



INVESTIGANDO A MOBILIZAÇÃO DE SABERES DOCENTES EM PROPOSTAS DE ENSINO SOBRE NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA

Investigating the Mobilization of Teachers' Knowledge in Teaching Proposals
About Nanoscience and Nanotechnology

REDEQUIM, v. 5, n. 2,
p. 151-164, 2019

Paulo Ricardo da Silva

pauloricardo.silva@dqi.ufla.br

Universidade Federal de Lavras
(UFLA)

José Guilherme S. Lopes

guilherme.lopes@uff.edu.br

Universidade Federal de Juiz de
Fora (UFJF)

RESUMO

Este artigo busca analisar os Saberes Docentes mobilizados por professores na construção de propostas de ensino sobre Nanociência e Nanotecnologia (N&N). Adotamos como referencial teórico os quatro Saberes definidos por Tardif (2014) e analisamos três propostas de ensino construídas por professoras da área de Ciências da Natureza (duas de Química e uma de Ciências) que participaram de um curso de formação continuada envolvendo o tema supracitado. Os resultados revelam maior mobilização do Saber Disciplinar e do Saber Curricular, enquanto os Saberes da Formação Profissional se manifestam de forma tímida, assim como o Saber da Experiência. Sugerimos que este quadro pode ser explicado pelo maior foco à aprendizagem conceitual e pelo conhecimento do currículo praticado nas escolas. Dessa maneira, apontamos para a importância de maior investimento em ações voltadas para a construção e articulação dos diversos Saberes Docentes para que abordagens relacionadas à N&N sejam incorporadas de forma crítica pelo professor em suas aulas.

Palavras-Chave: Nanociência e Nanotecnologia. Propostas de Ensino. Saberes Docentes.

ABSTRACT

This article analyses the Teachers' Knowledge mobilized by teachers in the construction of teaching proposals on Nanoscience and Nanotechnology (N&N). We adopted the four knowledges defined by Tardif (2014) and analyzed three teaching proposals built by teachers of natural Sciences (two of Chemistry and one of Science) who participated in a course of continuing training involving the theme mentioned above. The results reveal a greater mobilization of Disciplinary Knowledge and Curricular Knowledge, while the Knowledge of Vocational Training are manifested in a timid way, as well as the Experience Knowledge. We suggest that this can be explained by the greater focus on conceptual learning and the knowledge of the curriculum practiced in schools. Therefore, we point to the importance of greater investment in actions aimed at the construction of the several Teachers' Knowledge so that N&N related approaches are incorporated in a critical way by the teacher in his classes.

Keywords: Nanoscience and Nanotechnology. Teaching Proposals. Teachers' Knowledge.



INTRODUÇÃO

Vivemos em um cenário de intensa turbulência no que diz respeito à sociedade brasileira, principalmente no tocante às questões políticas, econômicas e sociais, além da intensa proliferação de ideias e concepções pouco fundamentadas a respeito dos mais diversos assuntos, influenciando negativamente a formação da opinião pública, através das conhecidas “Fake News”, por exemplo, tendo o meio digital como uma das principais formas de veiculação e propagação das mesmas. Neste contexto, destacamos a Ciência e alguns conhecimentos científicos, que embora amplamente consensuais nessa esfera vem sendo alvo de intensas críticas a partir de ideias alternativas, como a visão de que a vacinação pode causar problemas como o autismo e a concepção de que a Terra é plana.

Outro assunto que vem emergindo nos meios de comunicação em massa é a Nanociência e Nanotecnologia (N&N), fortemente marcada pela ênfase aos aspectos positivos, o que pode contribuir para uma visão reduzida e pouco crítica sobre este tema (NOVO, 2013). Dessa forma, revela-se a importância da educação formal, mais especificamente o Ensino das Ciências, para a formação de sujeitos com condições mínimas de avaliarem criticamente os mais diversos pontos de vista divulgados nas mídias a respeito da N&N (e de vários outros temas), além da necessária construção de conhecimentos sobre N&N ao longo da trajetória escolar.

Visando alcançar tal objetivo, o investimento na formação de professores é um fator importante a ser considerado nos sistemas educacionais (GATTI, 2010; 2013), sendo de extrema importância criar espaços de formação acadêmico-profissional e continuada nos quais futuros professores e docentes em exercício tenham oportunidade de construir/reconstruir saberes e conhecimentos ligados ao exercício profissional (PIMENTA, 1998; CARVALHO; GIL-PÉREZ, 2011; TARDIF, 2014). Adicionalmente, o contexto brasileiro vem sendo marcado por novas perspectivas para a formação de professores (BRASIL, 2015), dentre as quais destacamos a importância da formação interdisciplinar (que pode ocorrer, por exemplo, através de projetos integradores ao longo da formação acadêmico-profissional e continuada) e na construção dos mais diversos saberes profissionais (conhecimento de conteúdos, de estratégias de ensino, de aprendizagem e de avaliação, conhecimento das orientações curriculares e dos objetivos da disciplina correspondente ao campo de atuação, entre outros).

Sendo assim, percebemos que, no contexto atual, o desenvolvimento de práticas inovadoras (aqui entendidas como um conjunto de ações ligadas à ação docente, tais como: o desenvolvimento de novas estratégias de ensino e, principalmente, o repensar e o agir sob novas perspectivas em relação ao currículo definido) pode auxiliar a superar diversos desafios enfrentados pela educação brasileira, de maneira que a inserção de abordagens envolvendo temas como a N&N, pode contribuir para o avanço deste movimento. Entretanto, a inovação pode ser vista como um desafio para o professor, uma vez que demanda novas estratégias, conhecimentos e posturas, podendo gerar desconforto e dificuldades para o desenvolvimento de novas práticas. Portanto, torna-se relevante empreender esforços para o desenvolvimento de novas práticas educativas, bem como de estratégias de superação dos desafios que se colocam ao longo dos processos de inovação.

NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA: ALGUMAS DEFINIÇÕES

As primeiras ideias a respeito da N&N são atribuídas ao físico norte-americano Richard Feynman, destacando uma palestra por ele proferida em um encontro da American Physical Society em 1959, denominada “There is a plenty of room at the bottom” (ALVES, 2004; SCHULZ, 2005; TOMA, 2009). Nesta palestra, o aclamado físico chegou a vislumbrar a possibilidade de armazenar toda a informação contida na Enciclopédia Britânica na ponta de um alfinete.

A partir deste marco, diversos países começaram a empreender maiores esforços em direção a alcançar e manipular materiais em escalas cada vez menores, que de certa forma já vinha se constituindo lentamente ao longo do século anterior com o desenvolvimento da microscopia e suas vertentes, bem como de novas formas de identificar e manipular materiais (JOACHIM; PLEVERT, 2009).

A nanociência pode ser definida como o estudo e manipulação da matéria na escala nanométrica, ou seja, no intervalo compreendido entre 1 e 100 nanômetros (BERG, 2010; GATOO et. al., 2014); já a nanotecnologia diz respeito ao desenvolvimento de novos produtos e dispositivos a partir de materiais organizados na escala nanométrica. (ZARBIN; OLIVEIRA, 2013), uma vez que nesta escala podem surgir propriedades distintas das observadas em outras escalas para o mesmo material, gerando interesse tanto no campo científico como no campo tecnológico.

O prefixo nano descreve uma ordem de grandeza, vem do grego e quer dizer essencialmente um bilionésimo de alguma coisa. No caso atual estamos interessados em um bilionésimo de metro, o nanômetro. Nanociência e nanotecnologia são, portanto, ciência e tecnologia que acontecem ou são feitas nessa escala de comprimento, mas de maneira controlável e reprodutível, envolvendo fenômenos que muitas vezes não ocorrem em outras escalas de tamanho. Em outras palavras, não estamos falando simplesmente de miniaturização de algo grande para algo muito pequeno. (SHULZ, 2005, p. 58).

Quanto à preparação ou obtenção, os nanomateriais podem ser produzidos por dois métodos distintos: em sentido ascendente, a partir de átomos e moléculas, onde tais entidades vão sendo aglomeradas até atingirem o tamanho de interesse na escala nanométrica; este método é conhecido como bottom up. O segundo método baseia-se no sentido descendente, onde macroestruturas podem ser clivadas ou reduzidas ao tamanho nanométrico e é conhecido como top down (TOMA, 2009).

De acordo com Furlan (2009), materiais organizados na escala nanométrica podem apresentar novas propriedades, até então não observadas na escala macroscópica, tais como: variações em propriedades espectroscópicas como a cor; variações na reatividade e na condutividade térmica e elétrica, por exemplo. Isso se deve ao fato de que podem ocorrer mudanças nas propriedades físico-químicas, devido a alterações na estrutura eletrônica dos materiais e na forma, com variação na área superficial (GATOO et. al., 2014). Outro ponto a ser considerado é que o balanço de forças que regem a estrutura dos nanomateriais é diferente dos materiais em escala macroscópica; para os nanomateriais predominam as interações de Van der Waals, enquanto as interações gravitacionais, por exemplo, são menos relevantes.

Dessa forma, para além do interesse pelas máquinas moleculares, inúmeras aplicações vem sendo desenvolvidas e vislumbradas: os nanotubos de carbono (folha de grafeno “dobradas” de maneira a formar um cilindro), que podem ser utilizados no campo da eletrônica, no desenvolvimento de filmes finos, sensores e biosensores (ZARBIN; OLIVEIRA, 2013); nanocompósitos (nanomateriais associados a polímeros e resinas), oferecem maior proteção contra a umidade, resistência e leveza a novos produtos, podendo diminuir a quantidade de plástico consumida (TOMA, 2009); no tratamento de câncer por exemplo, por meio da liberação controlada de medicamentos diretamente no alvo de interesse: onde o medicamento é funcionalizado com nanopartículas que o “protegem” contra a degradação prematura e interação com outros sítios no organismos humano, potencializando sua liberação diretamente no local de interesse (ROSSI-BERGMAN, 2008; FAROKHZAD; LANGER, 2009), entre diversas outras tantas aplicações.

A N&N envolve diversas áreas e possui íntima relação com o desenvolvimento das mais variadas tecnologias, o que possibilita e, de certa forma, fomenta sua expansão em uma lógica interdisciplinar.

A N&N se caracteriza por uma alta multi e interdisciplinaridade, na qual diferentes especialidades naturalmente passaram a sinergicamente compartilhar suas expertises: químicos, físicos, engenheiros, biólogos, matemáticos, médicos, ambientalistas, advogados, dentre outros, possibilitaram a compreensão de fenômenos e a geração de produtos com aplicações em potencial em todos os ramos da atividade humana: energia, agricultura, meio ambiente, bens de consumo, saúde e medicina, manufatura, construção civil, transporte, eletrônica, tecnologia da informação, cosméticos, têxteis, entretenimento, comunicação, lazer, etc. (ZARBIN; OLIVEIRA, 2013, p. 1533)

Apesar da diversidade de aplicações e perspectivas, a N&N não é um assunto consensual, de maneira que envolve diversos debates e críticas tanto favoráveis como contrários, de maneira que existe grande preocupação com possíveis riscos, principalmente no que diz respeito à toxicidade dos nanomateriais

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; ALVES, 2013, p. 33)

De maneira geral, os discursos em torno da N&N tendem à polarização, que varia entre o pavor e o entusiasmo (PYRRHO; SCHRAMM, 2012), o que, em nosso ponto de vista, deve ser superado, visando a formação da opinião pública mais crítica a respeito da N&N.

NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA NO ENSINO DAS CIÊNCIAS E NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES

Apesar de nos últimos anos a N&N vir se constituindo como um assunto de grande interesse na comunidade científica e envolver inúmeras críticas e controvérsias, percebe-se que ainda é pouco explorada na Educação Básica de forma geral e, mais especificamente, no âmbito do Ensino das Ciências. Adicionalmente, é um assunto que se relaciona diretamente com as disciplinas escolares Biologia, Física e Química, mas boa parte dos trabalhos que o exploram focam-se em abordagens disciplinares, com predominância na Física e Química.

No que diz respeito a abordagem em livros didáticos, este tema é pouco observado (CAMARA; PROCHNOW, 2016), aparecendo timidamente em livros de Física (geralmente relacionado à Física Moderna e Contemporânea, no final do 3º ano do Ensino Médio) e Química (Modelo Atômico baseado nas contribuições da Mecânica Quântica), com foco em pequenos textos com algumas definições e descrições de aplicações ao final dos capítulos.

Em relação à produção de materiais didáticos e investigações em sala de aula envolvendo a abordagem da N&N, destacam-se trabalhos como o de Silva et. al. (2009), que construíram um texto em forma de narrativa da história de uma estudante que estava aprendendo sobre N&N, onde os autores procuram apresentar alguns conceitos básicos

(como a influência da escala), aplicações e possíveis riscos, com linguagem mais voltada para estudantes da Educação Básica. Destaca-se o artigo de Toma (2005), que também procura trazer definições e aplicações da N&N, tendo em vista os professores como público alvo. São observados ainda trabalhos que buscam analisar concepções de estudantes (LOURENÇO et. al., 2017), proposição, aplicação e avaliação de atividades experimentais com alunos do ensino fundamental e médio (GAMA, 2013; REBELLO et. al., 2012; TASCA et. al., 2014), uso de tecnologias da informação e comunicação (CLEBSCH; WATANABE, 2017; ELLWANGER et. al., 2012), levantamento de materiais e recursos didáticos (PEREIRA et. al., 2010) e minicursos e aulas expositivas dialogadas (LEITE et. al., 2013).

Por fim, observa-se número reduzido de trabalhos com ênfase na formação de professores, seja acadêmico-profissional ou continuada. Fernandes (2016) desenvolveu uma série de atividades com futuros professores de Química: foram levantadas as concepções dos licenciandos sobre N&N, também foram desenvolvidas atividades envolvendo a construção de conceitos, bem como vislumbrando a inserção da abordagem de N&N na Educação Básica, considerando que os licenciandos estavam desenvolvendo seus estágios curriculares em escolas no referido período. Entretanto, verificou dificuldades por parte dos licenciandos quanto ao desenvolvimento de abordagens envolvendo N&N.

No que diz respeito a efetiva utilização da temática pelos licenciandos pesquisados, foi possível observar que a maioria se interessou pelo tema, mas não sentiram-se seguros para trabalhar durante o estágio. Os motivos para tal constatação poderiam estar na insegurança comum aos estagiários, na falta de domínio do tema por não conhecê-lo bem ou ainda na resistência dos professores titulares da disciplina em quebrar a sequência dos conteúdos da grade curricular adotada pela escola. (FERNANDES, 2016, p. 114)

Lima e Almeida (2012) desenvolveram atividades com licenciandos em Física, a partir do uso de textos sobre N&N, com destaque para a História da Ciência e leitura de Textos de Divulgação Científica, buscando oferecer condições para que os futuros professores construíssem conhecimentos sobre esta temática, vislumbrando futuras abordagens no exercício da docência.

Apesar de considerarmos a importância dos trabalhos citados acima, percebemos ainda a incipiência de investigações mais específicas sobre conhecimentos construídos pelos professores a respeito da N&N. No campo da formação de professores, vários autores (PIMENTA, 1998; CARVALHO; GIL-PÉREZ, 2011; TARDIF, 2014) defendem que a docência envolve um conjunto de conhecimentos ou saberes que são construídos ao longo da formação e exercício profissional. Especificamente, Tardif (2014), define quatro saberes docentes, que articulados entre si, constituem um conjunto de conhecimentos importantes para a prática docente: O saber disciplinar, que envolve conhecimentos específicos da área de formação profissional (Química, Matemática, Geografia, etc.); o saber curricular, que corresponde “aos discursos, objetivos, conteúdos e métodos a partir dos quais a instituição escolar categoriza e apresenta os saberes sociais por ela definidos [...]” (TARDIF, 2014, p. 38); os saberes da formação profissional, que envolvem conhecimentos de didática, avaliação, organização de atividades, entre outras ações; e o saber da experiência, que é aquele construído ao longo de toda a trajetória de vida do professor, inclusive durante o exercício profissional (TARDIF, 2014).

Retomando as evidências apresentadas anteriormente que apontam a N&N, de forma ainda tímida, como conteúdo escolar, pouco abordado nos cursos de formação de professores da área de Ciências Naturais, bem como a compreensão de que práticas inovadoras estão relacionadas ao campo da formação de professores, entendemos que estratégias formativas com ações voltadas para a construção/reconstrução de Saberes relacionados aos novos conteúdos/temas podem contribuir para o desenvolvimento de novas perspectivas alinhadas ao movimento de inovação. Sendo assim, este trabalho é

motivado pela seguinte questão: Quais saberes são mobilizados e articulados em propostas de ensino sobre N&N elaboradas por professores da Educação Básica em exercício?

METODOLOGIA

Este trabalho caracteriza-se como uma investigação qualitativa, uma vez que o foco está nos sujeitos e em suas relações com determinado objeto (no caso o ensino de N&N). A literatura sobre pesquisas qualitativas no campo educacional, neste caso no Ensino de Ciências, descreve como características: considerar que o ambiente natural (a escola, a prática docente, os processos de ensino e de aprendizagem) é a fonte direta de obtenção de dados, a preocupação com o processo é maior do que com o produto, as visões que as pessoas possuem sobre determinada questão é levada em consideração, o pesquisador deve estar imerso no fenômeno de interesse e, portanto influencia e é influenciado pelo objeto investigado (ANDRÉ; LUDKE, 1986; SANTOS FILHO, 2013).

A pesquisa contou com a participação de 3 professoras - uma lecionava a disciplina Ciências no ensino fundamental (com formação acadêmico-profissional em Licenciatura em Ciências Biológicas) e as demais graduadas em Licenciatura em Química, que lecionavam a disciplina Química no ensino médio -, que participavam de um curso de formação continuada no primeiro semestre de 2016 com carga horária total de 40 horas, com foco no ensino de N&N em uma perspectiva interdisciplinar. As professoras foram identificadas como nome fictícios, respeitando o gênero.

Os dados analisados neste trabalho foram construídos por meio de gravação em áudio e vídeo das propostas apresentadas pelas professoras nos encontros finais do curso de formação continuada, que posteriormente foram transcritos para apresentação neste artigo. Foi solicitado aos professores que apresentassem uma proposta, descrevendo com o máximo de detalhes como abordariam a N&N em suas aulas.

Em relação à análise, buscamos confrontar os dados construídos com as contribuições da literatura no que diz respeito aos Saberes Docentes de acordo com Tardif (2014). Optamos pela Análise de Conteúdo (FRANCO, 2007; BARDIN 2011), a partir de categorias definidas a priori, sendo estas identificadas como os saberes definidos por Tardif (2014). Dessa forma, os textos foram submetidos a intensas leituras, buscando identificar elementos que indicassem relação com determinado saber, de maneira a avaliar como as professoras estavam manifestando o possível desenvolvimento de conhecimentos profissionais para o ensino de N&N.

Esta pesquisa foi devidamente registrada na Plataforma Brasil e aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa Humana da instituição na qual a pesquisa foi desenvolvida, com Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE) número 42191114.8.0000.5147.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Reiteramos que as propostas foram construídas no decorrer dos encontros finais de um curso de formação continuada tendo a N&N como tema central, sendo que ao longo de vários encontros os participantes tiveram contato com diversas perspectivas sobre a N&N, por meio de discussões com professores pesquisadores das áreas de Ciências Biológicas, Física e Química, visitas a laboratórios de pesquisa, debates sobre potencialidades e controvérsias da N&N, como a mídia vem divulgando a N&N e, não menos importante, discussões específicas sobre o Ensino de Ciências, com foco na interdisciplinaridade e na reflexão sobre possibilidades de abordagem do tema na Educação Básica.

Discutimos a seguir as propostas apresentadas pelas três professoras e procuramos evidenciar os aspectos que possuem relação com as categorias construídas a partir dos saberes docentes descritos por Tardif (2014).

“Então assim, como os nanotubos de carbono são uma forma alotrópica do carbono, eu achei que é um tema simples, que a gente pode não falar profundamente, mas a gente pode dar o conhecimento aos alunos sobre o que é [...]” (Vitória)

É interessante destacar o movimento feito por Vitória - professora de Química -, no sentido de apontar conceitos e relações que ela mesma construiu, uma vez que ao longo do curso não foi discutida a questão da alotropia, o que sugere que ela estabeleceu relações de forma construtiva, a partir de suas observações ao longo do processo de formação continuada, além da mobilização de conhecimentos profissionais diversos em sua proposta de abordagem da N&N. Adicionalmente, percebemos indícios de que a professora lança mão do Saber Curricular, uma vez que a mesma já identifica em que momento poderia inserir a discussão sobre N&N. A mobilização do Saber Curricular fica mais evidente quando Vitória especifica o ponto de partida de sua proposta, caminhando em direção à associação com a N&N:

“Então eu coloquei aí o que é alotropia [...] Aí eu coloquei ali as formas alotrópicas do carbono. Então a primeira forma ali é do diamante, a segunda do grafite e as folhas de grafeno, o outro é a lonsdaleíta, que é parecida com a forma do diamante [...]. Aí eu até achei interessante colocar essa figura, que eu não sabia que existiam outras formas do carbono, além do C60, C540. C70 e tem outros mais, que as vezes a gente não fala; pra falar verdade eu não sabia que tem outras formas do carbono [...] o carbono amorfo e o nanotubo de carbono. Então, a primeira forma que a gente vai falar é sobre o grafite, que é usado na lapiseira e no lápis, ele é sólido e maciço e ele é um bom condutor de calor e eletricidade. Aí eu coloquei ali o grafite em si e sua forma. O diamante, que é usado em joias e até pra cortar blocos de granito; transparente, duro, bom isolante elétrico e térmico. Então é interessante pros alunos, que hoje quase não se fala de alotropia, pelo menos que os meus colegas falam “ah, as vezes a gente pula essa parte”. Falar também que são formados por carbono, mas tem propriedades diferentes [...] E dentro da alotropia a gente pode falar sobre nanotecnologia.” (Vitória) (grifos nossos)

Percebemos também, na proposta de Vitória, a presença do Saber Disciplinar, uma vez que em vários trechos ela apresenta conceitos sobre N&N, com foco na relação escala-propriedade, por exemplo, ao abordar a questão do surgimento de novas propriedades (como a reatividade) de um material organizado na escala nanométrica. Estes conhecimentos foram construídos ao longo do curso de formação continuada, uma vez que não foram evidenciados em um questionário aplicado no início do curso para levantamento das ideias dos professores a respeito da N&N.

“Os materiais na escala nanométrica muitas vezes apresentam comportamentos diferentes, que é o que a gente já tinha visto aqui [em encontro anterior no qual foram apresentados e discutidos fundamentos da N&N], os efeitos quânticos tornam-se mais pronunciados e apresentam outros padrões de reatividade. Então assim, o que acontece no macro, acontece diferente na escala nanométrica. Aí eu coloquei o exemplo do alumínio, que na forma de nanopartículas entra em combustão quando em contato com o oxigênio, o que levou ao desenvolvimento da MOAB [Massive Ordnance Air Blast], a maior bomba não-nuclear já construída, empregada largamente pelas tropas estadunidenses na guerra do Afeganistão [...] Outra forma alotrópica do carbono são os nanotubos, que são folhas de grafeno enroladas de forma cilíndrica com diâmetro em nanômetros [...] Em geral, os nanotubos apresentam alta resistência mecânica, alta flexibilidade e [diferentes] características elétricas e térmicas.” (Vitória)

Não localizamos evidências explícitas relacionadas aos Saberes da Formação Profissional; em relação ao Saber da Experiência, este parece se manifestar na percepção da possibilidade de relacionar a N&N com a alotropia, conceito bem delimitado no currículo de Química do Ensino Médio. Conforme já mencionado, a N&N ainda é pouco abordada nos currículos da Educação Básica e nas licenciaturas da área de Ciências Naturais. Adicionalmente, boa parte dos professores não teve a oportunidade, seja durante a formação acadêmico-profissional, seja durante o exercício profissional, de construir saberes sobre concepções prévias dos estudantes sobre N&N, dificuldades de aprendizagem sobre N&N, bem como estratégias de ensino sobre o referido conteúdo (Saberes da Formação Profissional). Por fim, percebemos que a proposta parece apresentar um nível conceitual pouco aprofundado, mais voltado para apresentação de aplicações da N&N. Porém, vale destacar que Vitória relata ter construído uma proposta para ser desenvolvida com estudantes do 1º ano do Ensino Médio, em uma perspectiva mais introdutória.

Por sua vez, Rosa - professora de Química - também destaca a abordagem da escala para fundamentar a discussão sobre N&N, trazendo à tona uma leitura crítica a partir de sua formação e sobre as dificuldades de compreensão de escalas pelo público geral:

“Eu fiquei pensando no que eu poderia falar pros alunos, como eu poderia abordar esse assunto da nanociência. Aí eu pensei, poxa, no meu curso eu não sabia nada sobre essa natureza. Então, quando a gente começa a falar sobre, as pessoas têm muita dificuldade de compreender a dimensão nano, então o meu foco foi esse. Falar sobre a dimensão, como compreender esse tamanho tão pequeno. Quando a gente fala que um nanômetro é a bilionésima parte, o que significa isso, a espessura de um cabelo tem de 50 mil a 100 mil nanômetros. Então eu foquei na dimensão”. (Rosa)

Percebemos claramente uma intencionalidade pedagógica neste trecho, marcada pelas constatações observadas ao longo do exercício profissional e pelo reconhecimento da ausência de discussões envolvendo a N&N durante a formação acadêmico-profissional, reforçando o quadro apresentado por outros trabalhos (LIMA e ALMEIDA, 2012). Vale ressaltar que Vitória e Rosa se graduaram no início da década de 2000 e ambas relataram em vários momentos do processo formativo que não tiveram contato com a N&N ao longo da formação acadêmico-profissional.

Além disso, podemos observar indícios de mobilização do Saber Curricular e do Disciplinar na proposta de Rosa, uma vez que ela já associa a N&N à questão da escala, que é um conceito que perpassa boa parte do ensino das Ciências e Matemática, a partir dos anos finais do Ensino Fundamental até o final do Ensino Médio. Quanto à relação da N&N e a disciplina Química, ela continua explicitando que poderia abordar nos três anos do Ensino Médio, porém, traz um exemplo específico, relacionado ao ensino de Soluções:

“E esse assunto dimensão eu posso, eu pensei em aplicar para o primeiro ano, pro segundo ano e pro terceiro ano, qualquer série do ensino médio. [...] Aí eu coloquei ali, classificação das soluções, como que a gente sabe que a gente tá dentro da nanociência e quando não está? Soluções verdadeiras, o diâmetro das partículas é inferior a 0,001 micron, são homogêneas ao microscópio, um sistema monofásico. [...] Pseudosoluções, são soluções não verdadeiras, são aquelas onde o diâmetro das partículas tá compreendido de 0,001 micron a 0,1. Então elas são heterogêneas ao microscópio, as dispersões delas são coloidais [...]” (Rosa)

Verificamos também evidências de mobilização do Saber Disciplinar, no trecho abaixo:

“Então as substâncias estáveis podem se tornar reativas. Na solução verdadeira, eles podem ser estáveis, na solução de nanopartículas torna-se reativo [...] podem mudar de cor, e aí o caso do ouro, que a gente tinha até comentado, a gente visualiza a cor amarela; aí quando você vai diminuindo o tamanho [da nanopartícula associada] dele gera uma escala de cores, que pode

ser laranja, vermelho, azul, até tornar-se invisível [esta fala foi baseada em observações de soluções de nanopartículas de ouro realizada em um laboratório de pesquisa durante o curso] [...] materiais isolantes podem torna-se condutores. O próprio grafeno, o óxido de grafeno é isolante e o grafeno é condutor [...] as propriedades da matéria dependem não só da sua composição e estrutura, como também do seu formato e tamanho. Aí eu coloquei ali pra visualizar, essa nanopartícula de prata, aí no caso é o formato. Então a gente tem ali, todos são prata, a primeira forma é triangular, então aquela forma triangular ali da prata tem a cor azul; quando você chega na forma triangular, mas com os vértices cortados, aí já vai mais pro violeta e quando tem a forma esférica já fica no verde [...]” (Rosa)

Assim como na proposta de Vitória, a proposta de Rosa sugere íntima relação com os Saberes Disciplinares e Curriculares, uma vez que na própria fala esta professora destaca questões conceituais e o contexto de abordagem da N&N; entretanto, Rosa defende que a questão da escala pode ser abordada nos três anos do Ensino Médio, mas opta por aprofundar esta discussão no âmbito do ensino de Soluções, comumente abordado no 2º ano, dando ênfase à influência do tamanho e forma das nanopartículas na cor observada de determinada solução. No tocante ao Saber da Experiência, acreditamos que este se manifesta de forma tímida, a partir das constatações destacadas por Rosa, sobre a dificuldade de compreensão da escala; entretanto entendemos que a experiência de Rosa não foi construída a partir do ensino de N&N, mas das relações que a escala possui com outros assuntos da Química. Também não observamos indícios de Saberes da Formação Profissional na proposta de Rosa, reforçando as constatações na proposta de Vitória e sugerindo que a não mobilização destes dois saberes podem se caracterizar como desafios para o desenvolvimento de práticas inovadoras.

Por fim, Sandra, formada em Ciências Biológicas, atuava lecionando a disciplina Ciências, propôs uma abordagem voltada para o 9º ano, a partir de conceitos mais identificados com a Química (estrutura da matéria e propriedades dos materiais), além de procurar inserir artigos no qual são defendidos diferentes pontos de vista sobre a N&N e suas relações com a sociedade de maneira geral. Novamente, percebe-se claramente a mobilização do Saber Curricular, conforme apresentado abaixo

“Então, eu pensei em inserir esse tema aí [N&N], depois que os alunos já entenderam o que é matéria, já viram propriedades dos materiais, que a gente já falou dos estados físicos e começa a falar do átomo, que eu pensei em inserir esse tema. Esse aqui é o livro que a escola trabalha e eu gostei, e ele traz uma imagem que eu gostei logo no início, que é essa figura [trata-se de uma analogia a um processo de fabricação, mostrando possíveis etapas de produção, de maneira que cada etapa pode gerar produtos diferentes, devido a distintos procedimentos] aí, dando essa ideia que a partir de um mesmo material a gente pode fazer diferentes objetos [por exemplo, a partir da madeira pode-se construir mesas, cadeiras, portões, enfim, objetos com finalidades distintas], através de processos físicos ou químicos. E esse desenho [acima descrito] é interessante porque entra lá aquelas bolinhas cinzas naquela máquina e saem coisas diferentes; então pra trabalhar essa, de como a gente pode transformar os materiais [...] no caso das ligas metálicas dá pra discutir essa questão, dependendo de uma coisa que eu quero fazer, eu tenho que misturar o cobre com o zinco pra fazer latão [...]” (Sandra)

É interessante observar toda a caracterização inicial que Sandra constrói, evidenciando forte articulação com a organização curricular, bem como o contexto em que o tema poderia ser abordado, evidenciando a mobilização do Saber Curricular e indícios dos Saberes da Formação Profissional, uma vez que ela descreve com detalhes como a proposta se articula com a aprendizagem dos estudantes, lançando mão de estratégias como o uso de analogias e de material didático de forma planejada. Percebemos, em outro trecho, um movimento em que a professora procura trabalhar com conceitos mais ligados

ao mundo concreto (propriedades dos materiais) buscando articulá-los com explicações baseadas em modelos científicos (composição dos materiais), buscando estabelecer relações entre estrutura e propriedade, dando foco na organização (os materiais são organizados por átomos e a forma como os átomos se organizam pode dar origem a materiais com propriedades diferentes). Somente após este movimento é que a Sandra sugere a inserção de conceitos relacionados à N&N:

“Aí tem a história do átomo, a dimensão e aqui, uma coisa que eu queria destacar na hora de falar a composição da matéria, os átomos, as moléculas, que um mesmo átomo, o carbono, da forma como ele se organiza, ele pode formar 2 coisas diferentes. [...] Beleza, se eu tenho um carbono e a diferença do carbono do diamante pro grafite é a forma como eles estão organizados, eu conseguiria fabricar as coisas que eu quisesse se eu conseguisse manipular esses átomos? [...] E aí entra a questão da nanotecnologia, que sim, hoje a gente conseguiria organizar átomo a átomo, pegar o que já tem na natureza, então a gente consegue manipular em laboratório [...]. E aí eu entraria explicando a nanotecnologia, o conceito, com o que ela trabalha, o que é uma escala nanométrica, dar essa noção de dimensão pros meninos, que a gente tá mexendo com um átomo, uma coisa bem minúscula. E aí falar, como o homem descobriu que era possível, como a gente pode mexer com o átomo [...]”
(Sandra)

Outro aspecto diz respeito às questões levantadas pela professora ao longo da abordagem da N&N: a relação entre escala e as propriedades, a discussão sobre a manipulação dos átomos e a possibilidade de criação de substâncias com propriedades desejáveis, revelando indícios de mobilização do Saber Disciplinar. Vale destacar que essa abordagem foi bastante discutida no processo formativo e nenhum dos participantes havia explicitado concepções ligadas a tal abordagem nos primeiros encontros.

Também observamos que Sandra lança mão das aplicações da N&N. Mas, diferentemente das outras professoras procura trazer os possíveis aspectos negativos, revelando a busca pela formação crítica dos estudantes.

“E aí eu pensei em usar aquele vídeo [matéria produzida pela TV cultura] que você passou uma vez pra gente, que mostra aquele tênis que não molha, pra dar uma ideia, existe alguma coisa assim, um tênis que não molha. E falar, quando a gente consegue manipular o átomo a gente constrói coisas novas com características que as vezes não existem, mas a gente consegue inventar uma coisa que a gente queria, por exemplo, um tênis que não suja [...] E aí, depois de todas essas promessas, tudo isso é só coisa boa, não vai gerar nenhum problema? E aí pensar em explorar os artigos “Quanto menor, melhor”, superinteressante de 1997. “A primeira consequência da nanotecnologia, é que não haverá poluição do ambiente, que todo lixo industrial será reciclado”. Aí eu pensei em fazer essa discussão com os meninos, mas aí pra onde vão os materiais que eles usarem, os rejeitos. [...] Aí questionar com os alunos que essa posição de neutralidade é falta de informação as vezes; você não tem opinião formada de algo que você não ouviu falar, que você não conhece [...] discutir essa questão com os alunos, da formação de opinião, do posicionamento deles [...] E no ano de 2011 saiu essa reportagem [no portal G1, a respeito da toxicidade de nanotubos em células humanas] do problema que os nanotubos poderiam intoxicar as células, a forma como a célula tenta incluir ele ali, o ângulo que ele forma acaba sendo tóxico, podendo matar a célula, então tem que ver a interação com o corpo humano, não é só injetar as coisas dentro da pessoa que vai dar tudo certo.” (Sandra)

O trecho acima diferencia a proposta de Sandra das demais, uma vez que ela propõe a abordagem de controvérsias ligadas à N&N, o que possui grande potencial para a formação de cidadãos com posicionamento crítico a respeito de determinado assunto. Além disso, de maneira geral, Sandra apresenta mais detalhes sobre maneiras de abordagem e

materiais a serem utilizados, como por exemplo, textos de divulgação científica, indicando mobilização dos Saberes da Formação Profissional, no sentido de organizar ações para maior participação dos estudantes e com foco na formação crítica dos mesmos. Por fim, não observamos indícios de mobilização do Saber da Experiência na proposta de Sandra.

De maneira geral, nas propostas destacam-se as questões conceituais (a qual relacionamos com o Saber Disciplinar) e a definição do contexto e os objetivos de abordagem da N&N, bem como relações diretas com orientações curriculares para o ensino de química/ciências (ligadas ao Saber Curricular). Os Saberes da Formação Profissional parecem tangenciar as propostas de Rosa e Sandra, esta última de forma mais evidente; o Saber da Experiência se manifesta timidamente, possivelmente pelo fato de as professoras não terem vivenciado experiências com o ensino de N&N ao longo de sua trajetória de formação acadêmico-profissional e no exercício profissional.

Em relação à manifestação do Saber Disciplinar nas propostas, sugerimos que este quadro pode ser explicado pelo fato de que a N&N é um conteúdo relativamente recente enquanto componente curricular da Educação Básica e pouco discutido na formação de professores e, devido a isso, os professores podem focar seus estudos para as questões conceituais, possivelmente marcados pela concepção de que para ser um bom professor basta ter um bom conhecimento da matéria a ser ensinada (Carvalho; Gil-Pérez, 2011; Tardif, 2014).

No que diz respeito ao Saber Curricular, uma hipótese está relacionada à influência da experiência adquirida pelas professoras ao longo do exercício profissional no que diz respeito à organização de conteúdos em torno da disciplina em que atuam. Dessa forma, mesmo sem terem desenvolvido qualquer ação envolvendo o ensino de N&N, elas conseguem relacionar conceitos básicos (construídos ao longo do curso de formação continuada) com conteúdos abordados nas disciplinas que lecionam.

Quanto aos saberes menos observados nas propostas, os Saberes da Formação Pedagógica envolvem discussões sobre concepções educacionais, à visão de ciência, organização de atividades, processos de avaliação, questões mais ligadas ao campo Pedagógico. De fato, mesmo passando pela formação em Licenciatura, conforme já mencionado, Vitória e Rosa se graduaram no início da década de 2000, período em que as licenciaturas ainda eram fortemente marcadas pelo modelo da racionalidade técnica, organizados no formato “3 + 1”, ou seja, com ênfase na formação disciplinar em detrimento da formação pedagógica, fato este que pode ter contribuído de maneira direta na construção do referido saber pelas professoras, pouco observado nas propostas analisadas. Por outro lado, Sandra se formou no final de década de 2000, e de acordo com suas falas ao longo do processo formativo, teve maior contato com um currículo de formação acadêmico-profissional mais abrangente no que diz respeito às questões pedagógicas (disciplinas como metodologia de ensino, práticas de ensino, estágio curricular em uma perspectiva mais participativa), o que pode explicar maior mobilização destes saberes em sua proposta. Entretanto, entendemos que a mobilização dos Saberes da Formação Pedagógica especificamente no caso da N&N estão relacionadas a: saber quais as dificuldades de aprendizagem por parte dos estudantes, quais concepções os mesmos apresentam sobre o assunto, como planejar, desenvolver e avaliar atividades em torno deste assunto, o que demanda tempo e experiência.

Em relação ao Saber da Experiência, vale a pena destacar que não foi observado para a abordagem de N&N, uma vez que as professoras não tiveram a oportunidade de discutir a respeito deste assunto durante a formação acadêmico-profissional, tampouco desenvolveram práticas de ensino sobre N&N; entretanto, acreditamos que todas as propostas podem ser influenciadas por experiências outras construídas ao longo do exercício profissional, como no caso de Rosa, que aponta dificuldades de compreensão de escala por parte dos estudantes, muito provavelmente a partir de sua experiência em sala de aula, ou seja, poderíamos chamar de um saber da experiência com caráter auxiliar, desenvolvido para outros contextos, mas que pode ser adaptado e mobilizado para a abordagem da N&N.

Sendo assim, ao defender o desenvolvimento de abordagens envolvendo a N&N, percebemos que a articulação entre os Saberes Disciplinar, Curricular e da Formação Pedagógica pode contribuir para a construção de propostas de novas práticas docentes. Por outro lado, os saberes da Experiência, pela própria definição, inicialmente pouco aparecem, sendo desenvolvidos e manifestados ao longo do exercício profissional, podendo contribuir para abordagens futuras a respeito do conteúdo/tema em questão.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho procuramos analisar a mobilização de Saberes Docentes à luz de Tardif (2014) em propostas de ensino de N&N elaboradas por professoras da área de Ciências Naturais em exercício nos níveis fundamentais e médio. Percebemos a manifestação dos quatro Saberes nas propostas, com destaque para os Saberes Disciplinar e Curricular.

O Saber da Experiência se manifesta timidamente, tendo em vista que uma condição para a construção do mesmo diz respeito ao contato do professor com a N&N ao longo do exercício profissional - o que ainda não é observado de maneira sistêmica-. No que concerne aos Saberes de Formação Profissional, os resultados apontam a necessidade de maior articulação de ações que estimulem a (re) construção dos mesmos, especificamente para N&N, tendo em vista que estes foram pouco observados nas propostas. Já os Saberes Disciplinar e Curricular foram mais evidenciados, possivelmente pelo foco das professoras na aprendizagem conceitual e da influência do conhecimento de questões curriculares (marcadas pela experiência profissional).

Verificamos que as propostas apresentam aplicações da N&N e buscam relacionar tais aplicações com conceitos científicos. Entretanto, em relação aos aspectos positivos, negativos e controvérsias ligadas à N&N, percebemos que somente uma proposta procura trazer tais aspectos para a discussão na sala de aula, o que em nosso ponto de vista é uma questão importante e deve ser mais explorada, tendo em vista a formação de cidadãos que se posicionem de maneira crítica frente aos mais diversos assuntos na esfera social.

Por fim, os resultados apontam um campo fértil para pesquisas que se dediquem ao estudo sobre o desenvolvimento de conhecimentos profissionais por professores a respeito da N&N, o que certamente passa pelo investimento em ações de formação acadêmico-profissional e continuada de professores com foco em N&N.

REFERÊNCIAS

ANDRÉ, Marli E. D; LUDKE, Menga. **Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas**. São Paulo, EPU, 1986.

ALVES, Oswaldo L. Nanotecnologia, nanociência e nanomateriais: quando a distância entre presente e futuro não é apenas questão de tempo. **Parcerias Estratégicas**, n. 18, p. 23-40, 2004. Disponível em: http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/viewFile/138/132. Acesso em: 27/03/2019.

BARDIN, Laurence. **Análise de Conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.

BERG, John C. **An introduction to interfaces e colloids: the bridge to Nanoscience**. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd, 2010.

BRASIL. **Resolução nº 2**, de 1º de julho de 2015.

CAMARA, Vanessa F. S.; PROCHNOW, Tania. R. A abordagem da nanociência e nanotecnologia nos livros didáticos de Química do Ensino Médio. **In.:** Anais do XVIII ENEQ,

Florianópolis, SC, 2016. Disponível em: http://www.eneq2016.ufsc.br/anais/lista_area_MD.htm. Acesso em: 27/03/2018.

CARVALHO, Anna M. P.; GIL-PÉREZ, Daniel. **Formação de professores de Ciências: tendências e inovações**. 10ª edição. São Paulo: Cortez, 2011.

CLEBSCH, Angelisa B.; WATANABE, Marcio. Abordagem da nanociência e nanotecnologia a partir da escala. **Novas Tecnologias na Educação**, v. 15, n. 17, p. 1-10, 2017. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/renote/article/viewFile/75125/42564>. Acesso em: 27/03/2019.

ELLWANGER, Anderson L.; ROSSATO, Jussane; GRANADA, Mateus; BORTOLUZZI, Valéria I.; FAGAN, Solange B. O ensino de nanociências por meio de objetos de aprendizagem. **Novas Tecnologias na Educação**, v. 10, n. 1, p. 1-10, 2012. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/renote/article/view/30884/19237>. Acesso em: 27/03/2019.

FAROKHZAD, Omid C.; LANGER, Robert. Impact of nanotechnology on drug delivery. **ACS Nano**, v. 3, n. 1, p. 16-20, 2009. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/nn900002m>. Acesso em: 27/03/2019.

FERNANDES, Argeu C. **A inserção do tema nanotecnologia a partir de atividades investigativas no ensino de Química**. Dissertação (Mestrado em Ensino), Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, 2016. Disponível em: http://www.uern.br/controladepaginas/discentes-turma-2014/arquivos/2512dissertacao_de_argeu.pdf. Acesso em: 27/03/2019.

FRANCO, Maria L. P. B. **Análise de conteúdo**. Brasília, 2ª edição: Liber Livro, 2007.

FURLAN, Ping Y. Engaging students in early exploration of nanoscience topics using hands-on activities and scanning tunneling microscopy. **Journal of Chemical Education**, v. 86, n. 6, p. 705-711, 2009. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/ed086p705>. Acesso em: 27/03/2019.

GAMA, Cátia F. **Uma proposta para o ensino de nanociência e da nanotecnologia, em aula de física do ensino médio**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81131/tde-25112014-152017/pt-br.php>. Acesso em: 27/03/2019.

GATTO, Manzoor A.; NASEEM, Sufia; AARFAT, Mir Y.; DAR, Ayaz M.; QASIM, Khusro; ZUBAIR, Swaleha Physicochemical properties of nanomaterials: implication in associated toxic manifestations. **BioMed Research International**, v. 2014, p. 1-8, 2014. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/bmri/2014/498420/>. Acesso em: 27/03/2019.

GATTI, Bernadete. A Formação de professores no Brasil: características e problemas. **Educ. Soc.**, v. 31, n. 113, p. 1355-1379, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/es/v31n113/16.pdf>. Acesso em: 27/03/2019.

GATTI, Bernadete. Educação, escola e formação de professores: políticas e impasses. **Educar em Revista**, n. 50, p. 51-67, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/er/n50/n50a05.pdf>. Acesso em: 27/03/2019.

JOACHIM, Christian; PLEVERT, Laurence. **Nanociências - a revolução do invisível**. Rio de Janeiro: Zahar, 2009.

LEITE, Ilaiáli S.; LOURENÇO, Ariane B.; LÍCIO, José G.; HERNANDES, Antonio C. Uso do método cooperativo de aprendizagem Jigsaw adaptado ao ensino de nanociência e nanotecnologia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, 35(4), p. 1-7, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v35n4/a15v35n4.pdf>. Acesso em: 27/03/2019.

LIMA, Maria C. A.; ALMEIDA, Maria J. P. M. Articulação de textos sobre nanociência e nanotecnologia para a formação inicial de professores de física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 4, p. 1-9, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v34n4/a19v34n4.pdf>. Acesso em: 27/03/2019.

LOURENÇO, Ariane B.; JUNIOR, Pedro D. C.; LÍCIO, José G.; OVIGLI, Daniel F. B. A nanotecnologia na concepção de estudantes do ensino médio: o desenho como ferramenta de análise. **Revista Góndola, Enseñanza e Aprendizaje de las Ciencias**, v. 12, n. 1, p. 27-42, 2017. Disponível em: <https://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/GDLA/article/view/10807>. Acesso em: 27/03/2019.

MARTINEZ, Daniel S. T.; ALVES, Oswaldo L. Interação de nanomateriais com biosistema e a nanotoxicologia: na direção de uma regulamentação. **Ciência e Cultura**, v. 65, n. 3, p. 32-36, 2013. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/pdf/cic/v65n3/a12v65n3.pdf>. Acesso em: 27/03/1990.

NOVO, Magda S. **Nanociências, Nanotecnologia: uma visão desde seu nascimento até a apresentação das temáticas à sociedade**. Tese (Doutorado em Educação em Ciências), Universidade Federal do Rio Grande, 2013. Disponível em: <http://repositorio.furg.br/handle/1/4816>. Acesso em: 27/03/2019.

PIMENTA, Selma G. Formação de professores: saberes de docência e identidade do professor. In: FAZENDA, Ivani C. A. (org.). **Didática e interdisciplinaridade**. 12ª ed. Campinas: Papirus, 1998.

PYRRHO, Monique; SCHRAMM, Fermin R. A moralidade da nanotecnologia. **Cad. Saúde Pública**, v. 28, n. 11, p. 2023-2033, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/csp/v28n11/02.pdf>. Acesso em: 27/03/2019.

REBELLO, Gabriel A. F.; ARGYROS, Mécia M.; LEITE, Wallace L. L.; SANTOS, Mayke M.; BARROS, José C.; SANTOS, Paula M. L.; SILVA, Joaquim F. M. Nanotecnologia, um tema para o ensino médio usando a abordagem CTSA. **Química Nova na Escola**, v. 4, n. 1, p. 3-9, 2012. Disponível em: http://qnesc.sbgq.org.br/online/qnesc34_1/02-QS-79-10.pdf. Acesso em: 27/03/2019.

ROSSI-BERGMANN, Bartira. A nanotecnologia: da saúde para além do determinismo tecnológico. **Ciência e Cultura**, v. 60, n. 2, p. 54-57, 2008. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/pdf/cic/v60n2/a24v60n2.pdf>. Acesso em: 27/03/2019.

SANTOS FILHO, Júlio C.; GAMBOA, Silvio S. **Pesquisa Educacional – quantidade-qualidade**. São Paulo: Cortez, 2013.

SILVA, Suzeley L. A.; VIANA, Marcelo M.; MOHALLEM, Nelcy D. S. Afinal, o que é nanociência e nanotecnologia? Uma abordagem para o ensino médio. **Química Nova na Escola**, v. 31, n. 3, p. 172-178, 2009. Disponível em: http://qnesc.sbgq.org.br/online/qnesc31_3/04-QS-7808.pdf. Acesso em: 27/03/2019.

TARDIF, Maurice. **Saberes Docentes e Formação Profissional**. 16ª edição. Petrópolis: Vozes, 2014.

TASCA, Rodolfo A.; ALMEIDA, José R. L.; SILVA, Delmárcio G.; MELO, Fernando M.; TOMA, Henrique E. Desenvolvendo habilidades e conceitos de nanotecnologia no ensino médio por meio de experimento didático envolvendo preparação e aplicação de nanopartículas superparamagnéticas. **Química Nova na Escola**, v. 37, n. 3, p. 236-240, 2014. Disponível em: http://qnesc.sbgq.org.br/online/qnesc37_3/12-EEQ-100-13.pdf. Acesso em: 27/03/2019.

TOMA, Henrique E. A nanotecnologia das moléculas. **Química Nova na Escola**, n. 21, p. 3-9, 2005. Disponível em: <http://qnesc.sbgq.org.br/online/qnesc21/v21a01.pdf>. Acesso em: 27/03/2019.

TOMA, Henrique E. **O mundo nanométrico: a dimensão do novo século**. 2ª edição. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

ZARBIN, Aldo J. G.; OLIVEIRA, Marcela M. Nanoestruturas de carbono (nanotubos, grafeno): quo vadis? **Química Nova**, v. 36, n. 10, p. 1533-1539, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/qn/v36n10/09.pdf>. Acesso em: 27/03/2019.