

Nanociência e Nanotecnologia: uma revisão bibliográfica acerca das contribuições e desafios para o ensino de Física^{+,*}

Michele Duarte Tonet¹

Mestranda em Ciência e Engenharia de Materiais – UFSC

André Ary Leonel¹

Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis – SC

Resumo

Nanotecnologia é uma área da ciência que foi reconhecida a menos de um século atrás, contudo, as pesquisas e avanços tecnológicos nessa área foram colossais, representando, hoje, um dos temas de maior interesse no mundo e contribuindo significativamente para o progresso científico em várias áreas do conhecimento. Neste contexto, torna-se importante adquirir uma ampla visão acerca dos principais enfoques expostos pelos trabalhos científicos que abordam o tema: ensino de “Nanociência e Nanotecnologia” no Brasil. Assim sendo, esta pesquisa tem como principal objetivo realizar uma revisão bibliográfica de modo a analisar as principais contribuições e desafios atribuídos à abordagem do tema “Nanociência e Nanotecnologia” no ensino de Física. Para isso, foram analisados trabalhos publicados entre os anos de 2008 e 2017 nos três eventos nacionais mais expoentes na área de ensino de Física, a saber: Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF), Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF), e Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciência (ENPEC). A análise dos artigos selecionados mostra um cenário em desenvolvimento, mas ainda precário no ensino do tema, tanto no nível básico como no superior. Os artigos apontam majoritariamente para a desatualização dos currículos, falta de suporte aos professores, e escassez de materiais didáticos de qualidade, que abordem as

⁺ Nanoscience and Nanotechnology: a literature review around the contributions and challenges in Physics Education

^{*} *Recebido: outubro de 2018.
Aceito: julho de 2019.*

¹ E-mails: michele.d.tonet@gmail.com; profandrefsc@yahoo.com.br

questões sociais, éticas, políticas e econômicas intrínsecas ao tema. Contudo, nos últimos anos, este cenário começou a ser modificado, cada dia mais pesquisas e materiais vêm sendo desenvolvidos, tornando a abordagem do tema em sala de aula mais efetiva e acessível aos professores.

Palavras-chave: *Ensino de Física; Nanociência; Nanotecnologia; Contribuições; Desafios.*

Abstract

Nanotechnology was recognized as an area in science less than a century ago. The research and technological advances in this area, however, have been great, representing, today, one of the major themes of interest in the world and contributing, significantly, to scientific progress in various areas of knowledge. In this context, it is important to develop a wide sight on the main foci brought by scientific papers that shed some light on the theme: the teaching of “Nanoscience and Nanotechnology” in Brazil. Therefore, the main objective of this study is to conduct a literature review, analyzing the main contributions and challenges regarding to the theme “Nanoscience and Nanotechnology” in Physics education. To this end, we analyzed works published between 2008 and 2017 in the three most important national events in the area of Physics education, namely: the National Symposium of Physics Education (SNEF), Meeting on Physics Education Research (EPEF), National Meeting on Research and Science Education (ENPEC). The analysis of these articles shows a scenario in development, but still inadequate regarding to the teaching of the topic at both the basic and the superior levels. The articles point mainly to the curricula being outdated, a lack of support for teachers, and a lack of quality teaching materials that touch on the social, ethical, political and economic issues inherent to the theme. In the last few years, however, this scenario has started to change. More and more research and materials are being developed, making the approach to the theme in the classroom more effective and accessible for the teachers.

Keywords: *Physics Education; Nanoscience; Nanotechnology; Contributions; Challenges.*

I. Introdução

Ao pensarmos sobre a história da Nanociência e Nanotecnologia, um dos nomes mais citados é, sem dúvida alguma, o do cientista americano Richard Feynman, que em dezembro de 1959 expôs ao mundo suas concepções sobre o assunto, na sua famosa palestra intitulada: “*There is plenty of room at the bottom*” (Há mais espaços lá embaixo). Devido à popularidade de sua palestra, Feynman é reconhecido por muitos como o criador da Nanociência e Nanotecnologia. Entretanto, é importante ressaltar que as ideias proferidas pelo cientista americano em sua palestra, não foram concebidas “da noite para o dia”, elas são o resultado da influência de várias concepções difundidas por outros cientistas no contexto histórico ao qual Feynman se encontrava.

Apenas um ano antes da palestra de Feynman, em 1958, o físico e engenheiro americano Jack Kilby, ganhador do prêmio Nobel em Física pela invenção do circuito elétrico integrado, já havia pensado na possibilidade de miniaturização de componentes eletrônicos ao relatar em seu caderno de laboratório que seria possível confeccionar componentes elétricos, como resistores e capacitores, em um pequeno pedaço de silicone (SCHULZ, 2013). Outro importante cientista para a história da Nanociência e Nanotecnologia foi o físico Arthur Von Hippel, que em 1956 publicou o artigo intitulado “*Molecular Engineering*” (Engenharia Molecular), onde a ideia da construção de materiais a partir de átomos e moléculas foi discutida pela primeira vez (SCHULZ, 2018). Em seu artigo, Hippel também destacou a importância da interdisciplinaridade no estudo e desenvolvimento da ciência e tecnologia dos nanomateriais (SCHULZ, 2013).

Além disso, relatos sobre Nanotecnologia e aplicação de miniaturização de partículas, bem como de sistemas de *drug delivery*, podem ser rastreados desde 1908, quando o cientista alemão Paul Ehrlich ganhou o prêmio nobel em medicina pelo seu trabalho intitulado “*Drugs that go only and directly to ill cells*” (Medicamentos que afetam diretamente células não saudáveis) (SCHULZ, 2013). Entretanto, o termo “Nanotecnologia” só foi existir em 1974, quando o professor Norio Taniguchi publicou um artigo intitulado “*On the Basic Concept of ‘Nanotechnology’*” (O conceito básico de Nanotecnologia). Neste artigo, o professor da universidade de Tokio afirmou que a Nanotecnologia consiste, basicamente, do processo de separação, consolidação e deformação de materiais por uma molécula ou átomo (EDWARDS, 2006). Mais de uma década depois, no ano de 1986, o termo tornou-se popularmente conhecido devido à publicação do livro “*Engines of creation*” (Motores da criação) pelo engenheiro americano Eric Drexler.

Torna-se, entretanto, importante ressaltar que o grande marco para o desenvolvimento da Nanociência e Nanotecnologia, foi a criação do Microscópio de Corrente de Tunelamento (STM, do inglês *Scanning Tunneling Microscope*) em 1981. Além de possibilitar a visualização de um único átomo, o equipamento comprovou ser possível o desenvolvimento de na-

noestruturas a partir da manipulação de átomo por átomo, ideia apresentada por Arthur Von Hippel 25 anos antes.

Infelizmente, mesmo com toda a sua relevância e o potencial em contribuir com a formação científica e tecnológica (LEONEL, 2010), o tema só começou a ganhar destaque na área da educação brasileira em 2006, onde o tópico Nanotecnologia (como um dos ramos da Física Moderna e Contemporânea – FMC) é apontado nas Orientações Curriculares para o Ensino Médio, na área de Ciências Naturais e Matemática, (BRASIL, 2006, p. 56) como sugestão de tema relevante para ser abordado em sala de aula. Somam-se a este os demais parâmetros nacionais, diretrizes educacionais, propostas curriculares estaduais e mais recentemente a última versão da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), documento de caráter normativo, proposto em 2018, no que tange a abordagem de temas atuais que contemplem a aplicação e implicações do conhecimento científico e tecnológico. Segundo este documento, os alunos devem ser capazes de:

Analisar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (Brasil, 2018, p. 536).

Assim sendo, é evidente que, por possuir um aspecto sociocientífico e cultural, o tema Nanociência e Nanotecnologia, é extremamente importante para a sociedade e deveria ser discutido em sala de aula. Entretanto, antes de planejar as aulas, é importante que os professores possuam uma ideia de como abordar este tema tão controverso em sala. Assim sendo, a revisão literária apresenta-se como uma boa ferramenta para o atendimento desta demanda. Segundo Echer (2001), para a elaboração de um trabalho científico, ou planejamento de uma aula, é necessário possuir uma ideia clara do assunto a ser discutido. Assim sendo, a revisão bibliográfica torna-se fundamental, visto que orienta o professor em relação ao que já é conhecido e informa acerca de temas e problemas pouco abordados, servindo, assim, como fonte de inspiração para novas investigações.

As buscas de textos de literatura são necessárias para apoiar decisões do estudo, instigar dúvidas, verificar a posição de autores sobre uma questão, atualizar conhecimentos, reorientar o enunciado de um problema, ou ainda, encontrar novas metodologias que enriqueçam o projeto de pesquisa (ECHER, 2001, p. 07).

Com o intuito de adquirir uma ampla visão acerca dos principais enfoques expostos pelos trabalhos científicos que abordam o tema: “Nanociência e Nanotecnologia” no Brasil, e identificar as principais contribuições e desafios atribuídos à abordagem do tema no ensino de Física; esta pesquisa consiste de uma revisão bibliográfica realizada em trabalhos publicados entre os anos de 2008 e 2017 nos três eventos nacionais mais expoentes na área de ensino de

Física, a saber: Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF), Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF), e Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciência (ENPEC). Embora o tema “Nanotecnologia” tenha aparecido pela primeira vez nas Orientações Curriculares para Ensino Médio no ano de 2006, a escolha do período de análise foi realizada levando em consideração que os primeiros trabalhos inspirados pelo tema, e sua presença no documento do ministério da educação, possivelmente começaram a ser apresentados/publicados somente no início de 2008. Sabe-se que a repercussão destes documentos norteadores em sala de aula, dificilmente é imediata; e apesar de entendermos que a própria presença do tema no documento em questão tenha influência das pesquisas da área de ensino de ciências anteriormente realizadas, as pesquisas relacionadas com o ensino do tema demandaram tempo para serem publicadas. Deste modo, optamos por escolher a janela temporal entre 2008 e 2017 (ano precedente do desenvolvimento do presente trabalho).

II. Nanociência e Nanotecnologia

O prefixo “Nano” possui origem grega e significa um bilionésimo (0,000000001) de alguma coisa. Assim, nanômetro significa um bilionésimo do metro, usualmente representado por $10^{-9} m$, ou pela unidade de medida *nm*. Prosseguindo, um nanosegundo nada mais é que um bilionésimo de segundo, e pode ser representado por $10^{-9} s$, ou *1 ns*; e assim por diante. Sendo assim, o estudo de estruturas atômicas e moleculares que possuem dimensões na escala nanométrica, é chamado de Nanociência. Por outro lado, a manipulação e aplicação industrial dessas estruturas nanométricas, é denominado Nanotecnologia.

Mesmo antes dos termos “Nanotecnologia” e “Nanociência” sequer existirem, nanomateriais já eram sintetizados, ou obtidos de alguma outra maneira, e utilizados na sociedade para fabricação de alguns materiais e utensílios. Devido suas propriedades ópticas e químicas diferenciadas, nanopartículas de ouro e prata, com diferentes tamanhos, eram utilizadas pelos vidreiros medievais para produzir os vitrais de várias igrejas da Europa. Além de serem responsáveis pelas diferentes cores observadas nos vitrais, as nanopartículas também eram responsáveis pela purificação do ar. Segundo Deshmukh *et al.* (2019), nanopartículas de prata, ao serem energizadas pela luz do Sol, funcionam como fotocatalizadores naturais, sendo, portanto, responsáveis pela purificação do ar.

Outro exemplo da utilização de nanopartículas séculos atrás, é a taça de Lycurgus, um artefato do Império Romano (século IV d.C). A taça é constituída por nanopartículas de ouro e de prata, conferindo-lhe diferentes colorações dependendo da localização da fonte de luz. Quando a fonte luminosa é externa à taça, a mesma apresenta coloração verde, referente às nanopartículas de prata; por outro lado, quando a fonte luminosa é interna, uma coloração avermelhada, referente às nanopartículas de ouro, é observada (FREESTONE *et al.*, 2007; HUTCHINGS, 2018).

A importância dos materiais com dimensões nanométricas está no fato dos mesmos possuírem algumas de suas propriedades físicas e químicas alteradas. Muitas das leis da Física

Clássica não são válidas para estes sistemas, os quais passam a comportar-se segundo as leis da Física Quântica (SOARES; ALMEIDA; SILVA, 2017). Nanopartículas esféricas de ouro, por exemplo, possuem coloração dependente do tamanho, e podem apresentar cores variando em todo o espectro do visível (ELAHI; KAMALI; BAGHERSAD, 2018).

A alteração das propriedades físicas dos nanomateriais estão relacionadas basicamente à dois fatores: i) interações com o meio; e ii) área superficial do nanomaterial. Os nanomateriais podem ser afetados de diversas maneiras pelo meio, um exemplo disso, é o fenômeno óptico denominado Ressonância Plasmônica de Superfície Localizada (LSPR, do inglês *Localized Surface Plasmon Resonance*) que acontece quando uma onda eletromagnética, como por exemplo a luz, incide sobre nanoestruturas metálicas. Este fenômeno é caracterizado pela ressonância dos elétrons livres da superfície do nanomaterial com a onda eletromagnética incidente, gerando um aumento na intensidade do campo elétrico na superfície do material metálico, e alterando as propriedades ópticas do mesmo. Estas propriedades variam conforme o tamanho, formato, e material das nanoestruturas utilizadas (WU; MATHEWS; SUM, 2017).

O aumento da área superficial dos nanomateriais é uma característica que influencia significativamente nas propriedades dessas partículas, tornando-as muito mais reativas (LEONEL, 2010; SU *et al.*, 2019). Por consequência, essas estruturas possuem suas propriedades térmicas alteradas, absorvendo calor muito mais rapidamente e conseqüentemente alterando suas temperaturas de transição de fase. Além disso, à medida que aumentamos a área superficial de uma estrutura, aumentamos, também, sua interação com o meio. Assim sendo, nanopartículas são cada vez mais desejáveis para aplicação em sensores biológicos e químicos, podendo ser utilizadas como detectores de vírus, no auxílio de remoção de gases tóxicos, e até mesmo como auxiliadoras no transporte de medicamentos no organismo (ELAHI; KAMALI; BAGHERSAD, 2018).

A obtenção de sistemas em escala nanométrica pode ocorrer de duas maneiras distintas: i) de baixo para cima (do inglês *bottom-up*); e ii) de cima para baixo (do inglês *top-down*). No primeiro método, os átomos e moléculas são ligados quimicamente de maneira a formar agregados auto-organizados, chamados de “blocos de construção”, os quais são utilizados para aplicação em dispositivos nanométricos. No método *top-down*, um material em escala macro (ou micro) é reduzido até chegar à dimensão nano; assim sendo, podemos dizer que os “blocos de construção” são removidos consecutivamente da macroestrutura para a obtenção do sistema em escala nano. Fazendo uma analogia, podemos dizer que o método *top-down* é semelhante a esculpir um bloco de pedra para formar uma imagem, enquanto que o método *bottom-up* é semelhante à construção de uma casa de tijolos, onde cada tijolo é disposto de maneira a formar uma estrutura maior (IQBAL; PREECE; MENDES, 2012).

Dispositivos nanométricos, como chips, transistores e processadores, são obtidos quando pelo menos uma de suas dimensões possui escala nanométrica, ou quando são utilizadas estruturas nanométricas na sua composição. Segundo Melo e Pimenta (2017), o grande desafio da atualidade é diminuir, cada vez mais, esses dispositivos eletrônicos. De acordo com

os autores, a importância na diminuição de componentes eletrônicos, está no fato dos mesmos terem que cobrir áreas cada vez menores. Como exemplo, os autores citam os microprocessadores de computadores, os quais são compostos por séries de transistores impressos em blocos de silício, quanto mais transistores na placa, maior é a capacidade de processamento do microprocessador.

III. Onde estão as nanopartículas?

Devido às características diferenciadas dos nanomateriais, os mesmos vêm sendo explorados intensivamente para aplicações nas mais diversas áreas da ciência e tecnologia, como: Física, Biologia, Química, Ciências da Saúde, e Engenharias. Em muitas de suas aplicações, as áreas supracitadas convergem em prol da aplicabilidade desta nova tecnologia, destacando, assim, a multidisciplinaridade do tema. Como exemplo, podemos citar as pesquisas envolvendo nanopartículas metálicas e o tratamento de câncer.

Atualmente, alguns tratamentos de câncer consistem na injeção de nanoestruturas no paciente. Segundo Espinosa *et al.* (2016), devido suas dimensões, as nanoestruturas conseguem atravessar barreiras biológicas e chegar próximo ao tecido infectado. Em seguida, estas nanopartículas podem ser ativadas por luz, ou magnetismo, gerando calor e conseqüentemente auxiliando na morte das células cancerígenas. As nanoestruturas podem, também, atuar como “*drug delivery*”, garantindo, assim, que a quimioterapia afete somente o tecido doente, o que proporciona um tratamento mais efetivo e menos agressivo ao paciente (ESPINOSA *et al.*, 2016).

Os cosméticos apresentam mais uma aplicabilidade para os nanomateriais. Segundo Raj *et al.* (2012), alguns protetores solares são fabricados utilizando nanopartículas de dióxido de titânio e óxido de zinco, as quais funcionam como filtros de raios ultravioleta (UV). Outro cosmético que pode apresentar nanopartículas é o desodorante. Por apresentarem propriedades antibactericidas, nanopartículas de prata podem ser encontradas em desodorantes antibactericidas, e até mesmo em roupas com tecido anti-odor e bandagens/ataduras com prevenção de infecções causadas por bactérias (WILSON, 2018).

Outra aplicabilidade das nanopartículas está na eletrônica orgânica, onde nanopartículas metálicas podem ser utilizadas como dopantes, com o objetivo de aumentar a condutividade do sistema orgânico e até mesmo otimizar as características ópticas do mesmo, o que é possível devido à banda de ressonância plasmônica gerada pelas nanopartículas (LIU *et al.*, 2017).

Segundo Wilson (2018), nanopartículas também podem ser utilizadas para aumentar a resistência mecânica de alguns materiais, como é o caso de hélices de turbinas eólicas, as quais podem ser revestidas com nanopartículas, gerando maior rigidez, durabilidade e diminuição do peso das hélices. Muitos materiais esportivos também utilizam nanoestruturas que proporcionam mais leveza e resistência, como por exemplo, raquetes de tênis e pranchas de surf.

IV. Ética e Nanomateriais

Com o aumento do potencial inovador da Nanotecnologia, e a conseqüente expansão da sua utilização nas mais diversas áreas da sociedade, algumas preocupações relacionadas à segurança, principalmente ambiental, começaram a ser foco de discussões e pesquisas. Como muitos dos materiais em escala nanométrica não existem naturalmente na natureza, seus efeitos negativos e potenciais impactos aos seres vivos, e ao meio ambiente, não são conhecidos pelos cientistas, gerando certa preocupação na sociedade.

Um dos grandes problemas dos nanomateriais é a alta capacidade de serem absorvidos pelos seres vivos, podendo chegar à corrente sanguínea, e em praticamente qualquer órgão do corpo, ao serem absorvidos por contato direto com a pele, inalação, ou ingestão. Ao entrarem em contato com órgãos internos do corpo, essas nanoestruturas podem causar diversos problemas à saúde: como disfunções nos órgãos, inflamações, e até mesmo destruição de células e do DNA (RAJ *et al.*, 2012). O meio ambiente também pode sofrer com esta alta absorvidade dos nanomateriais. Caso uma grande quantidade de nanomateriais com propriedades anti-bactericidas seja liberada na natureza, bactérias benéficas, presentes no ar, solo e água, podem ser mortas, causando um extenso desequilíbrio no ecossistema local (RAJ *et al.*, 2012).

Segundo Wilson (2018), outro grande problema é a elevada reatividade das nanoestruturas. Segundo o autor, alguns nanomateriais podem ser potencialmente explosivos, como é o caso de nanopartículas de dióxido de titânio e nanoestruturas de dióxido de silício.

Contudo, o principal problema, segundo Wilson (2018), é a falta de conhecimento acerca do comportamento das nanopartículas. Sendo assim, várias organizações foram criadas pelo mundo para determinar as regras de manipulação e fabricação de nanoestruturas. Neste contexto, a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD – do inglês *Organization for Economic Co-operation and Development*), criou, em 2007, um ramo para aconselhar países e estabelecer parâmetros relacionados à fábrica de materiais em escala nano. De acordo com Wilson (2018), um dos objetivos da organização é ajudar os 35 países pertencentes à entidade a desenvolver legislações garantindo o desenvolvimento da Nanotecnologia de forma sustentável e segura. Outras organizações e legislações mais específicas também foram criadas, como é o caso do conjunto de leis, criado pela União Européia em 2012, estipulando regras para fabricação de cosméticos que contenham nanopartículas (RAJ *et al.*, 2012).

A Nanotecnologia é um campo relativamente novo, e que ainda possui muito potencial de inovação, entretanto, como toda nova tecnologia, pode apresentar alguns riscos à saúde e meio ambiente, os quais ainda não foram constatados. Entretanto, o importante é saber utilizar esta nova tecnologia de forma sábia, sabendo discernir o que é positivo e o que é negativo para a sociedade como um todo. Assim sendo, é extremamente importante que a população se informe acerca do assunto e das pesquisas mais recentes na área, podendo, assim, ser capaz de

pensar criticamente sobre Nanotecnologia e ter suas próprias opiniões acerca de como esta nova tecnologia deve ser manipulada e utilizada na sociedade.

V. Nanociência e Nanotecnologia na escola

Como explicitado anteriormente, é muito importante que a população seja informada acerca dos prós e contras relacionadas à utilização da Nanotecnologia. Neste cenário, a escola desempenha papel fundamental, afinal de contas, para muitos ela continua sendo o único, ou principal, espaço de acesso ao conhecimento. Além disso, em tempo de *Fake News* e de grandes mudanças na sociedade, causadas em grande parte pelo desenvolvimento das tecnologias digitais da informação e comunicação, é importante que a escola assuma a formação científica e tecnológica como um de seus compromissos principais, conscientizando a população acerca dos empreendimentos da ciência e tecnologia.

Pensando no ensino do tema: Nanociência e Nanotecnologia, nas escolas de ensino básico no Brasil, a Física, enquanto ciência e componente curricular, tem muito a contribuir com o entendimento do mesmo. Assim, seria papel, principalmente, mas não exclusivamente, dos professores de Física abordarem este tópico, o qual pode contemplar o conteúdo programático de FMC. Assim sendo, os professores de Física seriam os principais responsáveis por instigarem um olhar mais crítico dos alunos, incentivando os mesmos a refletirem e interpretarem acerca dos avanços tecnológicos e o papel da ciência e da sociedade neste contexto:

No ensino da nanotecnologia é fundamental uma abordagem crítica e reflexiva, a fim de contribuir com a formação cidadã dos estudantes. Além disso, o ensino da nanotecnologia não deve se restringir à apresentação das aplicações dessa tecnologia e à preparação dos estudantes para o mundo do trabalho a ela relacionado, mas também deve auxiliá-los na construção de um pensamento crítico a respeito da nanotecnologia em seu cotidiano e contribuir para que possam se posicionar perante esse processo (JESUS; LORENZETTI; HIGA, 2015, p. 02).

Infelizmente, o quadro acima pintado, não é a realidade observada nas salas de aula do ensino básico. A maior parte da Física abordada nas escolas ainda está relacionada com a Física construída antes do século XX, ou seja, com pouca ou nenhuma relação com o grande desenvolvimento tecnológico que temos hoje. Além disso, vários autores apontam que os alunos não são incentivados a pesquisar, estudar e discutir temas que envolvam tecnologia dentro de sala de aula (SANTOS; LONDERO, 2015).

VI. Desenvolvimento Metodológico

Para a realização de uma revisão de literatura são necessários: planejamento, organização das metodologias de busca adequadas e das informações obtidas, e conhecimento específico sobre a análise dos materiais acumulados. Assim sendo, existe uma ampla variedade de

procedimentos e mecanismos tecnológicos que visam suprir esta necessidade. A realização desta revisão de literatura, em específico, fundamentou-se na metodologia de Análise de Conteúdo descrita pela autora francesa Laurence Bardin.

No seu livro intitulado “*L’Analyse De Contenu*”, traduzido para o português como “Análise de Conteúdo”, Bardin (2011) afirma que o método de análise de conteúdo pode ser aplicado a vários gêneros e tipos de textos, possuindo o objetivo de explorar e interpretar documentos, os quais passam por um processo sistemático de organização para que possam ser extraídos inventários estatísticos de estruturas textuais, como palavras, temas e classes de sentido. Logo, podemos dizer que a análise de conteúdo é definida como:

Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) dessas mensagens (BARDIN, 2011, p. 48).

De acordo com a autora, a análise de conteúdo pode ser basicamente organizada em três fases: i) pré-análise; ii) exploração do material; e iii) tratamento dos resultados.

A etapa de pré-análise é caracterizada pela organização operacional dos objetos a serem analisados, com o objetivo de escolher os materiais que serão analisados e realizar as primeiras demarcações do que será investigado, resultando na elaboração das primeiras hipóteses. Nesta etapa uma série de recomendações deve ser seguida: a) leitura flutuante: visando um primeiro contato com os textos analisados; b) escolha dos documentos: definição do *corpus* de análise. Ou seja, do conjunto de documentos tidos em conta para serem submetidos aos procedimentos analíticos (BARDIN, 2011); c) formulação de hipóteses e objetivos; e d) elaboração de indicadores, que orientarão a interpretação e a preparação formal do material.

O segundo estágio, exploração do material, é reservado à elaboração de categorias a fim de classificar o material de análise em pequenos grupos, tendo como embasamento os objetivos, as hipóteses preliminares, e os referenciais teóricos da pesquisa (FERREIRA; LOGUECIO, 2014). Segundo Bardin (2011), a categorização pode ocorrer *a priori* ou *a posteriori*. Na primeira, o analisador parte de um grupo preestabelecido de categorias, e tenta classificar os materiais da amostra nestas categorias previamente estabelecidas. No último, as categorias são resultado da classificação progressiva dos elementos, ou seja, o título da categoria só é definido no final da operação.

Por fim, o tratamento dos resultados, último estágio da análise, consiste na inferência e interpretação dos resultados obtidos, caracterizando-se pela avaliação crítica, consolidação, sistematização, e julgamento das interpretações realizadas nas etapas anteriores (SILVA; FOSSÁ, 2015).

VII. Resultados gerais

A partir da metodologia previamente explicitada, inicialmente foram acessados os *sites* dos eventos nacionais SNEF, EPEF e ENPEC, entre os anos de 2008 e 2017. Todos esses eventos acontecem bianualmente, contudo, os dois primeiros são realizados em anos ímpares, enquanto que o ENPEC é realizado em anos pares. Assim sendo, os eventos SNEF e ENPEC englobam os anos: 2009, 2011, 2013, 2015 e 2017; e o Evento EPEF engloba os anos: 2008, 2010, 2012, 2014 e 2016. Este último evento teve uma edição extra em 2011, onde foi realizado em conjunto com o Encontro de Física, organizado pela Sociedade Brasileira de Física (SBF). É importante destacar que na edição de 2016, o evento também foi executado juntamente com a SBF.

Após ter acesso a todos os *web-sites*, foi realizada uma busca utilizando-se o buscador automático dos mesmos. Para tal, utilizaram-se os seguintes termos: “nano”, “nanociência”, “nanotecnologia”, e alguns termos derivados, como “nanomundo” e “nanoplaneta”. Foram encontrados 30 trabalhos que possuíam título fazendo menção a, pelo menos, um dos termos supracitados. Os trabalhos foram, então, submetidos à etapa de pré-análise, onde, após a realização da leitura flutuante, seis deles foram descartados por serem curso, oficina, ou palestra. Assim sendo, vinte e quatro artigos foram selecionados para fazer parte do *corpus* de análise da presente investigação.

Seguindo para a segunda etapa da análise de conteúdo, os artigos foram classificados por evento e ano de publicação. Os resultados obtidos são evidenciados no gráfico 1.

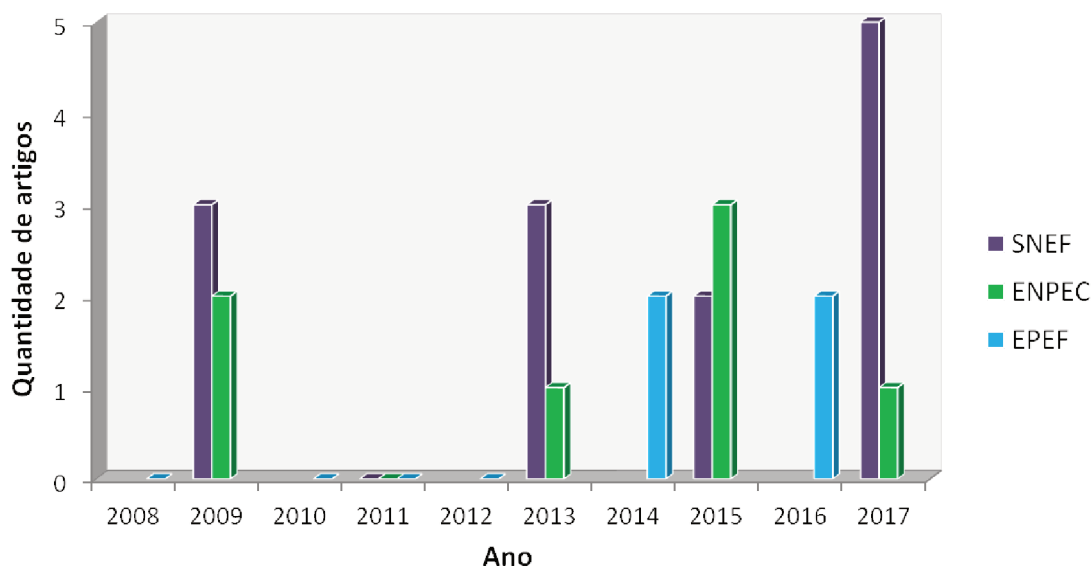


Gráfico 1 – Quantidade de artigos classificados por ano e evento de publicação.

A partir da análise do gráfico, fica evidente que o número de publicações entre os anos de 2013 e 2017 é muito maior se comparado com o número de publicações no período entre 2008 e 2012; demonstrando que nos últimos anos houve uma preocupação maior com o tema. Além disso, é possível notar que o SNEF é o evento que possui maior número de publi-

cações que abordam o tema analisado, apresentando mais que 50% do número total de artigos selecionados. Isto pode estar relacionado ao fato do SNEF ser considerado o maior evento brasileiro da área de ensino de Física, atraindo, assim, mais atenção e conseqüentemente um maior número de publicações. Além disso, esse evento contempla a apresentação de relatos de experiências, enquanto que os demais não aceitam trabalhos desta natureza.

O segundo evento com maior número de publicações é o ENPEC, com sete artigos selecionados. Uma possível explicação para este resultado pode ser o fato do tema “Nanociência e Nanotecnologia” ter caráter interdisciplinar, e este evento é caracterizado por contemplar pesquisas multidisciplinares, relacionando o ensino de Física com conteúdos de Biologia, Química, Matemática, entre outros.

Após esta primeira classificação, ainda na etapa de exploração de material, os artigos foram submetidos à classificação em três categorias distintas escolhidas *a priori* após leitura flutuante: i) propostas didáticas; ii) potencialidade do tema; e iii) dificuldades e desafios na abordagem do tema em sala de aula. A primeira categoria compreende os artigos que focam em apresentar propostas didáticas para serem aplicadas no ensino de nível básico, podendo, ou não, exibir relatos de experiência e pesquisas quanto aos conhecimentos prévios dos alunos. Artigos que apresentam, como objetivo principal, a divulgação científica do tema no ensino básico, também são classificados nesta categoria. Na categoria: “potencialidade do tema”, são englobados os artigos que possuem como principal objetivo destacar a importância do tema para o ensino e para a sociedade; apontando as principais vantagens, conseqüências, e interdisciplinaridade do mesmo, bem como questões éticas, políticas e econômicas relacionadas à temática. A última categoria, por sua vez, é constituída pelos artigos que focam no discurso acerca dos problemas e dificuldades enfrentados para a abordagem do tema “Nanociência e Nanotecnologia” em aulas do nível básico, podendo compreender relatos de experiências, ou apenas pesquisas teóricas.

Após minuciosa leitura dos materiais, tentamos classificar todos os vinte e quatro artigos em uma das categorias supracitadas; contudo, percebeu-se que cinco artigos não eram bem atendidos por essa categorização, e duas outras categorias tiveram que ser criadas. As categorias escolhidas *a posteriori* foram: i) formação de professores e ii) revisão de literatura. A primeira categoria engloba os artigos que discorrem acerca de pesquisas e testes realizados com professores já formados e discentes do curso de licenciatura em Física, a fim de verificar a qualidade da educação no ensino superior e/ou nível de conhecimento acerca do tema “Nanociência e Nanotecnologia”. Artigos que tenham como objetivo aplicar atividades de capacitação de professores e discentes, também são classificados nesta categoria. Na categoria de “revisão de literatura”, são classificados os artigos que apresentam revisão bibliográfica sobre algum tópico relacionado ao ensino de Nanociência e Nanotecnologia nas escolas de nível básico.

Ademais, cabe ressaltar, que seguindo a metodologia de análise de conteúdo, é importante que um trabalho/artigo seja classificado em apenas uma categoria, assim sendo, os

trabalhos analisados foram classificados na categoria que mais condizia com os objetivos apresentados pelo mesmo.

Os resultados obtidos após a classificação dos artigos é evidenciado na tabela 1, onde podemos observar a relação entre as categorias, quantidade de artigos, e eventos de publicação. O leitor também pode encontrar uma tabela detalhada com as classificações dos artigos, e seus respectivos *links* para acesso, no apêndice A.

Tabela 1 – Categorias de classificação, quantidade de artigos e eventos onde foram publicados.

Categorias	SNEF	ENPEC	EPEF	Total
Proposta didática	11	3	2	16
Potencialidade do tema	-	1	1	2
Dificuldades e desafios	1	-	-	1
Formação de professores	1	2	1	4
Revisão de literatura	-	1	-	1
Total de artigos por evento	13	7	4	24

Como é possível observar, o número de artigos classificados na categoria de “proposta didática” é bastante chamativo, representando mais de 66% do total de artigos. Este resultado pode estar relacionado ao fato de grande parte desses artigos estarem publicados no SNEF, o qual é o único dos três eventos que aceita relatos de experiência, os quais são muito comuns em artigos que apresentam propostas didáticas.

A terceira etapa da análise de conteúdo, caracterizada pelo tratamento, seleção e interpretação dos resultados; foi realizada logo após a total classificação dos artigos que compõe o *corpus* de análise do presente trabalho. Alguns dos resultados mais gerais já foram apresentados nesta seção, entretanto uma discussão mais aprofundada será realizada na próxima seção, onde os resultados serão apresentados, analisados e discutidos por categoria de análise.

VIII. Resultados por categoria de classificação

Embora os artigos analisados sejam provenientes de três eventos distintos, e possuam diferentes objetivos, a maioria deles segue um mesmo esquema estrutural: de modo geral iniciam com uma introdução, onde discorrem acerca da história, importância e potencialidade do tema; em seguida dissertam, ou pelo menos citam, sobre as dificuldades enfrentadas para o ensino de Nanociência e Nanotecnologia nas escolas de nível básico; e em seguida partem para a fundamentação teórica, a qual pode ser sobre o tema, ou sobre a técnica específica utilizada no artigo. Por fim, são discutidos os aspectos mais específicos de cada trabalho, como: i) metodologia utilizada; ii) resultados obtidos; e iii) conclusões do trabalho.

VIII.1 Propostas didáticas

Os dezesseis artigos classificados nesta categoria apresentam propostas de ensino para inserção do tema Nanociência e Nanotecnologia no ensino básico. É possível afirmar que quase todos os artigos destacam a importância do tema, bem como sua característica interdisciplinar e potencialidade, o que fica bastante evidente no seguinte parágrafo retirado de um dos artigos:

A nanotecnologia promete revolucionar a forma como vivemos, nos comunicamos e como trabalhamos. Pesquisadores atuantes na área vêem na nanotecnologia o potencial para que doenças incuráveis sejam tratadas, materiais com propriedades excepcionais nunca observados sejam obtidos, gerando perspectivas de grandes mudanças sociais e econômicas (ZANELLA et al., 2009, p. 02).

É importante ressaltar que, embora quase todos os artigos destaquem a interdisciplinaridade do tema, apenas um dos trabalhos elabora uma proposta de ensino diretamente relacionada com outra área de conhecimento. Os autores Girelli e Silva (2014), propõem uma sequência didática para uma turma de formação técnica profissional em agropecuária, a qual se baseia na análise de textos que abordam o tema e fazem parte do contexto dos alunos, como folders e materiais específicos do curso.

Como justificativa para a elaboração de módulos de ensino com o tema “Nanociência e Nanotecnologia”, os artigos destacam a necessidade da elaboração de materiais atualizados, diversificados, de qualidade, e com linguagem e embasamento teórico propícios à compreensão dos estudantes. Além disso, os artigos expressam a importância de explorar os conteúdos através da pesquisa científica, defendendo que esse ato motiva os alunos a criarem relações entre os conteúdos de sala de aula e a vida real:

O uso e emprego de materiais educacionais diversificados possibilitam ao discente desenvolver uma melhoria na sua aprendizagem. A utilização de materiais diversificados e cuidadosamente selecionados, ao invés da “centralização” em livros de texto, é também um princípio facilitador para a aprendizagem significativa crítica. Não devemos abandonar os livros didáticos, mas a descentralização deles possibilita promover uma aprendizagem mais significativa para o aluno, capacitando-o a tornar-se um cidadão mais autônomo no seu processo de ensino aprendizagem (PISTOIA; ELLAWANGER; FAGAN, 2017, p. 03).

Vários artigos, como é o caso de Oliveira (2017) e Oliveira, Ferreira e Almeida (2009), abordaram, em suas sequências didáticas, atividades focadas no reconhecimento das concepções alternativas (ideias e que não coincidem com os saberes científicos) dos estudantes. Segundo estes artigos, uma “sondagem” inicial do nível de conhecimento dos alunos é essencial para identificação das falhas de conhecimento dos mesmos, possibilitando pequenos ajustes dos módulos didáticos a fim de preencher essas lacunas de ensino.

Buscando a abordagem de metodologias de ensino não tradicionais, os módulos de ensino apresentados nos artigos analisados expõem diversificados instrumentos didáticos para a introdução de Nanociência e Nanotecnologia em sala de aula. Tais instrumentos variam desde atividades experimentais, como apresentado pelos autores Pistoia, Ellawanger e Fagan (2017), onde foi trabalhado conceitos de hidrofobicidade a partir de experimentos e discussões; até a elaboração de uma cartilha em forma de quadrinhos (AQUINO; SARAIVA, 2016), onde foram discutidos os conceitos, aplicações e implicações do tema no cotidiano dos alunos a partir de histórias em quadrinhos criadas pelos autores do artigo. Outros trabalhos trazem propostas que utilizam recursos de mídia, análises de textos de divulgação científica, elaboração de mapas conceituais, e discussões em grupos, como é o caso do artigo escrito por Ângelo Júnior et al. (2017), o qual utiliza o método Jigsaw a fim de estimular discussões entre os alunos. Este mesmo artigo destaca-se, também, por realizar uma abordagem relacionando o tema com a disciplina de artes, onde os autores propõem uma atividade para apresentação de imagens de nanoarte e discussão das mesmas com os alunos. Outros artigos se distinguem por elaborarem propostas didáticas baseadas em jogos, como é o caso do artigo de Leonel e Lamy-peronnet (2013), onde os autores propõem um jogo de cartas que estimula a discussão dos alunos sobre o assunto.

Se tratando de propostas didáticas para abordagem de um tema tão controverso, como é o caso da Nanociência e Nanotecnologia, vale salientar a necessidade de abordar tanto as vantagens quanto às implicações das possíveis aplicações do tema. É preciso ter o cuidado para não reforçar a visão de neutralidade e também salvacionista que muitos alunos trazem acerca da tecnologia. Ao mesmo tempo é preciso cuidar para não corroborar com a concepção tecnofóbica (POSTMAN, 1994), ou muitas vezes diabólica, que é propagada por algumas fontes sobre o tema em questão. A proposta didática precisa fazer uso de diversas fontes e garantir um olhar mais amplo, com vistas à formação de uma concepção mais ampla e crítica sobre o assunto.

Quanto às dificuldades da abordagem do tema em sala de aula, os artigos apontam principalmente para a falta de material didático de qualidade, que utilize linguagem adequada, discuta acerca dos pontos negativos e positivos da temática, e aborde o tema com o rigor e a profundidade necessária para que os alunos possam compreender a importância do tema e sejam capazes de se posicionarem criticamente acerca do mesmo. Os autores Santos e Londero (2015) evidenciaram esta problemática ao mostrarem uma pesquisa realizada com quinze coleções de livros de Física destinados ao ensino médio da educação brasileira, onde apontam que apenas dois dos livros analisados “incorporam considerações sobre a Nanotecnologia e a Nanociência, as quais se encontram contempladas nos tópicos de Física Moderna e Contemporânea como, por exemplo, associadas à teoria quântica”. Os autores ressaltam, ainda, que: “a abordagem nos livros aproxima-se de uma perspectiva tecnológica instrumental que a distanciam de uma perspectiva de educação científica e tecnológica”.

Outra grande dificuldade apresentada pelos artigos é a falta de conhecimento dos professores de Física do ensino básico. Os artigos ressaltam que tal fato pode estar relacionado à escassez de estudos sobre o tema nas instituições de nível médio e superior; ao baixo investimento do país em pesquisas de base relacionadas à Nanociência; ao elevado número de docentes formados em outras áreas lecionando Física; e, até mesmo, aos próprios currículos de Física, tanto do nível básico como superior, os quais são antiquados e não condizem com a realidade social e tecnológica que estamos vivendo. Assim sendo, há sempre um “distanciamento entre os conteúdos ministrados e a realidade cotidiana” (MENEGA; FAGAN, 2009, p. 02). Desta maneira, embora os professores sejam cobrados a lecionarem o conteúdo, não lhes é fornecida a base e os materiais necessários para que possam ministrar o tema em sala de aula, gerando um ciclo, aparentemente, sem fim.

Alguns artigos ainda destacam como dificuldades encontradas: a abstração do tema; mistificação do assunto como sendo muito complexo e inteligível; subestimação da capacidade intelectual dos alunos; e a falta de acesso a informações na comunidade. Este último é evidenciado por uma pesquisa realizada com 167 alunos do ensino médio acerca do conhecimento dos mesmos sobre o tema (BERNARDO; FIGUEIREDO; LOPES, 2016), mostrando que apenas 21% dos entrevistados sabiam o significado da palavra “nano”, e somente 12% conheciam as vantagens e desvantagens da Nanociência e Nanotecnologia para a sociedade.

VIII.2 Potencialidade do tema

Os dois artigos classificados nesta categoria apresentam abordagens bem distintas, entretanto, os dois enfatizam a importância do ensino do tema na educação básica e destacam sua potencialidade, como é exemplificado no parágrafo a seguir:

Pesquisadores atuantes nessa área veem na nanociência e nanotecnologia o potencial para que doenças incuráveis sejam tratadas, materiais com propriedades excepcionais nunca observados sejam obtidos, gerando perspectivas de grandes mudanças sociais e econômicas. Esperam, com esses materiais, aumentar a capacidade de armazenamento e processamento de dados de computadores; criar novos mecanismos para entrega de medicamentos mais seguros e menos prejudiciais ao paciente dos que os disponíveis hoje; criar materiais mais leves e mais resistentes do que metais e plásticos, os quais seriam utilizados em prédios, automóveis, aviões, etc. (RODRIGUES; STRIEDER, 2014, p.02).

O artigo dos autores Leonel e Souza (2009), apresenta a potencialidade do tema a partir de uma breve e concisa revisão histórica, iniciando com o surgimento da ideia de Nanociência, apresentada por Richard Feynman, até chegar no papel desempenhado pela Nanociência e Nanotecnologia no século XXI. No texto, os autores ainda destacam a importância da invenção dos microscópios de varredura por sonda e falam rapidamente sobre as características diferenciadas dos nanomateriais. Quanto às dificuldades enfrentadas no ensino do tema, os autores citam a interdependência do tema com outras áreas do conhecimento: “O fato de o

tema depender dos saberes de várias disciplinas para ser bem entendido [...] pode dificultar sua abordagem por metodologias ou em situações que não permitem o entrelaçamento entre as disciplinas”.

No segundo texto: “Nanociência e Nanotecnologia no Ensino Médio: alguns elementos” (RODRIGUES; STRIEDER, 2014), é realizada análise de alguns livros didáticos de Física do ensino médio, a fim de identificar como o conteúdo de “Nanociência e Nanotecnologia” é abordado. O artigo sugere que as principais dificuldades na abordagem do tema são: i) falta de materiais disponíveis; e ii) os poucos materiais existentes enfatizam apenas os aspectos positivos, e não tratam das questões sociais, éticas, políticas e econômicas relacionadas ao tema. Relacionado ao primeiro item mencionado, os autores Rodrigues e Strieder (2014) afirmam que embora as discussões sobre o tema apareçam articuladas aos conteúdos de óptica e Física Moderna em alguns livros analisados, o tema não está realmente introduzido nos livros, o que é notório com a análise da seguinte frase retirada do artigo:

As discussões sobre nanociência e nanotecnologia [...] não estão, de fato, incorporadas nos Livros, visto que comparecem, na maioria dos casos, em textos complementares e a título de informação e/ou curiosidade, sem o aprofundamento necessário (RODRIGUES; STRIEDER, 2014, p. 07).

Assim sendo, é extremamente importante o educador fazer uso de outras fontes de ensino (vídeos, entrevistas, notícias de jornais, entre outras) para garantir uma visão mais ampla acerca do tema em questão.

VIII.3 Dificuldades e Desafios na abordagem do tema

O artigo dos autores Santos *et al.* (2017), analisa dois trabalhos distintos de conclusão de curso a fim de evidenciar os desafios e possibilidades para inclusão do ensino de Nanociência nas aulas de Física da educação básica. Os autores retratam como principais desafios encontrados: i) isenção do tema na formação inicial dos professores; e ii) desatualização dos currículos. Segundo os autores, tais dificuldades somadas à escassez de materiais de apoio, e a falta de suporte, como por exemplo, formações continuadas, “culmina no evidente despreparo [dos professores] para tratar certos assuntos de maneira eficiente” (SANTOS *et al.*, 2017, p. 02). O artigo aponta, também, para a dificuldade de encontrar o tema em livros didáticos aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático, e ressalta que quando o tema é abordado, é tratado de maneira superficial e a título de curiosidade:

... as mudanças no ensino não se referem a mera inserção de tópicos que agucem momentaneamente a curiosidade dos alunos. É necessário que elas sejam pautadas numa educação científica consistente, capaz de promover a construção de um posicionamento crítico e consciente no indivíduo (SANTOS *et al.*, 2017, p. 02).

Novamente reforça-se a importância de utilizar fontes diversas para a abordagem do tema e também a potencialidade do tema para a construção de uma visão mais crítica e coerente da ciência e do desenvolvimento científico e tecnológico.

VIII.4 Formação de Professores

Os quatro artigos pertencentes a esta categoria, destacam e dissertam acerca do cunho interdisciplinar do tema. Além de evidenciar as inúmeras áreas de aplicação da Nanotecnologia, dois dos artigos apresentam atividades/pesquisas realizadas em disciplinas fora da Física. O artigo de Bernardo, Figueiredo e Lopes (2016), apresenta uma atividade realizada em uma disciplina de Ciências Humanas, enquanto que Pereira et al. (2009), apresentou uma pesquisa realizada com alunos do curso de Ciências Biológicas, quanto a temática: Nanotecnologia e Citologia.

Todos os artigos convergem para a importância do tema e a necessidade de abordá-lo em sala de aula, destacando as questões sociais, éticas, políticas e econômicas, intrínsecas ao tema. O excerto, retirado de um dos artigos analisados evidencia o que foi falado acima:

Atualmente, a Nanociência e a Nanotecnologia vêm ganhando destaque no cenário mundial, com inúmeras frentes de pesquisa, principalmente no que diz respeito ao desenvolvimento de novos materiais, com aplicações no campo da saúde, militar, no desenvolvimento de cosméticos, entre outros. Dessa forma, entendemos que é um tema importante para ser abordado nas aulas de Ciências e pode contribuir para uma formação crítica de cidadãos, que saibam reconhecer e entender o papel dessa tecnologia na sociedade atual (SILVA; LOPES, 2015, p. 02).

Quanto às dificuldades enfrentadas para a abordagem do tema, os artigos apontam principalmente para a inexistência de currículos atualizados, tanto na educação básica como na superior, o que acaba comprometendo a formação dos professores, e conseqüentemente dos alunos. Segundo Bernardo, Figueiredo e Lopes (2016): “A atualização dos currículos acadêmicos não tem conseguido acompanhar os avanços experimentados pelos grandes centros tecnológicos, o que acaba comprometendo a formação dos professores”. Os artigos apresentam, ainda, pesquisas que destacam que por consequência desta desatualização dos currículos, muitos alunos do ensino superior não tem contato com o tema na educação básica, o que é realçado por Pereira et al. (2009): alunos do sexto semestre do curso de Ciências Biológicas “reclamaram de nunca terem ouvido falar em Nanotecnologia”.

Os artigos também apontam a falta de materiais de qualidade, bem como a “falta de pesquisas que investiguem conhecimentos, concepções e relações deste tema com o ensino de ciência sob a ótica dos professores” (SILVA; LOPES, 2015, p. 03), como desafios encontrados para o ensino de Nanociência e Nanotecnologia nas escolas.

VIII.5 Revisão de Literatura

O único artigo classificado a esta categoria realiza uma revisão bibliográfica a fim de compreender como as propostas de ensino de Nanotecnologia para a educação básica se apropriam da abordagem CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade). O artigo não discute acerca da potencialidade do tema, ou dos desafios enfrentados para a abordagem do tema em sala de aula. Entretanto, o artigo ressalta a importância de se ensinar Nanociência e Nanotecnologia utilizando-se uma abordagem crítica e reflexiva, de maneira a proporcionar aos alunos a base necessária para que possam se posicionar socialmente a respeito do tema.

IX. Considerações finais

De modo geral, os trabalhos analisados evidenciam a potencialidade e a característica interdisciplinar do tema, apontando para a possibilidade de correlação com as áreas de Física, Biologia, Química, Ciências da Saúde e Engenharias. A aplicação tecnológica da Nanociência e Nanotecnologia no tratamento de doenças, fabricação de materiais com propriedades nunca observadas, e, até mesmo, na fabricação de cosméticos, também é destacado por muitos trabalhos. Entretanto, devido a falta de conhecimento quanto aos efeitos causados pela utilização inadequada dos nanomateriais, o tema ainda gera muita polêmica. Desta maneira, muitos trabalhos apontam para a necessidade de tratar as questões sociais, éticas, políticas e econômicas intrínsecas ao tema, tendo cuidado para não reforçar a visão de neutralidade e salvacionista que muitos indivíduos trazem acerca da tecnologia.

Com relação ao ensino de Nanociência e Nanotecnologia, a análise dos trabalhos selecionados mostra um cenário ainda bastante preocupante. Entre as principais dificuldades mencionadas, destacam-se: a isenção do tema na formação inicial dos professores, e a desatualização dos currículos, tanto de nível médio como superior. Além disso, a falta de materiais didáticos de qualidade, que abordem o tema de maneira ampla, enfatizando os aspectos positivos e negativos, e as questões sociais, éticas, políticas e econômicas relacionadas ao tema, representa mais um grande obstáculo para o ensino de Nanociência e Nanotecnologia no Brasil. Assim sendo, o caminho a ser percorrido para que o tema seja amplamente trabalhado nas escolas ainda é longo, e os desafios a serem superados são numerosos.

Contudo, o número de pesquisas e propostas didáticas com o tema “Nanociência e Nanotecnologia” vêm crescendo a cada ano aumentando a chance do tema ser contemplado, tanto na formação docente, inicial e continuada, quanto nas atividades curriculares desenvolvidas na educação básica.

X. Referências

ÂNGELO JÚNIOR, J. D. *et al.* Uma proposta didática de ensino de nanociência e nanotecnologia no ensino médio usando o método Jigsaw. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO

DE FÍSICA, 22, 2017, São Carlos. **Anais...** . São Carlos: 2017. p. 1 - 8. Disponível em: <<http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sys/resumos/T0595-1.pdf>>. Acesso em: 22 mar. 2018.

AQUINO, A. A.; SARAIVA, G. D. Nanociência e Nanotecnologia em quadrinhos: uma abordagem para o Ensino Médio. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 15, 2016, Maresias. **Anais...** p. 1-8. Disponível em: <<http://www1.sbfisica.org.br/eventos/enf/2016/sys/resumos/T0639-1.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 2018.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. São Paulo, 2011.

BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR. Base Nacional Comum Curricular, de 2018. **Ministério da Educação**. Brasil, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/wp-content/uploads/2018/06/BNCC_EnsinoMedio_embaixa_site_110518.pdf>. Acesso em: 05 jul. 2018.

BERNARDO, G. A. M.; FIGUEIREDO, G. de A.; LOPES, M. D. Nanociência e Nanotecnologia: um diálogo possível. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 15, 2016, Maresias. **Anais...** 2016. p. 1-9. Disponível em: <<http://www1.sbfisica.org.br/eventos/enf/2016/sys/resumos/T0388-1.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. **Orientações curriculares para o ensino médio: Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. 2. ed. Brasília: Secretaria da Educação Básica, 2006. 135 p. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf>. Acesso em: 15 maio 2019.

DESHMUKH, S. P. *et al.* Silver nanoparticles as an effective disinfectant: A review. **Materials Science And Engineering: C**, [s.l.], v. 97, p. 954-965, abr. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.msec.2018.12.102>.

ECHER, I. C. A revisão de literatura na construção do trabalho científico. **Revista Gaúcha de Enfermagem**, Porto Alegre, v. 22, n. 2, p. 5-20, jul. 2001. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/23470/000326312.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 01 out. 2018.

EDWARDS, S. Who invented nano? **The Nanotech Pioneers**, Us, v. 1, n. 1, p. 87-87, nov. 2006. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/nnano.2006.115.pdf>>. Acesso em: 01 maio 2018.

ELAHI, N.; KAMALI, M.; BAGHERSAD, M. H. Recent biomedical applications of gold nanoparticles: A review. **Talanta**, [s.l.], v. 184, p.537-556, jul. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.talanta.2018.02.088>.

ELLWANGER, A. L.; FAGAN, S. B.; MOTA, R. Do metro ao nanômetro: Um salto para o átomo. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 18, 2009, Vitória. **Anais...** . Vitória: 2009. p. 1-10. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xviii/sys/resumos/T0706-1.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2018.

ESPINOSA, A. *et al.* Duality of Iron Oxide Nanoparticles in Cancer Therapy: Amplification of Heating Efficiency by Magnetic Hyperthermia and Photothermal Bimodal Treatment. **Acs Nano**, v. 10, n. 2, p. 2436-2446, 20 jan. 2016. American Chemical Society (ACS). <http://dx.doi.org/10.1021/acsnano.5b07249>.

ESUS, I. P. de; LORENZETTI, L.; HIGA, I. A abordagem CTS em propostas de ensino da nanotecnologia. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 10, 2015, Aguas de Lindoia. **Anais...** . Aguas de Lindoia: 2015. p. 1-8. Disponível em: <<http://www.abrapecnet.org.br/enpec/x-enpec/anais2015/busca.htm?query=nano>>. Acesso em: 30 mar. 2018.

FERREIRA, M.; LOGUECIO, R. de Q. A análise de conteúdo como estratégia de pesquisa interpretativa em educação em ciências. **Revelli – Revista de Educação, Linguagem e Literatura**, Inhumas, v. 6, n. 2, p. 33-49, out. 2014.

FEYNMAN, R. **There is plenty of room at the bottom**. Disponível em: <<http://calteches.library.caltech.edu/1976/1/1960Bottom.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2017.

FREESTONE, I. *et al.* The Lycurgus Cup - A Roman Nanotechnology. **Gold Bulletin**, Reino Unido, v. 4, n. 40, p.270-277, jan. 2007. Disponível em: <<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/BF03215599.pdf>>. Acesso em: 04 maio 2018.

GIRELLI, P. de S.; SILVA, H. C. da. Análise discursiva de textos sobre nanotecnologia como subsídio para abordagens em sala de aula. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 14, 2014, Maresias. **Anais...** p. 1-8. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epenf/xv/sys/resumos/T0259-1.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 2018.

GRANADA, M. *et al.* Mapas conceituais como recurso didático no ensino de nanociências. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 20, 2013, São Paulo. **Anais...** São Paulo: 2013. p. 1-7. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xx/sys/resumos/T0216-1.pdf>>. Acesso em: 22 mar. 2018.

HUTCHINGS, G. J. Heterogeneous Gold Catalysis. **Acs Central Science**, [s.l.], v. 4, n. 9, p. 1095-1101, 27 jul. 2018. American Chemical Society (ACS). <http://dx.doi.org/10.1021/acscentsci.8b00306>.

IQBAL, P.; PREECE, J. A.; MENDES, P. M. Nanotechnology: The “Top-Down” and “Bottom-Up” Approaches. **Supramolecular Chemistry**, [s.l.], p. 1-14, 15 mar. 2012. John Wiley & Sons, Ltd. <http://dx.doi.org/10.1002/9780470661345.smc195>.

JESUS, I. P.; HIGA, I.; LORENZETTI, L. A abordagem CTS em propostas de ensino de nanotecnologia. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 10, 2015, Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia: 2015. p. 1-8. Disponível em: <<http://www.abrapecnet.org.br/enpec/x-enpec/anais2015/resumos/R1200-1.PDF>>. Acesso em: 30 mar. 2018.

LEONEL, A. A. **Nanociência e Nanotecnologia: Uma proposta de ilha interdisciplinar de racionalidade para o ensino de Física moderna e contemporânea no Ensino Médio**. 2010. 215 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/94571/276442.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2018.

LEONEL, A. A.; LAMY-PERONNET, R. S. Nanociência e Nanotecnologia: Do debate público à sala de aula. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 9, 2013, Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia: 2013. p. 1-8. Disponível em: <<http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sys/resumos/T1130-1.pdf>>. Acesso em: 30 mar. 2018.

LEONEL, A. A.; SOUZA, C. A. Nanociência e nanotecnologia para o ensino de física moderna e contemporânea na perspectiva da alfabetização científica e técnica. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7, 2009, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: 2009. p. 1-8. Disponível em: <<http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viiienpec/>>. Acesso em: 30 mar. 2018.

LIU, Z. *et al.* Plasmonic organic bulk-heterojunction solar cells based on hydrophobic gold nanorod insertion into active layers. **Journal of Applied Polymer Science**, [s.l.], v. 135, n. 9, p. 1-5, 30, out. 2017. Wiley-Blackwell. <http://dx.doi.org/10.1002/app.45920>.

MELO, C. P. de; PIMENTA, M. Nanociências e nanotecnologia. **Parcerias Estratégicas**, Sp, v. 45, n. 22, p. 9-21, dez. 2017. Disponível em: <<file:///G:/IC-Dados/TCC/Capitulo1e2/130-506-1-PB.pdf>>. Acesso em: 20 maio 2018.

MENEGA, T. M. C.; FAGAN, S. B. O uso de textos de divulgação científica para abordagens de tópicos de nanociências em aulas de física. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 18, 2009, Vitória. **Anais...** Vitória: 2009. p. 1-10. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xviii/sys/resumos/T0068-2.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2018.

OLIVEIRA, C. T. Nanomundo, proposta de discussão e aprendizagem a bilhões do metro. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 22, 2017, São Carlos. **Anais...** São Carlos: 2017. p. 1-7. Disponível em: <<http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sys/resumos/T1213-1.pdf>>. Acesso em: 22 mar. 2018.

OLIVEIRA, J. M. de L.; FERREIRA, C. U.; ALMEIDA, M. J. P. M. de. Leitura de um texto de divulgação científica sobre nanotecnologia no ensino médio. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 18, 2009, São Paulo. **Anais...** São Paulo: 2009. p. 1-8. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xx/sys/resumos/T0305-2.pdf>>. Acesso em: 22 mar. 2018.

PAIVA, F. A. P. *et al.* Introduzindo temas de nanociência no ensino médio. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 20, 2013, São Paulo. **Anais...** São Paulo: 2013. p. 1-8. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xx/sys/resumos/T0761-1.pdf>>. Acesso em: 22 mar. 2018.

PEREIRA, C. R. da S. *et al.* Nanotecnologia e citologia na formação de professores de ciências. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7, 2009, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: 2009. p. 1-8. Disponível em: <<http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viiienpec/pdfs/984.pdf>>. Acesso em: 30 mar. 2018.

PISTOIA, R. P.; ELLAWANGER, A. L.; FAGAN, S. B. O Ensino de Nanociências via Hidrofobicidade por meio de Módulo Didático Pedagógico. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 11, 2017, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: 2015. p. 1-14. Disponível em: <<http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/busca.htm?query=nano>>. Acesso em: 30 mar. 2018.

POSTMAN, N. **Tecnopólio: a rendição da cultura à tecnologia**. Tradução: Reinaldo Guarany. São Paulo: Nobel, 1994.

PRESTES, M. E. B.; SILVA, R. L. F. **Estágio com Pesquisa em Ensino de Biologia**. São Paulo, 2015. Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/364742/mod_resource/content/1/Analise de conteudo-2015.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/364742/mod_resource/content/1/Analise%20de%20conteudo-2015.pdf)>. Acesso em: 25 maio 2018.

RAJ, S. *et al.* Nanotechnology in cosmetics: Opportunities and challenges. **Journal Of Pharmacy And Bioallied Sciences**, [s.l.], v. 4, n. 3, p. 186-194, 2012. Medknow. <http://dx.doi.org/10.4103/0975-7406.99016>. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3425166/>>. Acesso em: 10 maio 2018.

RIBEIRO, A. V.; SOUZA FILHO, M. P. de. Transposição didática, sequência didática e avaliação formativa: elementos para subsidiar a prática docente de bolsistas do PIBID sobre a nanotecnologia. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 21, 2015, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: 2015. p. 1-8. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxi/sys/resumos/T0979-1.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 2018.

RIBEIRO, T. R.; BEZERRA JUNIOR, A. G.; ALVES, J. A. P. Inserção de tópico de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: elaboração de uma unidade didática com foco em nanociência e nanotecnologia. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDU-

CAÇÃO EM CIÊNCIAS, 10, 2015, Aguas de Lindoia. **Anais...** Aguas de Lindoia: 2015. p. 1-8. Disponível em: <<http://www.abrapecnet.org.br/enpec/x-enpec/anais2015/busca.htm?query=nano>>. Acesso em: 30 mar. 2018.

RODRIGUES, F. V. P.; STRIEDER, R. B. Nanociência e nanotecnologia no ensino médio: alguns elementos. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 14, 2014, Maresias. **Anais...** Maresias: 2014. p. 1-8. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/xv/sys/resumos/T0290-1.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 2018.

SANTOS, D. M.; LONDERO, L. Uma Discussão sobre Nanociência e nanotecnologia em aulas de física da educação básica. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 21, 2015, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: 2015. p. 1-8. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxi/sys/resumos/T0152-1.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 2018.

SANTOS, J. A. S. *et al.* Ensino de Nanociência: levantando desafios e buscando possibilidades. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 22, 2017, São Carlos. **Anais...** São Carlos: 2017. p. 1-8. Disponível em: <<http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sys/resumos/T0362-2.pdf>>. Acesso em: 22 mar. 2018.

SCHULZ, P. A. Há mais história lá embaixo – um convite para rever uma palestra. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 40, n. 4, p. 1-5, jul. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2017-0375>.

SCHULZ, P. Nanotecnologia – uma história um pouco diferente. **Ciência Hoje**, v. 308, p. 26-29, out. 2013.

SILVA, A. H.; FOSSÁ, M. I. T. Análise de conteúdo: Exemplo de aplicação da técnica para análise de dados qualitativos. **Qualit@s Revista Eletrônica**, v. 17, n. 1, p.1-14, jan. 2015. Disponível em: <<http://revista.uepb.edu.br/index.php/qualitas/article/view/2113/1403>>. Acesso em: 25 maio 2018.

SILVA, P. R. da; LOPES, J. G. da S. Nanociência, Nanotecnologia e Ensino de Ciências: um tema a ser discutido na formação de professores. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 10, 2015, Aguas de Lindoia. **Anais...** Aguas de Lindoia: 2015. p. 1-8. Disponível em: <<http://www.abrapecnet.org.br/enpec/x-enpec/anais2015/busca.htm?query=nano>>. Acesso em: 30 mar. 2018.

SOARES, F. G.; ALMEIDA, C. A. de; SILVA, J. R. N. da. A física do impossível: nanotecnologia, metamateriais e invisibilidade na sala de aula. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 22, 2017, São Carlos. **Anais...** São Carlos: 2017. p. 1-8. Disponível em: <<http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sys/resumos/T1130-1.pdf>>. Acesso em: 22 mar. 2018.

SOUZA FILHO, M. P. de *et al.* Projetos PIBIC júnior e PIBIC ensino médio: A nanotecnologia como tema de pesquisa e motivação dos alunos de uma escola pública. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 22, 2017, São Carlos. **Anais...** São Carlos: 2017. p. 1-8. Disponível em: <<http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sys/resumos/T0343-1.pdf>>. Acesso em: 22 mar. 2018.

SU, L. *et al.* A new instrument prototype to measure the geometric surface area of nanoparticles with a time resolution of 1s. **Journal Of Aerosol Science**, [s.l.], v. 132, p. 32-43, jun. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaerosci.2019.03.007>.

WILSON, N. Nanoparticles: Environmental Problems or Problem Solvers. **Bioscience**, v. 68, n. 4, p. 241-246, mar. 2018. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/biosci/biy015>. Disponível em: <<https://academic.oup.com/bioscience/article/68/4/241/4915956>>. Acesso em: 12 maio 2018.

WU, B.; MATHEWS, N.; SUM, T. Plasmonic Organic Solar Cells. **Springerbriefs In Applied Sciences And Technology**, [s.l.], p. 0-114, 2017. Springer Singapore. <http://dx.doi.org/10.1007/978-981-10-2021-6>.

ZANELLA, I. *et al.* Abordagens em nanociência e nanotecnologia para o ensino médio. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 18, 2009, Vitória. **Anais...** Vitória: 2009. p. 1-9. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xviii/sys/resumos/T0556-1.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2018.

XI. Apêndice A

Tabela A – Lista de classificação dos artigos e links para acesso.

Categoria	Título	Evento	Ano	Link
Proposta didática	Abordagens em nanociência e nanotecnologia para o ensino médio	SNEF	2009	http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xviii/sys/resumos/T0556-1.pdf
	Do metro ao nanômetro: Um salto para o átomo	SNEF	2009	http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xviii/sys/resumos/T0706-1.pdf
	O uso de textos de divulgação científica para abordagens de tópicos de nanociências em aulas de física	SNEF	2009	http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xviii/sys/resumos/T0068-2.pdf
	Leitura de um texto de divulgação científica sobre nanotecnologia no ensino médio	SNEF	2013	http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xx/sys/resumos/T0305-2.pdf
	Mapas conceituais como recurso didático no ensino de nanociências	SNEF	2013	http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xx/sys/resumos/T0216-1.pdf
	Introduzindo temas de nanociência no ensino médio	SNEF	2013	http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xx/sys/resumos/T0761-1.pdf
	Uma Discussão sobre Nanociência e nanotecnologia em aulas de física da educação básica	SNEF	2015	http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxi/sys/resumos/T0152-1.pdf
	Uma proposta didática de ensino de nanociência e nanotecnologia no ensino médio usando o método Jigsaw	SNEF	2017	http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sys/resumos/T0595-1.pdf

	Nanomundo, proposta de discussão e aprendizagem a bilhões do metro	SNEF	2017	http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sys/resumos/T1213-1.pdf
	Projetos PIBIC Júnior e PIBIC ensino médio: A nanotecnologia como tema de pesquisa e motivação dos alunos de uma escola pública	SNEF	2017	http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sys/resumos/T0343-1.pdf
	A física do impossível: nanotecnologia, metamateriais e invisibilidade na sala de aula	SNEF	2017	http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sys/resumos/T1130-1.pdf
	Nanociência e Nanotecnologia: Do debate público à sala de aula	ENPEC	2013	http://abrapecnet.org.br/atas_enpec/xenpec/atas/resumos/R0495-1.pdf
	Inserção de tópico de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: elaboração de uma unidade didática com foco em nanociência e nanotecnologia	ENPEC	2015	http://www.abrapecnet.org.br/enpec/x-enpec/anais2015/resumos/R0097-1.PDF
	O Ensino de Nanociências via Hidrofobicidade por meio de Módulo Didático Pedagógico	ENPEC	2017	http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/busca.htm?query=nano
	Análise discursiva de textos sobre nanotecnologia como subsídio para abordagens em sala de aula	EPEF	2014	http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epef/xv/sys/resumos/T0259-1.pdf
	Nanociência e Nanotecnologia em quadrinhos: uma abordagem para o Ensino Médio	EPEF	2016	http://www1.sbfisica.org.br/eventos/enf/2016/sys/resumos/T0639-1.pdf
Potencialidade do tema	Nanociência e nanotecnologia para o ensino de física moderna e contemporânea na perspectiva da alfabetização científica e técnica	ENPEC	2009	http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/vienpec/pdfs/1574.pdf
	Nanociência e nanotecnologia no ensino médio: alguns elementos	EPEF	2014	http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epef/xv/sys/resumos/T0290-1.pdf
Dificuldades e desafios	Ensino de Nanociência: levantando desafios e buscando possibilidades	SNEF	2017	http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sys/resumos/T0362-2.pdf
Formação de professor	Transposição didática, sequência didática e avaliação formativa: elementos para subsidiar a prática docente de bolsistas do PIBID sobre a nanotecnologia	SNEF	2015	http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxi/sys/resumos/T0979-1.pdf
	Nanotecnologia e citologia na formação de professores de ciências	ENPEC	2009	http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/vienpec/pdfs/984.pdf
	Nanociência, Nanotecnologia e Ensino de Ciências: um tema a ser discutido na formação de professores	ENPEC	2015	http://www.abrapecnet.org.br/enpec/x-enpec/anais2015/resumos/R1038-1.PDF
	Nanociência e Nanotecnologia no ensino de Física: um diálogo possível	EPEF	2016	http://www1.sbfisica.org.br/eventos/enf/2016/sys/resumos/T0388-1.pdf
Revisão de literatura	A abordagem CTS em propostas de ensino da nanotecnologia	ENPEC	2015	http://www.abrapecnet.org.br/enpec/x-enpec/anais2015/resumos/R1200-1.PDF



Direito autoral e licença de uso: Este artigo está licenciado sob uma [Licença Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).