

Michele Duarte Tonet

**NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA:
UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA ACERCA DAS
CONTRIBUIÇÕES E DESAFIOS PARA O ENSINO DE FÍSICA**

Trabalho de Conclusão de Curso
submetido ao Curso de Graduação em
Física da Universidade Federal de
Santa Catarina para a obtenção do
Grau de licenciado em Física.

Orientador: Prof. Dr. André Ary
Leonel

Florianópolis
2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Tonet, Michele Duarte

Nanociência e Nanotecnologia: uma revisão
bibliográfica acerca das contribuições e desafios
para o ensino de Física / Michele Duarte Tonet ;
orientador, André Ary Leonel, 2018.

85 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de
Ciências Físicas e Matemáticas, Graduação em Física,
Florianópolis, 2018.

Inclui referências.

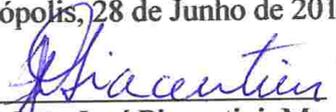
1. Física. 2. Nanociência. 3. Nanotecnologia. 4.
Ensino de Física. 5. Contribuições e Desafios. I.
Leonel, André Ary . II. Universidade Federal de
Santa Catarina. Graduação em Física. III. Título.

Michele Duarte Tonet

**NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA:
UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA ACERCA DAS
CONTRIBUIÇÕES E DESAFIOS PARA O ENSINO DE FÍSICA**

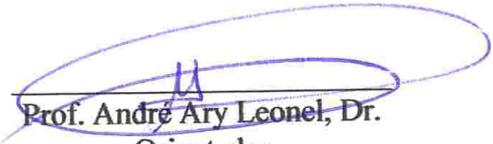
Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para
obtenção do Título de Licenciada em Física e aprovado em sua forma
final pelo Curso de Graduação em Física,

Florianópolis, 28 de Junho de 2018.



Prof. João José Piacentini, Me.
Coordenador do Curso

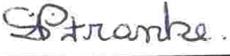
Banca Examinadora:



Prof. André Ary Leonel, Dr.
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof.ª. Tatiana da Silva, Dr.ª.
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof.ª. Sandra Madalena Pereira Franke, Me.
Universidade Federal de Santa Catarina

Este trabalho é dedicado à minha
família.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, eu gostaria de agradecer imensamente aos meus pais, pelo amor, educação, incentivo e apoio incondicional. Sou imensamente grata por todas as oportunidades que me proporcionaram, e continuam proporcionando.

Ao professor Dr. André Ary Leonel, que aceitou ser orientador deste projeto, pela confiança, apoio, dedicação e contribuição para tornar este trabalho possível, enriquecendo o que foi construído com sua experiência e sabedoria.

Aos professores da banca, por aceitarem o convite e pelas contribuições ao trabalho.

Aos amigos do Laboratório de Optoeletrônica Orgânica e Sistemas Anisotrópicos (LOOSA) e do Laboratório de Síntese de Cristais Líquidos, que direta ou indiretamente contribuíram para esta minha jornada. Em especial à Gisele, Marli, Priscilla e Saúl, pelo incentivo e companheirismo.

À professora Dra. Marta Elisa Rosso Dotto, por me apresentar a fascinante área de pesquisa em Física, na qual me identifiquei imensamente.

À professora Dra. Juliana Eccher, minha professora orientadora de iniciação científica, por todo o incentivo, apoio, paciência e confiança. Muito obrigada por acreditar no meu potencial científico e me inspirar a ser uma pessoa e pesquisadora cada dia melhor.

Aos meus amigos de perto e de longe, pelas conversas, momentos compartilhados, pelo carinho, paciência e incentivo. Em especial, gostaria de agradecer profundamente a Juliana e Larissa: vocês são pessoas especiais que a universidade me presenteou, minha vida não seria a mesma sem vocês. Jú, muito obrigada por toda consideração, carinho e atenção, você sabe o quanto te considero. Lari, a sua amizade é muito importante para mim, não tenho palavras para agradecer as conversas, o companheirismo e os desabafos... com certeza meus dias não seriam tão alegres sem a sua amizade; afinal de contas, com quem eu iria cantar músicas aleatórias “*out loud*”?!

A todos os meus amigos, os meus mais sinceros: Muito Obrigada!

“Nobody ever figures out what life is all about, and it doesn't matter. Explore the world. Nearly everything is really interesting if you go into it deeply enough”.

(Richard Feynman)

RESUMO

A nanotecnologia é uma área da ciência que foi reconhecida a menos de um século atrás, entretanto, 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 essencial o ensino deste tema nas escolas de nível básico. Assim sendo, este trabalho de conclusão de curso, realizado no formato de uma revisão bibliográfica, tem como principal intuito informar o leitor acerca dos principais enfoques expostos pelos trabalhos científicos que abordam o tema: Ensino de Nanociência e Nanotecnologia. Além de adquirir uma ampla visão sobre as principais potencialidades e desafios atribuídos à pesquisa do ensino de nanociência no Brasil, o leitor irá, também, conhecer as principais vantagens/contribuições da abordagem desse tema em aulas de física. Os artigos analisados neste trabalho foram apresentados entre os anos de 2008 e 2017 nos três eventos nacionais mais expoentes na área 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 ainda bastante preocupante no ensino do tema, tanto no nível básico como no superior. Os artigos apontam, principalmente, para a desatualização dos currículos e para a escassez de materiais didáticos de qualidade, que abordem o tema de maneira completa, ressaltando os pontos positivos e negativos, e trabalhando as questões sociais, éticas, políticas e econômicas intrínsecas ao tema. Contudo, parece que nos últimos anos este cenário começou a ser modificado. Cada vez mais pesquisas e materiais de qualidade veem sendo desenvolvidos, tornando a aplicação do tema em sala de aula mais efetiva e acessível aos professores.

Palavras-chave: Ensino de física. Nanociência. Nanotecnologia. Contribuições. Desafios.

ABSTRACT

Nanotechnology is a branch of science that was acknowledged less than a century ago, but the technological advances in this field are already stunning. Today this field is one of the most interesting topics in the world, contributing significantly to the scientific progress in several areas of knowledge. At this context, teaching this theme in high school is essential. This monograph, in the format of a bibliography review, has the main objective of informing the readers about the main approaches of scientific papers that address the theme: teaching Nanoscience and Nanotechnology. Besides obtaining a broad sight related to the potentialities and challenges related to teaching Nanoscience in Brazil, the readers will also be able to know the main advantages/contributions of teaching this topic in physics classes. All the analyzed scientific papers on this research were presented between the years 2008 and 2017 at the three main physics teaching national events: 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). The analysis of the papers, show a scenario still quite worrying in teaching this subject at both, high school and university levels. Researches points out the outdated curriculum and the scarcity of quality teaching materials, that approaches the theme in a profound way, highlights the positive and negative points, and that addresses the social, ethical, political and economical issues intrinsic to the subject. However, it seems that in the last few years this reality is changing, more and more research and quality materials are being developed, making the application of this theme in classrooms more effective and accessible to teachers and professors.

Keywords: Physics teaching. Nanoscience. Nanotechnology. Contributions. Challenges.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Interior da Igreja <i>Sainte-Chapelle</i> , na França, onde nanopartículas metálicas, com diferentes tamanhos e formatos, são utilizadas para conferir distintas colorações aos vitrais.....	28
Figura 2 - Taça de Lycurgus iluminada por fonte a) externa; e b) interna à taça.....	28
Figura 3 - Imagem obtida por STM, mostrando a manipulação de 51 átomos de ouro (mais um átomo não identificado no topo), de maneira a formar a palavra “Nano”.....	29
Figura 4 - Esquema didático relacionando as escalas macro, micro e nano. Na imagem, são mostradas representações de um carro (a), bactérias (b) e imagem, obtida por Microscopia eletrônica de varredura, de nanopartículas de ouro esféricas, com barra de escala igual a 20 nm, (c).	31
Figura 5 - Nanoesferas de ouro (AuNPs) com tamanhos variados.....	32
Figura 6 - Modelo representativo da LSPR, onde as esferas amarelas representam as nanoesferas de ouro (AuNPs).	32
Figura 7 - Ilustração das principais etapas de uma análise de conteúdo.	41
Figura 8 - Gráfico da quantidade total de artigos incluídos no <i>corpus</i> de análise, classificados por evento.	43
Figura 9 - Gráfico da quantidade total de artigos incluídos no <i>corpus</i> de análise, classificados por ano de publicação.	43
Figura 10 - Quantidade de artigos classificados por ano, e evento de publicação.	44
Figura 11 - Gráfico da quantidade de artigos publicados em cada categoria de classificação, e seus respectivos anos de publicação.	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Relação entre as categorias de classificação, quantidade de artigos, e eventos onde foram publicados.	46
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina
LOOSA - Laboratório de Optoeletrônica Orgânica e Sistema Anisotrópicos
FMC - Física Moderna e Contemporânea
EM - Ensino Médio
SNEF - Simpósio Nacional de Ensino de Física
EPEF - Encontro de Pesquisa em Ensino de Física
ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciência
LDB – Lei de Diretrizes e Bases
BNCC - Base Nacional Comum Curricular
STM - Microscópio de Corrente Tunelamento
UV - Ultravioleta
OECD - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
SBF - Sociedade Brasileira de Física
PIBID - Programa Institucional de Bolsas de iniciação a Docência
TDC - Texto de Divulgação Científica
PNLD - Programa Nacional do Livro e do Material Didático
CTS - Ciência, Tecnologia e Sociedade
SEPEX - Semana de Ensino Pesquisa e Extensão

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO.....	23
1.1	BREVE TRAJETÓRIA ACADÊMICA	23
1.2	JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO	24
1.3	OBJETIVOS	26
1.4	RESUMO	27
2	NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA.....	27
2.1	DEFINIÇÃO DOS TERMOS	27
2.2	CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA.....	27
2.3	DIMENSÕES E CARACTERÍSTICAS DOS NANOMATERIAIS	30
2.4	ÁREAS DE ATUAÇÃO	34
2.5	ÉTICA E NANOMATERIAIS	35
2.6	NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA NA ESCOLA ..	36
3	METODOLOGIA E RESULTADOS GERAIS	39
3.1	METODOLOGIA DE ANÁLISE DE CONTEÚDO.....	39
3.2	RESULTADOS.....	42
4	ANÁLISE GERAL DOS ARTIGOS SELECIONADOS.	48
4.1	TRABALHOS PUBLICADOS NO SNEF	48
4.2	TRABALHOS PUBLICADOS NO ENPEC	54
4.3	TRABALHOS PUBLICADOS NO EPEF	57
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	61
5.1	RESULTADOS GERAIS	61
5.1.1	Propostas didáticas	61
5.1.2	Potencialidade do Tema.....	64
5.1.3	Dificuldades e Desafios na abordagem do tema	66
5.1.4	Formação de Professores	67
5.1.5	Revisão de Literatura	68
6	CONCLUSÃO	69
6.1	CONCLUSÕES GERAIS	69

REFERÊNCIAS.....	71
APÊNDICE A – Lista de <i>sites</i> acessados para cada evento	79
APÊNDICE B – Lista de classificação dos artigos e <i>links</i> para acesso.....	81

CAPÍTULO I

1 APRESENTAÇÃO

Este capítulo apresenta um pouco do meu *background* como estudante de física, bem como as principais razões que me levaram a escolher este tema como ponto central da minha pesquisa. Além disso, o capítulo apresenta uma breve justificativa e apresentação do tema: Nanociência e Nanotecnologia. Neste capítulo também podem ser encontrados os objetivos a serem cumpridos, e um resumo do que foi realizado neste trabalho de conclusão de curso.

1.1 BREVE TRAJETÓRIA ACADÊMICA

Minha trajetória em física iniciou-se na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) quando fui aprovada para o curso de bacharelado em física. Após alguns anos de muita dedicação e esforço nas matérias cursadas, e um período de um ano e meio de graduação sanduíche na Universidade da Pensilvânia (Estados Unidos da América), comecei a sentir falta de um propósito de vida onde eu pudesse me conectar mais com as pessoas e ajudá-las de alguma forma. Assim sendo, a transferência para o curso de licenciatura em física pareceu-me a opção mais óbvia, pois me permitia completar essa necessidade. Outro ponto que me motivou a trocar de curso foi a perspectiva de estudar as matérias de educação, e poder, no futuro, me tornar uma professora muito melhor, com mais didática e uma base educacional e profissional mais ampla e concreta. Sendo assim, realizei a transferência de curso e comecei a cursar as matérias educacionais.

Logo após iniciar minha trajetória no curso de licenciatura, tive a imensa honra de começar uma pesquisa de iniciação científica com a professora Juliana Eccher, no Laboratório de Optoeletrônica Orgânica e Sistemas Anisotrópicos (LOOSA). Embora bastante desconexo da área de licenciatura em física, o trabalho no laboratório foi extremamente importante para o meu futuro como profissional. Durante toda a minha licenciatura, a experiência em pesquisa de base e práticas laboratoriais me motivaram, e inspiraram, a planejar aulas mais dinâmicas e experimentais para as disciplinas teóricas e práticas do curso, moldando meu estilo de lecionar, minhas concepções teóricas, e a maneira de portar-me em sala de aula. Colaborando, assim, para me tornar a pessoa e profissional que me tornei.

Em nenhum momento me arrependi da escolha de transição de curso. Acredito que todas as minhas experiências anteriores, como o período cursando bacharelado, o período fora do Brasil e a iniciação científica, foram fundamentais para, juntamente com os conhecimentos adquiridos no curso de licenciatura, construir uma base de conhecimentos mais vasta e sólida, o que com toda a certeza irá ser de grande valor para meu futuro profissional e pessoal.

1.2 JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO

As primeiras concepções de nanociência e nanotecnologia foram provocadas pelo físico americano Richard Feynman em 1959. Em uma de suas palestras, intitulada “Há mais espaços lá embaixo”, Feynman afirmou ser possível a manipulação de átomos em escala nanométrica, sugerindo ser possível a produção de componentes eletrônicos nas menores dimensões imagináveis. Quase meio século depois, em 2008, o tema nanotecnologia (como um dos ramos da Física Moderna e Contemporânea – FMC) apareceu nas Orientações Curriculares para Ensino Médio, como sugestão de tema relevante para ser abordado no Ensino Médio (LEONEL, 2010).

A vontade de fazer um trabalho de conclusão de curso com o tema de “Nanociência e Nanotecnologia” é algo que perdura desde o início da minha licenciatura em física. Além do fato do tema estar cada vez mais presente no nosso dia-a-dia, sendo enfoque principal de filmes e notícias, o tema é, também, norteador do meu projeto de iniciação científica: “Cristais líquidos dopados com nanopartículas de ouro”.

Pelo fato do tema ser bastante amplo e abrir um leque enorme de possibilidades para ser abordado em aulas de física, bem como de forma interdisciplinar em matérias como biologia, química e matemática, pensei, inicialmente, em elaborar uma proposta didática para trabalhar “Nanotecnologia” em turmas de Ensino Médio (EM); porém, logo desisti desta ideia. Devido ao tema ser relativamente novo, e por trabalhar com objetos em escala nanométrica, os quais possuem propriedades físicas distintas das propriedades físicas dos materiais macroscópicos, o conteúdo parece pouco explorado nas aulas de física, tanto do nível básico, como até mesmo do nível superior. Este cenário me motivou a tomar a decisão de fazer uma revisão bibliográfica com o propósito de explorar a potencialidade do tema, bem como as principais dificuldades e propostas didáticas existentes no ensino deste assunto.

A revisão literária é uma ótima ferramenta para identificar, avaliar, e interpretar os estudos que estejam disponíveis e que sejam

relevantes a um determinado tema pesquisado. Segundo Echer (2001), para a elaboração de um trabalho científico, é necessário possuir uma ideia clara do problema a ser resolvido; assim sendo, a revisão bibliográfica torna-se fundamental, visto que orienta o pesquisador em relação ao que já é conhecido, e informa acerca de temas e problemas pouco pesquisados, 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).

Após decidir por realizar uma revisão bibliográfica, restava apenas definir os eventos e o período de tempo para fazer a seleção dos artigos e obter o *corpus* documental do trabalho. Ambas as decisões foram realizadas em conjunto com o professor orientador e foram tomadas seguindo o critério de relevância dos eventos. Assim sendo, foram escolhidos os três eventos mais importantes da área de educação em física no Brasil: 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). O SNEF foi escolhido por ser o maior evento brasileiro da área de ensino de Física, contemplando a presença de professores e pesquisadores da área. Além disso, se destaca por aceitar relatos de experiência, o que possibilita obtermos informações acerca da presença do tema em sala de aula. No EPEF, não são aceitos relatos de experiências, apenas pesquisas já concluídas. Entretanto, sabemos que muitas pesquisas da área partem de experiências de sala de aula ou contemplam etapas de intervenções em sala de aula. O último evento citado, ENPEC, também não aceita relatos de experiências, mas foi escolhido pelo caráter interdisciplinar do tema investigado neste trabalho. Diferentemente dos dois primeiros eventos, os quais contemplam experiências e pesquisas relacionadas apenas à área de Física, este último evento contempla pesquisas interdisciplinares, relacionadas ao ensino de Física, Biologia, Química e Matemática.

A escolha do período de tempo para análise foi realizada levando em consideração o ano em que o tema “Nanotecnologia” apareceu nas

Orientações Curriculares para Ensino Médio, como sugestão de tema pertinente para ser abordado no Ensino Médio. Assim sendo, optamos por escolher a janela temporal entre 2008 e 2017 (ano precedente do desenvolvimento do presente trabalho).

Outro documento importante que define o ensino brasileiro de nível básico é a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB, Lei nº 9.394/1996) a qual afirma que a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) deve nortear os currículos da educação Brasileira. A BNCC é um documento de caráter normativo que abrange os temas e conteúdos a serem abordados em sala de aula. Ao que diz respeito ao conteúdo de Nanociência e Nanotecnologia, a BNCC do ensino médio não se manifesta especificamente sobre, contudo, afirma que 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. (BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR, 2018).

Assim sendo, é evidente que por possuir um aspecto sociocultural, o tema Nanociência e Nanotecnologia possui extrema importância para a sociedade e deve ser aplicado em sala de aula. Vale ressaltar que, embora a BNCC ainda não tenha sido aceita para o ensino médio, o documento já foi proposto e logo entrará em vigor.

1.3 OBJETIVOS

Este trabalho foi realizado de maneira a atingir o seguinte objetivo geral:

- Elencar as principais contribuições e desafios/obstáculos para a abordagem do tema “Nanociência e Nanotecnologia” em sala de aula, presentes nos trabalhos apresentados no SNEF, EPEF e ENPEC, no período de 2008 a 2017.

Incluído neste objetivo geral, podem ser encontrados alguns objetivos específicos, os quais se tornam significativos no corpo da pesquisa:

- Conhecer os enfoques atribuídos à pesquisa no ensino de nanociência em escolas de ensino médio no Brasil;
- Discutir acerca dos principais problemas e empecilhos encontrados pelos professores ao tentar ensinar o tema em escolas de ensino médio.

1.4 RESUMO

Para alcançar os objetivos deste trabalho, serão coletados, e posteriormente analisados, trabalhos científicos relacionados ao tema de “Nanociência e Nanotecnologia”, os quais foram apresentados entre os anos de 2008 e 2017 nos três eventos nacionais de física mais expoentes da área: 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). Em seguida, os artigos serão classificados por evento, ano, e categoria. Para uma melhor análise, alguns gráficos e tabelas, relacionando estes critérios de classificação, serão confeccionados. Os artigos foram agrupados em cinco grandes categorias, das quais três foram escolhidas *a priori*: i) propostas didáticas; ii) potencialidade do tema; e iii) dificuldades e desafios na abordagem do tema em sala de aula; e duas categorias foram escolhidas *a posteriori*: i) formação de professores e ii) revisão de literatura. Por fim, uma minuciosa análise, seguida de uma breve discussão, foi realizada com base nos artigos classificados nas categorias de potencialidade do tema, e dificuldades e desafios na abordagem do tema em sala de aula.

CAPÍTULO II

2 NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA

Este capítulo aborda as questões teóricas relacionadas à Nanociência e Nanotecnologia. Uma revisão dos principais acontecimentos históricos e ideias que levaram a construção desta área da ciência são apresentados de forma breve e sintetizada, a fim de fornecer ao leitor uma concisa base teórica, a qual é fundamental para a posterior análise dos artigos. Por fim, será discutida a importância da implementação deste tema no ensino de física.

2.1 DEFINIÇÃO DOS TERMOS

Segundo Schulz (2005), 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.

Para simplificar, podemos dizer que a Nanociência refere-se ao estudo de materiais em escala nano, enquanto que a Nanotecnologia está relacionada à capacidade de criar objetos a partir do controle em nível atômico, utilizando-se técnicas e ferramentas que estão disponíveis atualmente (LEONEL, 2010).

2.2 CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA

A história das nanopartículas é longa. 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 (figura 1). Além de serem responsáveis pelas diferentes cores observadas nos vitrais, as nanopartículas também eram responsáveis pela purificação do

ar. Segundo Chen et al. (2010), nanopartículas de prata, ao serem energizadas pela luz do Sol, funcionam como fotocatalizadores naturais, sendo, portanto, responsáveis pela purificação do ar.

Figura 1 - Interior da Igreja *Sainte-Chapelle*, na França, onde nanopartículas metálicas, com diferentes tamanhos e formatos, são utilizadas para conferir distintas colorações aos vitrais.



Fonte: http://lounge.obviousmag.org/anna_anjos/2013/07/os-vitrais-medievais.html

Outro exemplo da utilização de nanopartículas séculos atrás, é a taça de Lycurgus (Figura 2), 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).

Figura 2 - Taça de Lycurgus iluminada por fonte a) externa; e b) interna à taça.

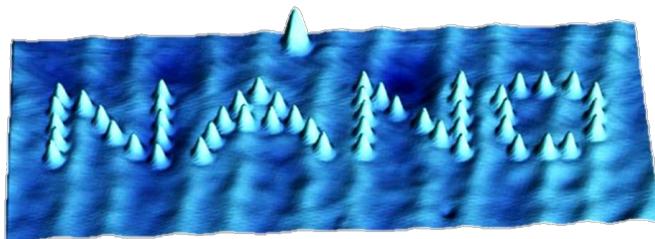


Fonte: Imagem adaptada de FREESTONE et al., 2007.

Como já mencionado anteriormente, as primeiras motivações para Nanociência foram expostas ao mundo no dia 29 de dezembro de 1959, pelo físico Richard Feynman em sua palestra intitulada “*There is plenty of room at the bottom*” (Há mais espaços lá embaixo). A palestra de Feynman “abriu portas” para um novo ramo da ciência e da tecnologia; porém, o termo “Nanotecnologia” só foi existir quase vinte anos depois, quando, em 1974, 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). Entretanto, foi somente no ano de 1986, com a publicação do livro “*Engines of creation*” (Motores da criação) pelo engenheiro americano Eric Drexler, que o termo tornou-se popularmente conhecido.

Outro importante marco para o desenvolvimento da nanociência e nanotecnologia, foi o avanço tecnológico necessário para a visualização e manipulação da matéria em escala nanométrica. Em 1981 foi criado o Microscópio de Corrente de Tunelamento (STM, do inglês *Scanning Tunneling Microscope*), o qual, além de possibilitar a visualização de um único átomo, propiciou a manipulação de maneira controlada, de átomos de um material (JOACHIM; PLÉVERT, 2008). Assim sendo, o STM revolucionou a ciência dos materiais em escala nano, possibilitando algo inovador para a época: o desenvolvimento de nanoestruturas a partir da manipulação de átomo por átomo. A figura 3 mostra uma imagem, obtida por STM, de 51 átomos de ouro depositados intencionalmente sobre um cristal de ouro, de modo a formar a palavra “nano”.

Figura 3 - Imagem obtida por STM, mostrando a manipulação de 51 átomos de ouro (mais um átomo não identificado no topo), de maneira a formar a palavra “Nano”.

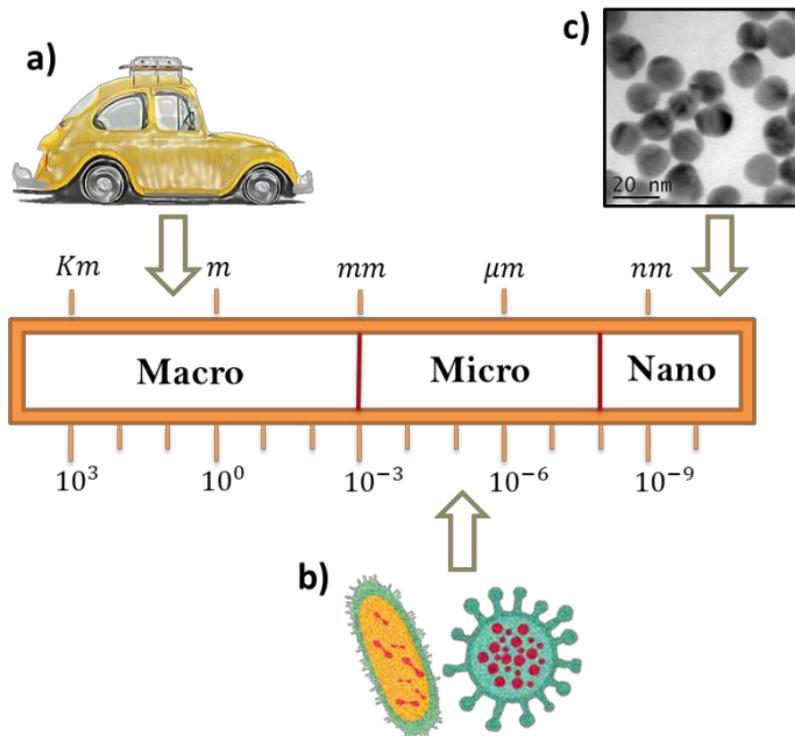


Fonte: Joachim e Plévert (2008).

2.3 DIMENSÕES E CARACTERÍSTICAS DOS NANOMATERIAIS

Quando pensamos em tamanhos de objetos, podemos classificá-los, basicamente, em uma das seguintes escalas: macro, micro e nano. Objetos macroscópicos são aqueles que podem ser visualizados sem a ajuda de nenhum equipamento óptico de aumento, como árvores, animais e veículos. Em geral, a escala macroscópica possui comprimentos que variam desde 1 quilômetro até 1 milímetro. Na dimensão micro, os objetos variam de 1 milímetro à 1micron ($10^{-6} m$) de comprimento, como por exemplo bactérias e células sanguíneas. Por fim, na dimensão nano estão os objetos que possuem tamanhos em um intervalo de alguns nanômetros até alguns ângstrons ($10^{-10} m$), como por exemplo, nanopartículas metálicas, nanotubos de carbono e a porfirina, molécula responsável pelo transporte dos gases no sangue (ZANELLA et al., 2009). A figura 4 apresenta um esquema que relaciona e simplifica as três escalas supracitadas. Além dessas três escalas, existe, também, a escala atômica, a qual compreende objetos ainda menores que a escala nano, e a escala astronômica, a qual engloba os objetos que possuem comprimentos maiores que 1 quilômetro.

Figura 4 - Esquema didático relacionando as escalas macro, micro e nano. Na imagem, são mostradas representações de um carro (a), bactérias (b) e imagem, obtida por Microscopia eletrônica de varredura, de nanopartículas de ouro esféricas, com barra de escala igual a 20 nm, (c).



Fonte: Figura adaptada de ZANELLA et al., 2009.

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 do vermelho até o roxo (LOUIS; PLUCHERY, 2012), como evidenciado na figura 5.

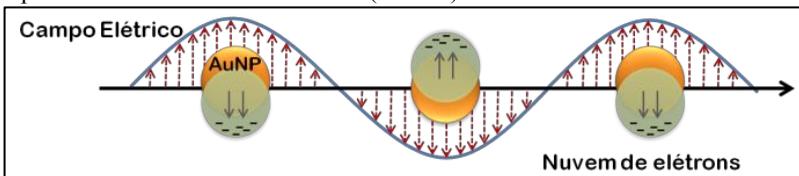
Figura 5 - Nanoesferas de ouro (AuNPs) com tamanhos variados.



Fonte: NANO COMPOSIX, 2018.

Quando uma onda eletromagnética, como por exemplo a luz, incide sobre nano estruturas metálicas, é gerado um fenômeno óptico denominado Ressonância Plasmônica de Superfície Localizada (LSPR, do inglês *Localized Surface Plasmon Resonance*), o qual é caracterizado pela ressonância dos elétrons livres na superfície do nanomaterial com a onda eletromagnética incidente (figura 6). Tal fenômeno gera um aumento na intensidade do campo elétrico na superfície do nanomaterial metálico e altera as propriedades ópticas, as quais vão variar conforme o tamanho, formato, e material dessas nano estruturas (LOUIS; PLUCHERY, 2012).

Figura 6 - Modelo representativo da LSPR, onde as esferas amarelas representam as nanoesferas de ouro (AuNPs).



Fonte: Figura adaptada de WU; MATHEWS; SUM, 2017.

O aumento da área superficial dos nanomateriais é outra característica que influencia significativamente nas propriedades dessas partículas, tornando-as muito mais reativas (LEONEL, 2010). Por consequência, essas estruturas possuem suas propriedades térmicas alteradas, absorvendo calor muito mais rapidamente e consequentemente 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 (ZANELLA et al., 2009).

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 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, assim sendo, muito tempo e dinheiro vêm sendo investido no desenvolvimento das técnicas de *top-down* e *bottom-up*. Segundo 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. Porém, devido à dificuldade de obtenção de técnicas mais eficazes de *top-down* e *bottom-up*, materiais alternativos, como nanotubos de carbono e moléculas orgânicas, estão se destacando na obtenção de transistores ainda menores do que os atuais, os quais são baseados no silício (MELO; PIMENTA, 2017).

2.4 ÁREAS DE ATUAÇÃO

Devido às características diferenciadas dos nanomateriais, os mesmos vem 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.

Desde alguns anos atrás, engenheiros, físicos, químicos e profissionais da saúde, se juntam para tentar encontrar maneiras de utilizar nanopartículas como auxiliaadoras no tratamento de câncer. Essas nanoestruturas podem ser utilizadas, por exemplo, como “*drug delivery*”, garantindo, assim, que a quimioterapia afete somente o tecido doente, proporcionando um tratamento mais efetivo e menos agressivo ao paciente (HALEY; FRENKEL, 2008). Outra possibilidade é a utilização de nanopartículas como geradoras de calor, auxiliando na morte de células cancerígenas, as quais são sensíveis ao calor intenso (ESPINOSA et al., 2016). Segundo Espinosa et al. (2016), as nanoestruturas podem ser injetadas e, devido suas dimensões, conseguem atravessar barreiras biológicas e chegar próximo ao tecido infectado. Em seguida, as nanopartículas podem ser ativadas por luz ou magnetismo.

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).

Os cosméticos apresentam mais uma aplicabilidade para os nanomateriais. Segundo Raj et al. (2012), alguns protetores solares, por exemplo, 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).

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, diminuindo o peso das hélices e, ao mesmo tempo, fornecendo maior rigidez e durabilidade. Muitos materiais esportivos também utilizam nanoestruturas que proporcionam mais leveza e resistência, como por exemplo, raquetes de tênis e pranchas de surf.

2.5 ÉTICA E NANOMATERIAIS

Com o aumento do potencial inovador da nanotecnologia, e a consequente 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. Atualmente, materiais em escala nanométrica, atômica e molecularmente modificados em laboratório, são produzidos desenfreadamente. Como tais materiais 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.

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).

Contudo, o principal problema, segundo Wilson (2018), é a falta de conhecimento acerca do comportamento das nanopartículas. O autor cita que alguns estudos recentes apontam que, contrariamente ao imaginado, a exposição a concentrações menores de nanoestruturas pode ser pior que a exposição à concentrações mais elevadas. Segundo os estudos, concentrações altas podem causar à agregação dessas nanopartículas gerando estruturas maiores e menos ofensivas a saúde. Assim sendo, as regulamentações que protegem a sociedade dos danos causados pelas nanopartícula, teriam que ser revistas e modificadas.

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.

2.6 NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA NA ESCOLA

Como explicitado na seção anterior, é muito importante que a população seja informada acerca dos prós e contras obtidos nas pesquisas relacionadas à utilização da nanotecnologia. Neste cenário, o professor desempenha papel fundamental, afinal de contas, ele é um dos responsáveis pela conscientização da população acerca dos empreendimentos da ciência e tecnologia.

Pensando no ensino do conteúdo de nanociência e nanotecnologia nas escolas de ensino básico no Brasil, seria papel, principalmente, mas

não exclusivamente, dos professores de física abordarem este tópico, o qual faz parte do 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 entenderem 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).

Além disso, ao ensinar este ramo da Física Moderna, os professores estariam trazendo a física posterior ao século XX para dentro de sala de aula, o que estimularia os alunos a estudarem e compreenderem os fenômenos que os cercam no dia-a-dia, colaborando para que tivessem uma visão crítica mais apurada e rebuscada. Tal ponto de vista é defendido pelos autores Alvetti e Delizoicov (1998):

Enfatiza-se a necessidade de abordar a física do século XX em sala de aula, para além daquela produzida nos séculos anteriores, de modo a dar um tratamento sistemático no âmbito da educação escolar de conhecimentos com os quais os alunos convivem, quer devido a constância com que são citados na mídia, quer pela sua presença nas novas tecnologias, que cada vez mais estão presentes na vida dos cidadãos.

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). Logo, torna-se difícil a discussão, com relação ao desenvolvimento da tecnologia e suas implicações, na sociedade.

CAPÍTULO III

3 METODOLOGIA E RESULTADOS GERAIS

O presente capítulo apresenta a metodologia empregada para a seleção e análise dos artigos utilizados neste trabalho, bem como os resultados mais gerais obtidos, apresentando uma breve discussão acerca dos mesmos.

3.1 METODOLOGIA DE ANÁLISE DE CONTEÚDO

Ao contrário do que muitos pensam, a realização de uma revisão de literatura necessita de planejamento e demanda conhecimentos específicos sobre a obtenção do material a ser analisado, organização da informação e metodologias adequadas de busca. Assim sendo, existe uma ampla variedade de procedimentos e mecanismos tecnológicos que visam suprir esta necessidade.

Para a realização desta revisão de literatura, alguns passos foram realizados sistematicamente seguindo a metodologia de Análise de Conteúdo. Segundo uma das mentes que popularizou a técnica no Brasil, Bardin (2011), 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. Simplificadamente:

A análise de conteúdo é [...] um instrumento de exploração interpretativa de documentos de diversas naturezas, vetorizado por técnicas que, coordenadamente, visam a organizar e a sistematizar unidades de seu conteúdo para delas extrair núcleos de sentido dos quais se ceivem os principais temas e conceitos e se capturem significados (FERREIRA; LOGUECIO, 2014).

Segundo Ferreira e Loguecio (2014), além de se integrar a diversas modalidades, campos de pesquisa e a variados níveis de investigação, este método de análise possui ampla aplicabilidade e importância em educação em ciências.

Para aplicar o método, devem-se seguir meticulosamente uma série de etapas e recomendações; entretanto, ainda não há um consenso, entre os autores da área, quanto à nomenclatura desses estágios. De acordo com Bardin (2011), a análise de conteúdo pode ser organizada basicamente em três fases: i) pré-análise; ii) exploração do material; e iii) tratamento dos resultados.

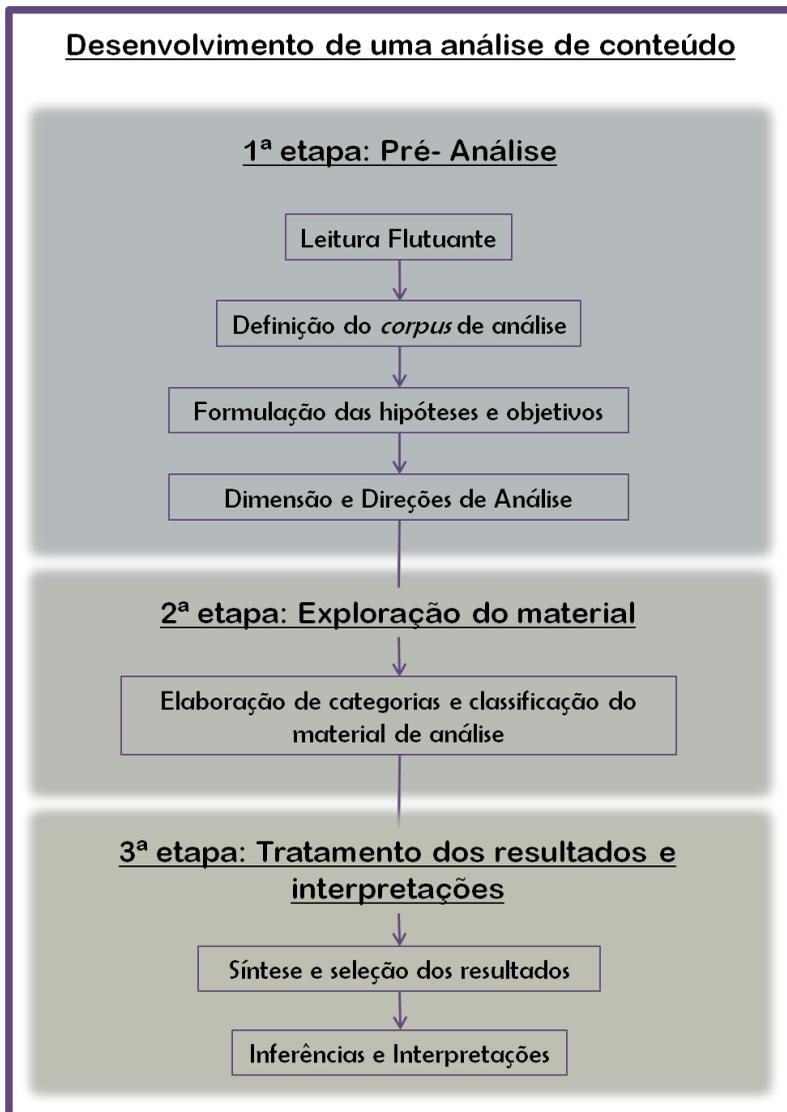
A etapa de pré-análise é caracterizada pela organização operacional dos objetos a serem analisados, com o objetivo de escolher os materiais que serão analisados e realizar as primeiras demarcações do que será investigado, resultando na elaboração das primeiras hipóteses (FERREIRA; LOGUECIO, 2014). De acordo com Silva e Fossá (2015), nesta etapa é proposto que seja seguida uma série de recomendações: 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 a 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 Prestes e Silva (2015), a categorização pode ocorrer *a priori* ou *a posteriori*. Na primeira, o analisador parte de um grupo preestabelecido de categorias, e tenta “encaixar” os materiais da amostra nas mesmas. 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).

Para melhor compreensão, as principais etapas do método de análise de conteúdo são evidenciadas na figura 7.

Figura 7 - Ilustração das principais etapas de uma análise de conteúdo.



Fonte: Adaptado de SILVA e FOSSÁ, 2015.

3.2 RESULTADOS

No presente trabalho, foi utilizada a metodologia de análise de conteúdo. Entretanto, algumas pequenas adaptações foram realizadas, de modo a viabilizar a análise dos artigos investigados. Vale ressaltar que em nenhum momento essas adaptações interferiram na qualidade da análise.

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. Porém, tal evento teve uma edição extra em 2011, onde foi produzido em conjunto com o Encontro de Física, realizado pela Sociedade Brasileira de Física (SBF). É importante destacar que na edição de 2016, o evento também foi executado juntamente com a SBF. Uma lista dos *web-sites* acessados para cada evento, pode ser encontrada no apêndice A.

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 algumas palavras derivadas, 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 inicialmente classificados por evento e ano de publicação. Os resultados obtidos são evidenciados nas figuras 8 e 9.

Figura 8 - Gráfico da quantidade total de artigos incluídos no *corpus* de análise, classificados por evento.

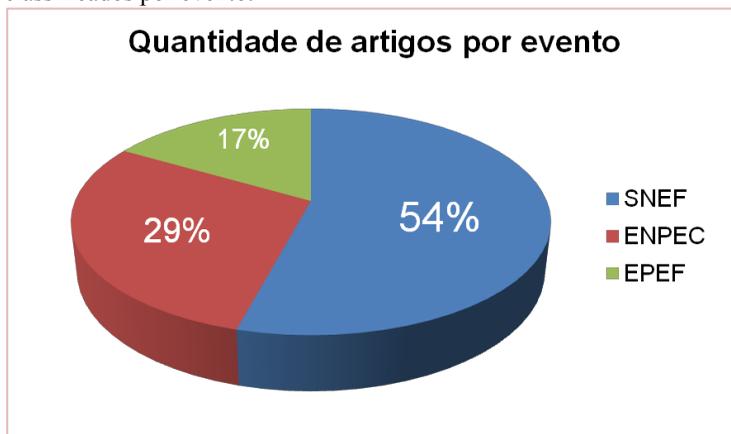


Figura 9 - Gráfico da quantidade total de artigos incluídos no *corpus* de análise, classificados por ano de publicação.



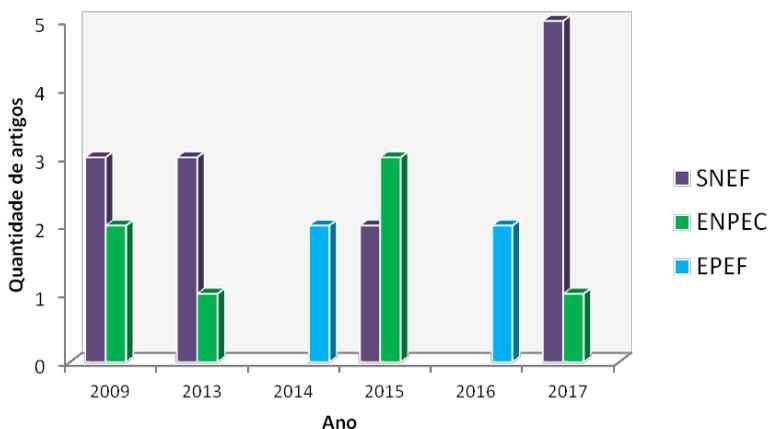
A partir da análise do gráfico da figura 8, fica evidente que o SNEF é o evento que possui maior número de publicações que abordam o tema analisado, apresentando mais que 50% do número total de artigos selecionados. Isto pode estar relacionado ao fato do SNEF ser considerado o maior evento brasileiro da área de ensino de física, atraindo, assim, mais atenção e conseqüentemente um maior número de publicações. 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” ser bastante interdisciplinar, e este evento é caracterizado por contemplar pesquisas com caráter multidisciplinar, relacionando o ensino de física com conteúdos de biologia, química, matemática, entre outros.

Analisando o gráfico da figura 9, podemos notar 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. Nos primeiros cinco anos analisados, foram encontrados um total de cinco publicações, sendo que todas estão concentradas no ano de 2009, ano posterior à inclusão do tema nanotecnologia nas Orientações Curriculares para Ensino Médio, como sugestão de tema relevante para ser abordado no ensino de FMC. Este fato explicaria o elevado número de artigos publicados nos eventos em 2009, em comparação com os outros anos analisados, contudo, não explicaria a inexistência de publicações em 2010, 2011 e 2012.

Outra análise realizada foi a relação entre a quantidade de artigos, ano, e evento de publicação dos mesmos (figura 10). Tal análise deixa evidente a quantidade superior de artigos publicados no SNEF em relação ao ENPEC. Este quadro só foi diferente no ano de 2015, onde o ENPEC apresentou um artigo publicado a mais que o SNEF.

Figura 10 - Quantidade de artigos classificados por ano, e evento de publicação.



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, consequências, 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 de 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

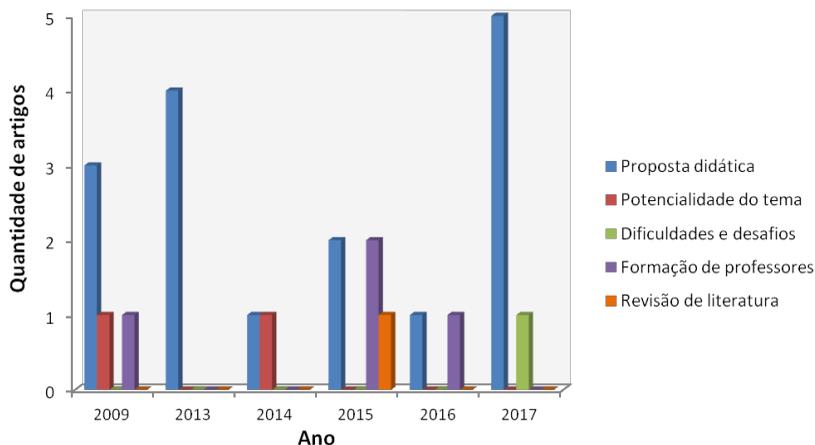
categorias, quantidade de artigos, e eventos de publicação; e na figura 11, onde é apresentada uma relação entre as categorias de classificação e os anos de publicação dos artigos. Além disso, o leitor pode encontrar uma tabela detalhada com as classificações dos artigos, e seus respectivos *links* para acesso, no apêndice B.

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

	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 podemos observar na tabela 1, 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.

Figura 11 - Gráfico da quantidade de artigos publicados em cada categoria de classificação, e seus respectivos anos de publicação.



Ao observar o gráfico acima, podemos notar que todos os artigos analisados de 2013, foram classificados como “proposta didática”. Além disso, os anos 2009 e 2015 apresentaram artigos com maior número de categorizações distintas, cada um exibindo artigos classificados em três categorias diferentes.

A terceira etapa da análise de conteúdo, caracterizada pelo tratamento, seleção e interpretação dos resultados; foi realizada logo após total classificação dos artigos que compõe o *corpus* de análise do presente trabalho. Alguns dos resultados mais gerais já foram apresentados neste capítulo, entretanto uma discussão mais aprofundada será realizada no próximo capítulo, onde os resultados serão apresentados, analisados e discutidos por categoria de análise.

CAPÍTULO IV

4 ANÁLISE GERAL DOS ARTIGOS SELECIONADOS

Este capítulo tem o propósito de fornecer ao leitor um panorama geral acerca dos 24 trabalhos que fazem parte do corpus de análise do presente estudo, o que facilitará a compreensão da classificação dos artigos, a qual está presente no próximo capítulo. Para isso, serão apresentados breves resumos, contendo os objetivos e os principais resultados e considerações obtidas, de cada um dos trabalhos selecionados. Os resumos serão apresentados por evento e em ordem cronológica de publicação.

4.1 TRABALHOS PUBLICADOS NO SNEF

Título: *Abordagens em Nanociência e Nanotecnologia para o ensino médio*

Ano de publicação: 2009

Autores: Ivana Zanella; Solange B. Fagan; valide Bisognin; e Elena Bisognin.

Objetivos: Apresentar a relação entre as escalas macroscópica, microscópica e nanométrica.

Metodologia: Elaboração de duas atividades que relacionam as escalas de medida, para serem aplicadas para turmas do ensino médio, bem como para alunos do ensino fundamental.

Resultados e considerações: A partir de atividades onde o tamanho de estruturas geométricas é diminuído, o trabalho conseguiu demonstrar, de maneira simples e efetiva, a relação entre as escalas macro, micro e nano.

Título: *Do metro ao nanômetro: um salto para o átomo*

Ano de publicação: 2009

Autores: Anderson L. Ellwangen; Solange B. Fagan; e Ronaldo Mota.

Objetivos: Relacionar temas de Nanociência e Nanotecnologia com conteúdos trabalhados no ensino básico, como escalas, área superficial e volume, a fim de auxiliar e fornecer suporte aos professores de escolas públicas e particulares.

Metodologia: Elaboração de material didático para ser aplicado em uma turma da oitava série do ensino fundamental, e em uma turma da terceira série do ensino médio.

Resultados e considerações: Foi observado que a abordagem dos conceitos básicos de escala e dimensionalidade são de extrema importância, visto que servem como base para que os alunos possam, posteriormente, compreender o comportamento “atípico” dos nanomateriais.

Título: O uso de textos de divulgação científica para abordagens de tópicos de nanociências em aulas de Física

Ano de publicação: 2009

Autores: Tania Marlene Costa Menegat; e Solange Binotto Fagan.

Objetivos: Utilização de textos de divulgação científica (TDC) para abordar o tema de nanociência em sala de aula no nível básico.

Metodologia: Elaboração de uma sequência didática com utilização de TDC numa perspectiva investigativa, com atividades investigativas de discussão e elaboração de sínteses.

Resultados e considerações: A utilização de TDC evidenciou as dificuldades que os alunos possuem para interpretar textos científicos, o que está relacionado ao fato de não estarem acostumados com leituras nas disciplinas relacionadas a ciências. Contudo, este tipo de abordagem fornece aos alunos a oportunidade de aprenderem a argumentar e exercitar a razão.

Título: Leitura de um texto de divulgação científica sobre nanotecnologia no ensino médio

Ano de publicação: 2013

Autores: José Márcio de Lima Oliveira; Cláudia Urbano Ferreira; e Maria José P. M. de Almeida.

Objetivo: Analisar as representações feitas por estudantes do ensino médio ao produzirem significados sobre os textos de divulgação científica sobre nanotecnologia.

Metodologia: Montagem de um texto composto por quatro capítulos e publicado em um livro de divulgação científica. Tal texto foi trabalhado em sala de aula com alunos do terceiro ano de ensino médio.

Resultados e considerações: A utilização de textos nas aulas possibilitou que os alunos se posicionassem utilizando uma linguagem não matemática, o que possibilitou uma melhor argumentação por parte

dos alunos. Além disso, a abordagem do tema em sala de aula influenciou, significativamente, na formação de alunos mais críticos acerca do papel e das implicações da ciência e tecnologia na sociedade.

Título: Mapas conceituais como recurso didático no ensino de nanociências

Ano de publicação: 2013

Autores: Mateus Granada; Anderson Ellwangen; Jussane Rossato; e Solange B. Fagan.

Objetivos: Inserir temas atuais, mais especificamente o tema de Nanociência e Nanotecnologia, na educação básica por meio da FMC.

Metodologia: Desenvolvimento e aplicação de módulos didáticos contemplando o conteúdo de propriedades ópticas de materiais em nanoescala. Os módulos de ensino foram aplicados em turmas do terceiro ano do ensino médio de um colégio militar.

Resultados e considerações: Foi observado que é possível inserir o tema de Nanociência e Nanotecnologia em escolas de ensino médio. Embora os alunos não possuam muitos conhecimentos prévios, o tema é envolvente e possui boa aceitação por parte dos alunos.

Título: Introduzindo temas de Nanociência no Ensino Médio

Ano de publicação: 2013

Autores: Flávio Araújo Pousa Paiva; Barbara Barboza Lino; Iago Sadao Beirigo Kamimura Rander do Prado Vidal; Saulo Antônio Leonardo; Thais Balada Castilho; Silva Lucia Lombardi Sales; e Marcos Dionizio Moreira.

Objetivo: Relatar a experiência vivenciada por um grupo de estudantes de licenciatura em Física e bolsistas do PIBIC, ao elaborar, e aplicar, uma unidade de ensino sobre nanociência em uma turma do terceiro ano do ensino médio.

Metodologia: Este trabalho foi dividido em três etapas: na primeira delas, os bolsistas do PIBIC fizeram uma pesquisa teórica na literatura sobre nanociência. Em seguida, os alunos realizaram uma transposição didática a fim de confeccionar uma unidade de ensino. Por fim, a unidade de ensino foi aplicada em sala de aula.

Resultados e considerações: Os alunos do PIBIC relataram sentir dificuldade para encontrar materiais didáticos de qualidade, o que dificultou a etapa da transposição didática. Entretanto, afirmaram aprenderem muito com a atividade. Além disso, os discentes relataram

que poucos alunos do ensino médio realmente aproveitaram as atividades realizadas, mostrando a falta de interesse da sociedade pelo assunto.

Título: Transposição didática, sequência didática e avaliação formativa: elementos para subsidiar a prática docente de bolsistas do PIBID sobre a Nanotecnologia

Ano de publicação: 2015

Autores: Allan Victor Ribeiro; e Moacir Pereira de Souza Filho.

Objetivo: Investigar como estudantes do curso de licenciatura em Física, e que fazem parte do PIBID (Programa Institucional de Bolsas de iniciação a Docência), são capazes de transpor o conteúdo complexo de Nanociência e Nanotecnologia para sala de aula.

Metodologia: Aplicação de questionário para quatro alunos que se encaixavam nos critérios descritos no objetivo.

Resultados e considerações: Não existe uma maneira padrão para realização da transposição didática, cada bolsista possui uma maneira peculiar de compreendê-la, e realizá-la. Além disso, os autores concluíram que os estudantes acreditam que o tema abordado é complexo e difícil de ser aplicado em sala de aula.

Título: Uma discussão sobre Nanociência e Nanotecnologia em aulas de Física da educação básica

Ano de publicação: 2015

Autores: Debora Marques Santos; e Leandro Londero.

Objetivo: Compreender os significados atribuídos por alunos do ensino médio à Nanociência e Nanotecnologia, quando submetidos a um conjunto de aulas sobre o tema em questão.

Metodologia: Aplicação de um módulo de ensino com cinco aulas em uma turma do segundo ano do ensino médio. O módulo é composto por aulas expositivas dialogadas com uso de vídeos, debates e leituras.

Resultados e considerações: Com a aplicação do módulo, foi observado que os alunos não são incentivados a realizarem pesquisas e estudos extracurriculares que envolvam os temas relacionados a tecnologia. Antes da aplicação do módulo, os alunos não sabiam dissertar acerca do tema, após tal feito, os alunos conseguiram explicar o conceito de nanotecnologia e associá-lo com exemplos do cotidiano.

Título: Uma proposta didática de ensino de Nanociência e Nanotecnologia no ensino médio usando o método Jigsaw**Ano de publicação:** 2017**Autores:** José Donizete Angelo Júnior; Fabiana Moraes Guiaro; Natália Araújo Costa; e Beatriz S. C. Cortela.**Objetivo:** Elaborar uma sequência didática sobre Nanociência e Nanotecnologia utilizando-se o método Jigsaw como ferramenta de discussão, para ser posteriormente aplicada em uma escola do ensino médio.

Aqui, é importante ressaltar que o método Jigsaw consiste em um dos métodos de aprendizagem cooperativa, onde o professor divide a turma em grupos heterogêneos de 4 a 6 alunos. Cada aluno do grupo recebe um tópico, relacionado a um tema central, e deve estudá-lo individualmente antes de se reunir com os colegas dos outros grupos com mesmo tópico. Nestes novos grupos, os estudantes aprendem a dominar o assunto do seu tópico. Em seguida, os estudantes devem explicar aos seus colegas da equipe inicial o tópico que aprenderam. “Com essa dinâmica, espera-se que os alunos possam, efetivamente, construir os conhecimentos pretendidos pelo professor” (BIANCHINI; GOMES; LIMA, 2016).

Metodologia: A sequência didática foi organizada em um formato de minicurso, contendo oito aulas que variam entre aulas expositivas, de discussão (com aplicação do método Jigsaw), e realização de jogo de cartas.**Resultados e considerações:** O método Jigsaw mostrou ser uma alternativa para construção do conhecimento de forma não tradicional. Além disso, espera-se que este módulo de ensino possa servir de apoio para elaboração de outras sequências didáticas abarcando novos temas.**Título: Nanomundo, proposta de discussão e aprendizagem a bilhões do metro****Ano de publicação:** 2017**Autores:** Cristiane Teixeira Oliveira.**Objetivo:** Analisar o nível de conhecimento de acadêmicos e ex-acadêmicos de diversas áreas da ciência acerca do tema: “Nanociência e Nanotecnologia”.**Metodologia:** Aplicação de questionários para acadêmicos e ex-acadêmicos das áreas de Física, Química, Biologia e Engenharias, acerca do tema “Nanotecnologia”.

Resultados e considerações: A análise das respostas dos questionários destaca a “pobreza de conhecimento de uma geração que vive em meio a tecnologia”. Assim sendo, a autora defende que devem ser investidos mais esforços a fim de implementar o conteúdo de Nanociência e Nanotecnologia nos currículos das escolas e universidades.

Título: Ensino de Nanociência: Levantando desafios e buscando possibilidades

Ano de publicação: 2017

Autores: Joyce Anne Silva Santos; Gessyka Santos Moreira; José Roberto Siqueira Junior; e Silva Lúcia Lombardi Sales.

Objetivo: Evidenciar os principais desafios para a inclusão do tema “Nanociência” nas aulas de Física da educação básica.

Metodologia: Análise de dois trabalhos de conclusão de curso sobre o tema em questão. Um dos trabalhos consiste em uma ampla revisão bibliográfica acerca das produções acadêmicas entre os anos de 2010 e 2016; enquanto que o outro consiste de uma revisão bibliográfica direcionada a análise de trabalhos com nanotubos de carbono.

Resultados e considerações: Atualmente já existem muitas pesquisas e propostas didáticas para introduzir o tema em sala de aula. Entretanto, ainda existem muitos desafios a serem superados, como o fato do tema não estar presente na formação inicial dos professores e a escassez de material didático de qualidade.

Título: Projetos PIBIC Júnior e PIBIC Ensino Médio: a nanotecnologia como tema de pesquisa e motivação dos alunos de uma escola pública

Ano de publicação: 2017

Autores: Moacir Pereira de Souza Filho; Ulisses José Raminelli; Carla Melissa de Paulo Raminelli; Fernanda Bertaco da Silva; e Allan Victor Ribeiro.

Objetivo: Divulgação científica de trabalhos sobre Nanociência e Nanotecnologia, em uma escola de nível básico.

Metodologia: Aplicação do projeto PIBIC Júnior e PIBIC Ensino Médio em uma escola. Os alunos participantes do projeto foram incentivados a realizar pesquisas, e a participarem de discussões e atividades extracurriculares.

Resultados e considerações: Foi possível perceber que esta iniciativa contribuiu com a formação de cidadãos mais conscientes acerca dos avanços tecnológicos da atualidade.

Título: A Física do impossível: Nanotecnologia, metamateriais e inviabilidade na sala de aula

Ano de publicação: 2017

Autores: Fabiana Gozze Soares; Carolina Arrufo de Almeida; e João Ricardo Neves da Silva.

Objetivo: Levar para dentro da sala de aula conceitos de Física pertencentes à óptica e Nanotecnologia, e discutir questões acerca da ética na ciência e a não neutralidade da mesma.

Metodologia: Utilização de literatura de ficção científica a fim de trabalhar o conceito de invisibilidade, utilizando, para isso, conceitos de refração da luz, nanomateriais e metamateriais. Foram realizadas discussões e desenvolvidas atividades experimentais em uma turma de segundo ano do ensino médio.

Resultados e considerações: Foi possível discutir com os alunos acerca das implicações e consequências da ciência diante do mundo moderno, e de como podemos fazer uso da ciência no mundo real e imaginário.

4.2 TRABALHOS PUBLICADOS NO ENPEC

Título: Nanociência e Nanotecnologia para o ensino de física moderna e contemporânea na perspectiva da alfabetização científica e técnica

Ano de publicação: 2009

Autores: André Ary Leonel; e Carlos Alberto Souza.

Objetivo: Analisar a potencialidade do tema para introdução da FMC no ensino médio.

Metodologia: Desenvolvimento e aplicação de: i) um seminário intitulado “Nanotecnologia: sua ciência, tecnologia e implicações sociais” para alunos da terceira série do EM; ii) um mini-curso sobre Nanotecnologia e suas implicações sociais, para ser aplicado na SEPEX (Semana de Ensino Pesquisa e Extensão) da UFSC; e iii) desenvolvimento de algumas atividades em uma turma de licenciatura em Física.

Resultados e considerações: Segundo os autores, o tema pode potencializar o ensino de FMC. Porém, para tal, o professor deve

raciocinar acerca da metodologia utilizada, bem como no objetivo a ser alcançado com esta abordagem. Além disso, o trabalho destaca que o tema pode apresentar dificuldade para ser abordado em sala de aula devido ao fato de depender dos saberes de várias disciplinas para ser bem compreendido.

Título: Nanotecnologia e Citologia na formação de professores de ciências

Ano de publicação: 2009

Autores: Nara Regina de Souza Basso; João Bernardes da Rocha Filho; e Regina Maria Rabello Borges.

Objetivo: Avaliar as contribuições de uma unidade de aprendizagem sobre Nanotecnologia integrada à citologia em uma turma de licenciatura em Ciências Biológicas.

Metodologia: Aplicação de uma unidade de ensino em uma turma do sexto semestre do curso de Ciências Biológicas.

Resultados e Considerações: A maioria dos alunos entrevistados (do curso) afirmaram não possuírem conhecimentos prévios sobre o tema Nanociência e Nanotecnologia, afirmando, ainda, ser complicado abordar este tema no ensino médio, especialmente junto ao conteúdo de citologia.

Título: Nanociência e Nanotecnologia: do debate público a sala de aula

Ano de publicação: 2013

Autores: André Ary Leonel; e Rafaela Samagaia Lamy-Peronnet.

Objetivo: Contribuir com o debate sobre a abordagem de tópicos de ciência contemporânea em sala de aula, doando ênfase à Nanociência e Nanotecnologia, devido sua relevância no contexto social.

Metodologia: Elaboração e aplicação de um jogo para facilitar o debate sobre o tema Nanociência e Nanotecnologia em turmas do ensino médio.

Resultados e considerações: Com a aplicação do recurso didático, foi possível discutir um tema considerado complexo, de maneira lúdica e eficiente.

Título: Inserção de tropico de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: elaboração de uma unidade didática com foco em nanociência e nanotecnologia

Ano de publicação: 2015

Autores: Thalita Rodrigues Ribeiro; Arandi G. Bezerra Jr.; e João Amadeus Pereira Alves.

Objetivo: Inserir o tema Nanociência e Nanotecnologia no contexto do ensino médio, enfatizando uma abordagem interdisciplinar envolvendo conteúdos de física articulados a biologia, química, matemática e ciências humanas.

Metodologia: A metodologia deste trabalho pode ser dividida em três grandes partes: i) realização de análise de sete livros de Física do ensino médio, aprovados pelo Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD) de 2012; ii) elaboração de uma unidade didática sobre caracterização, aplicação e produção de nanopartículas; e iii) realização de intervenção em sala de aula, coleta de dados e análise.

Resultados e considerações: O presente estudo apontou algumas dificuldades para a abordagem do tema em sala de aula, como: falta de material didático de qualidade e a utilização de linguagem inapropriada. A aplicação da unidade de ensino mostrou que os alunos não possuíam conhecimentos prévios sobre o assunto.

Título: A abordagem CTS em propostas de ensino médio da nanotecnologia

Ano de publicação: 2015

Autores: Izabela Paulini de Jesus; Leonir Lorenzetti; e Ivanilda Higa.

Objetivo: Compreender como as propostas de ensino de Nanotecnologia se apropriam da abordagem CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade).

Metodologia: Para alcançar este objetivo, os autores realizam uma revisão bibliográfica em trabalhos publicados entre os anos de 2007-2015 oriundos de monografias, dissertações e artigos científicos.

Resultados e considerações: O trabalho destaca que a abordagem CTS é muito importante para o ensino do tema “Nanociência e Nanotecnologia”, pois além de proporcionar que os estudantes entrem em contato com diferentes visões sobre esta temática, permite, ainda, que os alunos possam se posicionar a respeito do tema de maneira crítica e reflexiva.

Título: Nanociência, Nanotecnologia e ensino de ciências: um tema a ser discutido na formação de professores

Ano de publicação: 2015

Autores: Paulo Ricardo da Silva; e José Guilherme da Silva Lopes.

Objetivo: Investigar as relações estabelecidas por professores em exercício entre Nanociência e Nanotecnologia e o Ensino de Ciências.

Metodologia: Questionário aplicado a um grupo de 5 professoras do ensino médio, sendo uma de física, uma de biologia e três de química, participantes de um curso de formação continuada no tema de Nanociência e Nanotecnologia.

Resultados e considerações: As professoras demonstraram saber da importância da discussão do tema evidenciando as questões culturais, éticas e econômicas em salas de aula do ensino médio. Por outro lado, as professoras não souberam apontar relações entre o tema e conceitos científicos.

Título: O ensino de Nanociências via hidrofobicidade por meio de módulo didático pedagógico

Ano de publicação: 2017

Autores: Rafael Piovesan Pistoia; Anderson Luiz Ellawander; e Solange Binotto Fagan.

Objetivo: Analisar os resultados da aplicação de um módulo didático acerca da temática “Nanociência com vistas a hidrofobicidade” em uma turma do ensino médio.

Metodologia: Aplicação do módulo didático, o qual além de trabalhar as concepções alternativas dos alunos, estimula a investigação científica e aborda o caráter interdisciplinar do tema. O módulo consiste de aulas expositivas e práticas, com discussões, resolução de questionários e elaboração de mapas conceituais.

Resultados e considerações: Foi observado que é possível trabalhar o tema em sala de aula de maneira interdisciplinar, abordando conteúdos de química, biologia, física e matemática. Além disso, é possível, também, abordar o tema de maneira experimental, o que, infelizmente, não é muito explorado devido à complexidade do tema.

4.3 TRABALHOS PUBLICADOS NO EPEF

Título: Análise discursiva de textos sobre nanotecnologia como subsídio para abordagens em sala de aula

Ano de publicação: 2014

Autores: Patrick de Souza Girelli; e Henrique César da Silva.

Objetivo: Avaliar a aplicação de um módulo de ensino sobre Nanociência e Nanotecnologia baseado na análise discursiva de textos em uma turma de formação técnica profissional em agropecuária com ensino médio integrado.

Metodologia: Análise e discussão de um folder sobre Nanotecnologia, produzido pela Embrapa.

Resultados e considerações: Além de destacar o sucesso da aplicação do módulo de ensino, o trabalho aponta para a interdisciplinaridade do tema, ao utilizar a técnica de análise de folder em uma turma de técnico em agropecuária. Além disso, os autores destacam que a unidade de ensino possibilita que o futuro técnico tenha uma visão mais contextualizada sobre os materiais que futuramente encontrará em sua vida profissional.

Título: Nanociência e Nanotecnologia no ensino médio: alguns elementos

Ano de publicação: 2014

Autores: Francisca Vânia Pereira Rodrigues; e Roseline Beatriz Strieder.

Objetivo: Apresentar elementos que contribuam para a elaboração de propostas didáticas que discorram acerca das consequências, benefícios e importância da Nanociência e Nanotecnologia para a sociedade.

Metodologia: Inicialmente o trabalho realiza uma breve revisão acerca da importância da abordagem da educação CTS; em seguida, apresenta uma análise de livros didáticos de Física, identificando o que abordam sobre o assunto; por fim, os autores apresentam algumas opiniões de professores, que ministram a disciplina de física, acerca do tema e sua importância.

Resultados e considerações: Existe um consenso dos professores quanto à importância de se trabalhar o tema em sala de aula, destacando a sua característica interdisciplinar e importância na sociedade. Contudo, o trabalho evidencia a falta de materiais didáticos que abordem o tema de maneira completa e com a profundidade necessária.

Título: Nanociência e Nanotecnologia em quadrinhos: uma abordagem para o ensino médio

Ano de publicação: 2014

Autores: Alessandra Alexandrino Aquino; e Gilberto Dantas Saraiva.

Objetivo: Promover a divulgação e a alfabetização científica do tema Nanociência e Nanotecnologia em sala de aula do ensino básico.

Metodologia: Desenvolvimento, e aplicação em sala de aula do ensino médio, de uma cartilha em forma de história em quadrinhos, abordando os conceitos e as aplicações do tema.

Resultados e considerações: A aplicação da cartilha em sala de aula reforçou a reflexão sobre a necessidade das escolas reformularem seu currículo de modo a incluir tópicos de FMC nas aulas das disciplinas de Ciências da Natureza.

Título: Nanociência e Nanotecnologia no ensino de Física: um diálogo possível

Ano de publicação: 2016

Autores: Guilherme Angelo Moreira Bernardo; Gustavo de Alencar Figueiredo; e Mirleide Dantas Lopes.

Objetivo: Apontar quais as concepções dos discentes do curso de licenciatura em Física sobre Nanotecnologia e Nanociência, e como esta temática pode se desenvolver em disciplinas não ligadas a Física teórica.

Metodologia: Consistindo de três partes, a metodologia deste trabalho está dividida da seguinte maneira: i) aplicação de um questionário com questões abertas acerca do tema Nanociência e Nanotecnologia para discentes do curso de licenciatura em Física, com o propósito de identificar suas concepções alternativas; ii) leitura, por parte dos discentes, do texto de Richard Feynman “Há mais espaços lá embaixo: um convite para penetrar em um novo campo da Física”; e iii) realização de uma discussão acerca da temática em questão.

Resultados e considerações: Ainda existem muitas lacunas no ensino de Nanociência e Nanotecnologia, tanto no ensino básico como superior. Além disso, foi observado que trabalhar a temática em turmas não relacionadas à Física teórica contribuiu de forma significativa para a formação interdisciplinar dos discentes do curso de licenciatura em Física.

CAPÍTULO V

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta os principais resultados obtidos para cada categoria de classificação, bem como uma discussão mais aprofundada acerca dos desafios/obstáculos oferecidos para o ensino do tema. Para facilitar a análise, os resultados foram agrupados e discutidos seguindo as categorias de classificação.

5.1 RESULTADOS GERAIS

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.

5.1.1 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

modificações sociais e econômicas (ZANELLA et al., 2009).

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 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).

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 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 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 as 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 a 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 encontram-se 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). 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.

5.1.2 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).

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 aparecem, na maioria dos casos, em textos complementares e a título de informação e/ou curiosidade, sem o aprofundamento necessário (RODRIGUES; STRIEDER, 2014).

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.

5.1.3 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”. 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).

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.

5.1.4 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 enxerto, 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).

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), como desafios encontrados para o ensino de nanociência e nanotecnologia nas escolas.

5.1.5 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.

CAPÍTULO VI

6 CONCLUSÃO

Neste capítulo o leitor encontrará as principais conclusões retiradas com base na revisão bibliográfica acerca da aplicação do tema “Nanociência e Nanotecnologia” no ensino básico. Além de apresentar uma visão geral do quadro de ensino do tema, as conclusões enfatizam as principais contribuições e desafios da abordagem do tema em sala de aula.

6.1 CONCLUSÕES GERAIS

A partir da busca realizada nas atas disponíveis nos *sites* dos eventos SNEF, ENPEC e EPEF, entre os anos de 2008 e 2017, vinte e quatro artigos foram selecionados para fazer parte do *corpus* de análise do presente trabalho, por abordarem o tema “Nanociência e Nanotecnologia”. Dos artigos selecionados, 54% foram apresentados no SNEF; 29% no EMPEC; e apenas 19% no EPEF. Tal resultado pode estar relacionado ao fato do SNEF ser considerado o maior evento brasileiro da área de ensino de Física, atraindo, assim, mais atenção e por consequência, um maior número de publicações. Observou-se, também, que nos últimos cinco anos há uma maior regularidade quanto ao número de publicações de artigos nos eventos analisados, apresentando publicações em todos os anos entre 2013 e 2017, demonstrando que nos últimos anos houve uma maior preocupação com o tema.

Seguindo a metodologia de Análise de Conteúdo, os artigos foram classificados em categorias. Dezenove artigos foram subdivididos em categorias *a priori* estabelecidas: Dezesseis artigos foram categorizados como proposta didática; dois como potencialidade do tema; e um deles como dificuldades e desafios. Os cinco artigos que não se encaixaram nestas categorias, foram categorizados em categorias *a posteriori* estabelecidas: revisão bibliográfica; e formação de professores; contendo, cada uma delas, um e quatro artigos respectivamente.

De modo geral, os artigos analisados evidenciam a característica interdisciplinar do tema e sua potencialidade, apontando sua possibilidade de correlação com as áreas de física, biologia, química, ciências da saúde e engenharias. Os artigos destacam a potencialidade da Nanociência e Nanotecnologia no tratamento de doenças, fabricação

de materiais com propriedades excepcionais nunca observadas, e, até mesmo, na fabricação de cosméticos.

Os artigos apontam, ainda, que para abordagem de um tema tão controverso, como é o caso da Nanociência e Nanotecnologia, é fundamental tratar as questões sociais, éticas, políticas e econômicas intrínsecas ao tema, abordando tanto as vantagens quanto as implicações da nanotecnologia na sociedade. Além disso, é preciso ter o cuidado para não reforçar a visão de neutralidade e também salvacionista que muitos alunos trazem acerca da tecnologia, cuidando para não corroborar com a concepção tecnofóbica (POSTMAN, 1994), ou muitas vezes diabólica, que é propagada por algumas fontes sobre o tema em questão. Assim sendo, muitos artigos realçam a importância de fazer uso de diversas fontes de ensino (vídeos, entrevistas, notícias de jornais, entre outras) de modo a garantir um olhar mais amplo, com vista a formação de uma concepção mais ampla, e crítica, acerca do tema.

Com relação as dificuldades mais encontradas ao tratar do assunto em sala de aula, os artigos destacam como principais desafios encontrados: i) falta de material didático de qualidade; ii) isenção do tema na formação inicial dos professores; e iii) desatualização dos currículos, tanto do nível básico como superior. Alguns artigos ressaltam, ainda, o fato dos poucos materiais didáticos existentes tratarem o tema de maneira superficial e a título de curiosidade, enfatizando apenas os aspectos positivos, sem abordar as questões sociais, éticas, políticas e econômicas relacionadas ao tema.

A análise dos artigos selecionados, mostra um cenário ainda bastante preocupante no ensino do tema, tanto no nível básico como no superior. Contudo, é evidente que este quadro vem sendo modificado nos últimos tempos, com o número de pesquisas e propostas didáticas com o tema “Nanociência e Nanotecnologia” aumentando a cada ano. Entretanto, vale ressaltar, que o caminho a ser percorrido para que o tema seja amplamente trabalhado nas escolas ainda é árduo, e os desafios a serem superados são numerosos.

REFERÊNCIAS

ALVETTI, M. A. S.; DELIZOICOV, D. O ensino de Física Moderna e Contemporânea e a revista Ciência Hoje. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, VI., Florianópolis, 1998.

ÂNGELO JÚNIOR, José Donizete 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, Alessandra Alexandrino; SARAIVA, Gilberto Dantas. Nanociência e Nanotecnologia em quadrinhos: uma abordagem para o Ensino Médio. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 15., 2016, Natal. **Anais...** . Maresias: 2016. p. 1 - 8. Disponível em: <<http://www1.sbfisica.org.br/eventos/enf/2016/sys/resumos/T0639-1.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 2018.

BARDIN, Laurence. Análise de Conteúdo. São Paulo, 2011.

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

BIANCHINI, Barbara Lutaif; GOMES, Eloiza; LIMA, Gabriel Loureiro. Método Jigsaw de aprendizagem cooperativa - explorando o conceito de função. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 12, 2016, São Paulo. **Mini-curso**. São Paulo, 2016. v. 1, p. 1 - 8. Disponível em: <http://www.sbemrasil.org.br/enem2016/anais/pdf/5674_3269_ID.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2018.

BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR. Base Nacional Comum Curricular, de 2018. **Ministério da Educação**. Brasil, 2018. Disponível em:

<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/wpcontent/uploads/2018/04/BNCC_EnsinoMedio_embaixa_site.pdf>. Acesso em: 05 jul. 2018.

CHEN, Xi et al. Supported silver nanoparticles as photocatalysts under ultraviolet and visible light irradiation. **Green Chemistry**, p. 414-419.

jan. 2010. Disponível em:

<<http://pubs.rsc.org/en/content/articlepdf/2010/GC/B921696K>>. Acesso em: 07 maio 2018.

EDWARDS, Steve. 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.

ELLWANGER, Anderson L.; FAGAN, Solange B.; MOTA, Ronaldo.

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, Ana 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, Izabela Paulini de; LORENZETTI, Leonir; HIGA, Ivanilda. 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, Marcello; LOGUECIO, Rochele de Quadros. A análise de conteúdo como estratégia de pesquisa interpretativa em educação em

ciências. **Revell – Revista de Educação, Linguagem e Literatura**,

Inhumas, v. 6, n. 2, p.33-49, out. 2014.

FREESTONE, Ian 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.

GALVÃO, Maria Cristiane Barbosa. O levantamento bibliográfico e a pesquisa científica. Disponível em:http://www2.eerp.usp.br/Nepien/DisponibilizarArquivos/Levantamento_bibliografico_CristianeGalv.pdf

GIRELLI, Patrick de Souza; SILVA, Henrique César 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...** . Maresias: 2014. p. 1 - 8. Disponível em:

<<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/xv/sys/resumos/T0259-1.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 2018.

GRANADA, Mateus 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.

HALEY, Barbara; FRENKEL, Eugene. Nanoparticles for drug delivery in cancer treatment. **Urologic Oncology: Seminars and Original Investigations**, v. 26, n. 1, p.57-64, jan. 2008. Elsevier BV.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.urolonc.2007.03.015>. Disponível em:

<[https://www.urologiconcology.org/article/S1078-1439\(07\)00090-7/pdf](https://www.urologiconcology.org/article/S1078-1439(07)00090-7/pdf)>. Acesso em: 10 maio 2018.

IQBAL, Parvez; PREECE, Jon A.; MENDES, Paula 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>.

JOACHIM, Christian; PLÉVERT, Laurence. **Nanosciences: The Invisible Revolution**. Singapore: World Scientific, 2008.

LIU, Zhihai 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>.

LEONEL, André Ary; LAMY-PERONNET, Rafaela Samagaia. Nanociência e Nanotecnologia: Do debate público à sala de aula. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 9., 2013, Águas de Lindoia. **Anais...** . Águas de Lindoia: 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, André Ary; SOUZA, Carlos Alberto. 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.

LOUIS, Catherine; PLUCHERY, Olivier. **Gold Nanoparticles For Physics, Chemistry And Biology**. França: Université Pierre Et Marie Curie, 2012.

MELO, Celso Pinto de; PIMENTA, Marcos. Nanociências e nanotecnologia. **Parcerias Estratégicas**, Sp, v. 45, n. 22, p.9-21, dez. 2017. Disponível em: <<file:///G:/IC - Dados/TCC/Capitulo 1 e 2/130-506-1-PB.pdf>>. Acesso em: 20 maio 2018.

MENEGA, Tania Marlene Costa; FAGAN, Solange Binotto. 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.

NANO COMPOSIX. **Gold Nanoparticles in Solution**. Disponível em: <<https://nanocomposix.com/collections/gold-spheres>>. Acesso em: 01 jun. 2018.

OLIVEIRA, Cristiane Teixeira. 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, José Márcio de Lima; FERREIRA, Cláudia Urbano; ALMEIDA, Maria José 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, Flávio Araújo Pousa 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, Carmem Regina da Silva 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/vii/enpec/pdfs/984.pdf>>. Acesso em: 30 mar. 2018.

PISTOIA, Rafael Piovesan; ELLAWANGER, Anderson Luiz; FAGAN, Solange Binotto. 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, Neil. **Tecnopólio: a rendição da cultura à tecnologia**. Trad. de Reinaldo Guarany. São Paulo: Nobel, 1994.

PRESTES, Maria Elice Brzezinski; SILVA, Rosana Louro Ferreira.

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_de_conteudo-2015.pdf)>. Acesso em: 25 maio 2018.

RAJ, Silpa 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-](http://dx.doi.org/10.4103/0975-7406.99016)

7406.99016. Disponível em:

<<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3425166/>>. Acesso em: 10 maio 2018.

RIBEIRO, Allan Victor; SOUZA FILHO, Moacir Pereira 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, Thalita Rodrigues; BEZERRA JUNIOR, Arandi G.; ALVES, João Amadeus Pereira. 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 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-](http://www.abrapecnet.org.br/enpec/x-enpec/anais2015/busca.htm?query=nano)

[enpec/anais2015/busca.htm?query=nano](http://www.abrapecnet.org.br/enpec/x-enpec/anais2015/busca.htm?query=nano)>. Acesso em: 30 mar. 2018.

RODRIGUES, Francisca Vânia Pereira; STRIEDER, Roseline Beatriz.

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/epef/xv/sys/resumos/T0290-1.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 2018.

SANTOS, Alailton Damião Oliveira dos. **Revisão de literatura dos trabalhos de pesquisa envolvendo a inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: uma análise dos enfoques**

metodológicos propostos nos principais periódicos de pesquisa em ensino Física no Brasil. 2016. 74 f. TCC (Graduação) - Curso de Licenciatura em Física, Uefs, Feira de Santana, 2016. Disponível em: <<http://www1.uefs.br/portal/colégiados/fisica/arquivos/tafc-2016/MONOGRAFIA - ALAILTON.pdf>>. Acesso em: 20 maio 2018.

SANTOS, Debora Marques; LONDERO, Leandro. 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, Joicy Anne Silva 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.

SILVA, Andressa Hennig; FOSSÁ, Maria Ivete Trevisan. 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, Paulo Ricardo da; LOPES, José Guilherme da Silva. 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, Fabiana Gozze; ALMEIDA, Carolina Arrufo de; SILVA, João Ricardo Neves 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, Moacir Pereira 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.

SCHULZ, Peter A.b.. O que é nanociência e para que serve a nanotecnologia. **Física na Escola**, São Paulo, v. 6, n. 1, p.58-62, jan. 2005. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol6/Num1/nano.pdf>>. Acesso em: 02 maio 2017

WILSON, Niki. Nanoparticles: Environmental Problems or Problem Solvers. **Bioscience**, v. 68, n. 4, p.241-246, 1 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, Bo; MATHEWS, Nripan; SUM, Tze-chien. **Plasmonic Organic Solar Cells Charge Generation and Recombination**. Springer, 2017.

ZANELLA, Ivana 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.

APÊNDICE A – Lista de *sites* acessados para cada evento

Evento	Ano	Link
SNEF	2009	http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xviii/
	2011	http://www.sbfisica.org.br/~snef/xix/
	2013	http://www.sbfisica.org.br/~snef/xx/
	2015	http://www.sbfisica.org.br/~snef/xxi/
	2017	http://www.sbfisica.org.br/~snef/xxii/
ENPEC	2009	http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/vii/enpec/
	2011	http://abrapecnet.org.br/atas_enpec/vii/enpec/index.htm
	2013	http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/ix/enpec/atas/index.htm
	2015	http://www.abrapecnet.org.br/enpec/x-enpec/anais2015/index.htm
	2017	http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/
EPEF	2008	http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epef/xi/
	2010	http://www.sbfisica.org.br/~epef/xii/
	2011	http://www.sbfisica.org.br/~fisica2011/index.html
	2012	http://www.sbfisica.org.br/~epef/xiv/
	2014	http://www.sbfisica.org.br/~epef/xv/
	2016	http://sbfisica.org.br/~fisica2016/

APÊNDICE B – Lista de classificação dos artigos e links para acesso

Ano	Evento	Título	Categoria	Link
2009	SNEF	Abordagens em nanociência e nanotecnologia para o ensino médio	Proposta didática	http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xviii/sys/resumos/T0556-1.pdf
		Do metro ao nanômetro: Um salto para o átomo	Proposta didática	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	Proposta didática	http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xviii/sys/resumos/T0068-2.pdf
	ENPEC	Nanociência e nanotecnologia para o ensino de física moderna e contemporânea na perspectiva da alfabetização científica e técnica	Potencialidade do tema	http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/vii/enpec/pdfs/1574.pdf
		Nanotecnologia e citologia na formação de professores de ciências	Formação de Professor	http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/vii/enpec/pdfs/984.pdf
2013	SNEF	Leitura de um texto de divulgação científica sobre nanotecnologia no ensino médio	Proposta didática	http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xx/sys/resumos/T0305-2.pdf
		Mapas conceituais como recurso didático no ensino de nanociências	Proposta didática	http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xx/sys/resumos/T0216-1.pdf
		Introduzindo temas de nanociência no ensino médio	Proposta didática	http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xx/sys/resumos/T0761-1.pdf
	ENPEC	Nanociência e Nanotecnologia: Do debate público à sala de aula	Proposta didática	http://abrapecnet.org.br/atas_enpec/ix/enpec/atas/resumos/R0495-1.pdf
2014	EPEF	Análise discursiva de textos sobre nanotecnologia como	Proposta didática	http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/xv/sys/resumos/T025

		subsídio para abordagens em sala de aula		9-1.pdf
		Nanociência e nanotecnologia no ensino médio: alguns elementos	Potencialidade do tema	http://www.sbfisica.org.br/eventos/epenf/xv/sys/resumos/T0290-1.pdf
2015	SNEF	Transposição didática, sequência didática e avaliação formativa: elementos para subsidiar a prática docente de bolsistas do PIBID sobre a nanotecnologia	Formação de professor	http://www.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxi/sys/resumos/T0979-1.pdf
		Uma Discussão sobre Nanociência e nanotecnologia em aulas de física da educação básica	Proposta didática	http://www.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxi/sys/resumos/T0152-1.pdf
	ENPEC	Inserção de tópico de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: elaboração de uma unidade didática com foco em nanociência e nanotecnologia	Proposta didática	http://www.abrapecnet.org.br/enpec/x-enpec/anais2015/resumos/R0097-1.PDF
		A abordagem CTS em propostas de ensino da nanotecnologia	Revisão bibliográfica	http://www.abrapecnet.org.br/enpec/x-enpec/anais2015/resumos/R1200-1.PDF
		Nanociência, Nanotecnologia e Ensino de Ciências: um tema a ser discutido na formação de professores	Formação de professor	http://www.abrapecnet.org.br/enpec/x-enpec/anais2015/resumos/R1038-1.PDF
	2016	EPEF	Nanociência e Nanotecnologia em quadrinhos: uma abordagem para o Ensino Médio	Proposta didática
Nanociência e Nanotecnologia no ensino de Física: um diálogo possível			Formação de professor	http://www1.sbfisica.org.br/eventos/enf/2016/sys/resumos/T0388-1.pdf
2017	SNEF	Uma proposta didática de ensino de nanociência e nanotecnologia no ensino médio usando o método	Proposta didática	http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sys/resumos/T0595-1.pdf

	Jigsaw		
	Nanomundo, proposta de discussão e aprendizagem a bilhões do metro	Proposta didática	http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sys/resumos/T1213-1.pdf
	Ensino de Nanociência: levantando desafios e buscando possibilidades	Dificuldades e desafios	http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sys/resumos/T0362-2.pdf
	Projetos PIBIC júnior e PIBIC ensino médio: A nanotecnologia como tema de pesquisa e motivação dos alunos de uma escola pública	Proposta didática	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	Proposta didática	http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sys/resumos/T1130-1.pdf
ENPEC	O Ensino de Nanociências via Hidrofobicidade por meio de Módulo Didático Pedagógico	Proposta didática	http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/busca.htm?query=nano