: uma viagem a Lilliput. **Ciências e Ideias**, Nilópolis, v.1, n.1, p. 76-86, 2009.

SIQUEIRA-BATISTA, Rodrigo et al. Nanociência e nanotecnologia como temáticas para discussão de ciência, tecnologia, sociedade e ambiente. **Ciência & Educação**, Bauru, v.16, n. 2, p. 479-490, 2010.

TEDESCO, A. C. et al. Introdução à nanotecnologia. In: MORALES, M. M. (Org.). **Terapias avançadas**: células tronco, terapia gênica e nanotecnologia aplicada à saúde. São Paulo: Atheneu, 2007.

VALADARES, E. C. et al. **Aplicações da física quântica**: do transistor à nanotecnologia. São Paulo: Livraria da Física, 2005.